UNIVERSIDAD DE HUANUCO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPÁN, 2018”.

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR:

BACH. JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO

ASESOR:

ING. GERMÁN GASTÓN MARTÍNEZ MORALES

HUÁNUCO - PERÚ

2019

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

Facultad de Ingeniería

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 16:20 horas del día 29 del mes de MAYO del año 2019, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

MG. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS (Presidente)

ING. JOSUÉ CHOQUEVILCA CHINQUEL (Secretario)

ING. JOSÉ LUIS VILLANUEVA QUIJANO (Vocal)

Nombrados mediante la Resolución N° 502-2019-D-FI-UDH, para evaluar la **Tesis** intitulada:

"ANALISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DE TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL METODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018",

presentado por el (la) Bachiller JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

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

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo (a) APROBADO por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 18 y cualitativo de MUY BUENO (Art. 47)

Siendo las 17:29 horas del día 29 del mes de MAYO del año 2019, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

Presidente

Secretario

Vocal

DEDICATORIA

A Dios por la vida, salud, inteligencia y formación que tuve en el desarrollo de mi existencia.

A mis padres José y Dora por su amor, apoyo incondicional y desinteresado, su comprensión y entendimiento. A mi hermano Anthony por sus consejos y apoyo en el día a día.

A mi alma mater Universidad de Huánuco por la formación académica, axiológica y humanística que me permitió desarrollarme y desenvolverme profesionalmente.

AGRADECIMIENTOS

Al Programa Académico de Ingeniería Civil de mi alma mater “Universidad de Huánuco”, por los conocimientos técnicos y científicos brindados durante los 5 años de mi formación profesional.

A mi asesor Ing. Germán Gastón Martínez Morales, por todos los conocimientos brindados, por su tiempo y dedicación para el desarrollo de la presente tesis.

En la parte metodológica y científica a la Dra. Rosario Martínez Gonzáles (especialista en metodología de la investigación); al Mg. Edward Santa María Dávila (docente e investigador del Instituto de Investigación de la facultad de ingeniería civil de la Universidad Nacional de Ingeniería).

En la parte técnica, al Ing. Gyorgi Carrizales Campos (especialista en topografía); al Ing. Daniel Basurto Ravichagua (especialista en mecánica de suelos).

En la parte especializada en estabilización de taludes, al Psh D. Ing. Jorge Cárdenas Guillén (consultor geotécnico).

En general a la facultad de ingeniería civil (FIC) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), por las diversas capacitaciones (especialización, cursos taller, conferencias, ponencias, etc.) nacionales e internacionales que fueron trascendentales para el desarrollo de la presente tesis.

A los funcionarios de la Municipalidad Distrital de Chinchao por la información, diálogo y los reconocimientos alcanzados en la presente tesis y a la población del centro poblado de Pachachupán por el desinteresado apoyo brindado.

RESUMEN

La presente tesis busca determinar la condición de estabilidad del talud en la falla geológica por el método de equilibrio límite de la progresiva Km 37+700 al Km 37+800 (ruta nacional PE+18A) en Pachachupán en el año 2018. Respecto a los materiales y métodos; el estudio fue transversal-descriptivo, explicativo y mixto con muestra no probabilístico espontánea, además para determinar los parámetros que afectan la estabilidad del talud y la influencia de la falla geológica se realizó los estudios: topográfico, hidrológico, geológico, geotécnico y de amenaza y riesgo. Obteniendo como resultados que la falla geológica se encuentra inactiva, presentando indicadores directos: desplazamientos de 5.5cm en el plano de falla; estrías en dirección al plano de falla de 2 a 2.5cm; brechas de falla en depresiones erosionadas de material fino; sin arrastres de falla por su estado inactivo así como indicadores indirectos: morfología (área escarpada por procesos de meteorización y erosión con vista de fracturas en diferentes estratos del macizo rocoso); vegetación (identificación de arbustos, gras, árboles y terrenos agrícolas de cultivo) y manantiales (ausencia de afluentes o torrentes generados por aguas subterráneas). Se utilizó el software Slide v5.014 para la modelación física del talud empleando los resultados del ensayo de compresión triaxial (UU) de la muestra más representativa de suelo “arcilla delgada arenosa - CL”; con propiedades físicas (peso unitario seco (ɣ) = 1.44g/cm3) y parámetros de resistencia de corte (cohesión (c)= 0.15 kg/cm2**,** ángulo de fricción (ϕ)= 1.7°); el factor de seguridad (FS) del análisis estático fue de 0.381 y del pseudo-estático, de 0.214. Finalmente, como conclusiones se consideró que la inactividad de la falla geológica no representa un riesgo potencial crítico en la formación de fenómenos de geodinámica externa (deslizamientos, flujos de tierra, flujos de detritos) y que la condición de estabilidad del talud para un análisis estático y pseudo-estático fue inestable.

Palabras claves. Análisis bidimensional de estabilidad del talud, falla geológica, factor de seguridad, fenómenos de geodinámica externa.

ABSTRACT

This thesis looks for to determine the stability condition of the slope in the geological fault for the limit equilibrium method of the road Km 37 + 700 to Km 37 + 800 (National Highway PE + 18A) in Pachachupán in 2018. Regard materials and methods; the study was a cross-sectional, explanatory and mixed study with spontaneous non-probabilistic simple, too for determine the parameters that affect the stability of the slope and the influence of the geological fault the studies were done: topographic, hydrological, geological, geotechnical and threat and risk strudies. Obtaining as results that the geological fault is inactive, it presents direct indicators: displacements of 5.5cm in the fault plane; grooves in the direction of the fault plane of 2 to 2.5cm; hole fault in eroded depressions of fine material, without fault drag for its inactive state as well as indirect indicators: morphology (steep area for weathering and erosion processes with a view of fractures in different strata of the rock mass); vegetation (identification of shrubs, grasses, trees and agricultural land) and springs (absence of tributaries or torrents generated by groundwater). The software was used Slide v5.014 for the modeling of the stability analysis of the slope using the results of the triaxial compression test (UU) of the most representative soil sample "sandy thin clay - CL"; with physical properties (dry unit weight (ɣ) = 1.44g / cm3) and shear strength parameters (cohesion (c) = 0.15 kg / cm2, friction angle (φ) = 1.7 °). The security factor (FS) of the static analysis was 0.381 and the pseudo-static was, 0.214. Finally, as conclusions, it was considered that the inactivity of the geological fault doesn´t represent a potential critical risk in the formation of external geodynamic phenomenon (landslides, earth flows, debris flows). The stability condition of the slope for a static and pseudo-static analysis was unstable.

Keywords. Stability bidimensional analysis of the slope, geological fault, safety factor, external geodynamic phenomenon.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis busca consolidar y complementar los conocimientos técnicos-científicos en el análisis de estabilidad de taludes, considerando que hoy en día en la región de Huánuco se producen diferentes fenómenos de geodinámica externa (deslizamientos, flujos de tierra, de piedra, de lodos, de detritos, etc.) en varios distritos (Panao, Huánuco, Pampamarca, San Rafael, Chinchao, Monzón, etc.).

Éstos fenómenos son muy perjudiciales afectando a la población, a la infraestructura civil, al transporte de vehículos, etc. Tomando en cuenta que las autoridades locales, provinciales y regionales hacen poco o nada por afrontar estos problemas que se frecuentan por falta de proyectos y estudios concienzudos de profesionales competentes y especializados en el rubro, lo que genera insatisfacción para las personas afectadas y más necesitadas.

Por ello en la presente tesis se sustentará la metodología de equilibrio límite para simular el comportamiento tridimensional del talud en un análisis bidimensional, ello será realizado con el software computacional Slide v5.014 realizando un análisis estático y pseudo-estático. Además, la presente tesis estará fundamentada con estudios multidisciplinarios: topográfico, hidrológico, geológico, geotécnico y de amenaza y riesgo. En base a ello se determinará el factor de seguridad utilizando la técnica de las dovelas, además se planteará soluciones en base a criterios geotécnicos-profesionales y en base a criterios de costo-beneficio a favor de la población dando las diferentes alternativas de solución frente a los resultados determinados.

ÍNDICE

DEDICATORIA ii
AGRADECIMIENTOS iii
RESUMEN iv
ABSTRACT v
INTRODUCCIÓN vi
INDICE vii
INDICE DE FIGURAS x
INDICE DE TABLAS xi
INDICE DE SÍMBOLOS xvi
INDICE DE ABREVIATURAS xvii

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 18

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA 18
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 19
1.2.1. PROBLEMA GENERAL 19
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS 19
1.3. OBJETIVOS DE ESTUDIO 20
1.3.1. OBJETIVO GENERAL 20
1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS 20
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 20
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN 21
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN 22

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 23

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 23
2.1.2. ANTECEDENTES INTERNACIONALES 23
2.1.3. ANTECEDENTES NACIONALES 25
2.1.4. ANTECEDENTES LOCALES 27
2.2. BASES TEÓRICAS 29
2.2.1. Análisis de estabilidad del talud 29

2.2.2. Método de equilibrio límite 33
2.2.3. Falla geológica 39
2.2.4. Talud 47
2.2.5. Movimientos en masa 50
2.2.6. Esfuerzo y resistencia al cortante 56
2.2.7. Factor de seguridad 72
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES 74
2.4. HIPÓTESIS 81
2.4.1. Hipótesis general 81
2.4.2. Hipótesis específicas 81
2.5. VARIABLES 82
2.5.1. Variable independiente 82
2.5.2. Variable dependiente 82
2.6. MODELO DE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD 82
2.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES) 83

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 84

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN (REFERENCIAL) 84
3.1.1. ENFOQUE 84
3.1.2. ALCANCE O NIVEL 84
3.1.3. DISEÑO 84
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA 85
3.2.1. POBLACIÓN 85
3.2.2. MUESTRA 85
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS 85
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS 85
3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS 86
3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS 96
3.4. METODOLOGÍA DE TRABAJO 98
3.4.1. INTRODUCCIÓN 98

CAPÍTULO IV: RESULTADOS 101

4.1. PARA LA VARIABLE INDEPENDIENTE “FALLA GEOLÓGICA” 101
4.2. PARA LA VARIABLE DEPENDIENTE “ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD” 103
4.2.1. Del análisis de estabilidad del talud 103
4.2.2. En base a la información de los estudios multidisciplinarios 103
4.2.3. Factor de seguridad (FS) – condición de estabilidad 105
4.2.4. Análisis estático 106
4.2.5. Análisis pseudo-estático 120
4.2.6. Fenómenos geotécnicos y problemas técnicos – ingenieriles encontrados 136
4.2.7. Evaluación del potencial de expansión del suelo 137
4.2.8. Evaluación de colapso del suelo 141
4.2.9. Alternativas de solución ingenieriles y geotécnicas 143

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS 156

5.1. FALLA GEOLOGICA 156
5.2. ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD 157

CONCLUSIONES 160

RECOMENDACIONES 162

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 163

ANEXOS

Anexo N°1. Resolución de aprobación del proyecto de trabajo de investigación.

Anexo N°2. Resolución de designación de asesor de tesis.

Anexo N°3. Matriz de consistencia.

Anexo N°4. Resolución Municipal de Chinchao de reconocimiento y felicitación al tesista y a la Universidad de Huánuco.

Anexo N°5. ESTUDIOS MULTIDISCIPLINARIOS.

A.1. ESTUDIO TOPOGRÁFICO.
A.2. ESTUDIO HIDROLÓGICO.
A.3. ESTUDIO GEOLÓGICO.
A.4. ESTUDIO GEOTECNICO.
A.5. ESTUDIO DE AMENAZA Y RIESGO.

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura N°1. Esquema de una grieta de tensión para análisis de límite de equilibrio (U.S. Corps of Engineers, 2003). 34

Figura N°2. Orientación de una falla geológica 40

Figura N°3. Partes de una falla geológica 42

Figura N°4. Bloques yacente y pendiente de una falla F. (1) Bloque yacente, (2) Bloque pendiente y (3) Traza de la falla en terreno. 42

Figura N°5. Tipos de fallas translacionales. (a) Falla normal. (b) Falla inversa. (c) Falla de rumbo. (d) Falla vertical, baja bloque oriental. (e) Falla vertical, baja bloque occidental. (f) Falla con rechazo oblicuo, sinestral normal. (g) Falla con rechazo oblicuo, sinestral inverso. 43

Figura N°6. Clasificación de fallas según la extensión o el acortamiento paralelo a una capa. (a) Falla extensional. (b) Falla contraccional. 44

Figura N°7. Criterios de terreno para reconocer fallas lístricas. (a) Perfil curvo, (1) Capa marcadora. (b) Rotación de capas. (c) Anticlinal de colapso (2). (d) Fallas antitética (3). 45

Figura N°8. Fallas de crecimiento. (a) Mayor espesor de capas en el bloque colgante. (b) Depositación de conglomerados y brechas en el bloque colgante. (c) Diferencia de rechazo r1≠ r2 debido a variación de espesor de capas. (d) Variación de espesor y omisión de capas, truncamiento de la falla contra una discontinuidad estratigráfica. Los números indican la sucesión estratigráfica desde más antiguo a más moderno. 47

Figura N°9. Nomenclatura de taludes y ladera. 48

Figura N°10. Partes generales de un talud o ladera. 49

Figura N°11. Nomenclatura de las diferentes partes que conforman un deslizamiento. 50

Figura N°12. (a) Esquema de la caída de rocas (b) Corominas y Yagué (1997) denominan a este movimiento “colapso”. 52

Figura N°13. Esquema del vuelco en bloque (De Freitas y Waters, 1973 en Varnes, 1976). 53

Figura N°14. (a) y (b) Esquema de un deslizamiento traslacional, llamado resbalamiento y corrimiento según Corominas Dulcet y García Yagué (1997) (c) Esquema de deslizamiento traslacional de roca en Cerchiaria di Calabria, sur de Italia (la disgregación del material no puede observarse debido a la escala de la figura). Según Antronico et al., 1993 en Dikau et al., (1996). 54

Figura N°15. Esquema de un deslizamiento rotacional mostrando los rasgos morfológicos característicos. 55

Figura N°16. Esquema de expansiones laterales, según Varnes (1978). 55

Figura N°17. Resistencia pico y residual. 59

Figura N°18. Dirección de esfuerzos principales en la falla de un talud. 61

Figura N°19. Envolvente de falla y círculo de Mohr. 62

Figura N°20. Detalle de la celda para el ensayo triaxial. 64

Figura N°21. Diagrama del ensayo triaxial. 64

Figura N°22. Círculo de Mohr y envolvente de falla de un ensayo triaxial. 65

Figura N°23. Detalle de la caja para ensayo de corte directo. 69

Figura N°24. Diagrama del ensayo de corte directo. 70

Figura N°25. Datos de entrada en el software Slide v5.014. 97

Figura N°26. Vista de la topografía del talud N°01 en el interfaz del software Slide v5.014. 104

Figura N°27. Vista de la definición del material para el talud N°01 en el interfaz del software Slide v5.014. 104

Figura N°28. Vista del análisis estático del talud N°01 en el interfaz del software Slide v5.014. 106

Figura N°29. Vista de todas las superficies potenciales de falla generadas del talud N°01 en el interfaz del software Slide v5.014. 107

Figura N°30. Vista del cálculo del factor de seguridad utilizando la técnica de dovelas del talud N°01 en el Slide v5.014. 108

Figura N°31. Vista del factor de seguridad a lo largo de la superficie topográfica del talud N°01. 119

Figura N°32. Mapa de isoaceleraciones espectrales. 120

Figura N°33. Mapa de isoaceleraciones espectrales para la región de Huánuco. 121

Figura N°34. Vista del análisis pseudo-estático del talud N°01 en el interfaz del software Slide v5.014. 122

Figura N°35. Vista de todas las superficies potenciales de falla en el interfaz del software Slide v5.014 (análisis pseudo-estático). 123

Figura N°36. Vista del cálculo del factor de seguridad utilizando la técnica de dovelas en el Slide v5.014. (análisis pseudo-estático). 124

Figura N°37. Vista del factor de seguridad a lo largo de la superficie topográfica del talud N°01 (análisis pseudo-estático). 135

Figura N°38. Clasificación de cambio de potencial de volumen. 138

Figura N°39. Vista de suelo colapsable. 141

Figura N°40. Criterios de potencial del colapso. 142

Figura N°41. Métodos sísmicos como medición in-situ 144

Figura N°42. Métodos de estabilización de taludes y deslizamientos - excavación (Turnbull y Hvorslev, 1968). 151

Figura N°43. Valores referenciales para taludes en corte (relación H:V) 152

Figura N°44. Tratamiento de taludes tipo. 152

Figura N°45. Métodos de estabilización de taludes y deslizamientos - drenaje (Turnbull y Hvorslev, 1968). 154

Figura N°46. Agentes estabilizadores químicos 155

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla N°1. Metodologías utilizadas en la modelación de taludes. 32

Tabla N°2. Métodos de análisis de estabilidad de taludes. 38

Tabla N°3. Tipos de movimientos en masa. 51

Tabla N°4. Escala de velocidades según Cruden y Varnes (1996). 52

Tabla N°5. Valores típicos del parámetro A. 60

Tabla N°6. Proceso de operacionalización de variables. 83

Tabla N°7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. 86

Tabla N°8. Estudios multidisciplinarios para el análisis de estabilidad del talud y falla geológica. 99

Tabla N°9. Resultados finales de la evaluación geotécnica de la falla geológica. 101

Tabla N°10. Relación entre el potencial de expansión e índice de plasticidad. 138

ÍNDICE DE SÍMBOLOS.

ϕ: ángulo de fricción.

c: cohesión.

σ´: presión efectiva.

μ : presión de poros.

ϕ´: Ángulo de fricción efectiva.

c´: cohesión efectiva.

S: resistencia cortante.

ɣ: peso unitario seco.

w: contenido de humedad (%).

Pv: peso volumétrico del suelo cohesivo.

Gs: peso específico relativo de sólidos.

A: actividad.

Y_s: pequeña deformación cortante.

ÍNDICE DE ABREVIATURAS.

INGEMMET: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.

INDECI: Instituto Nacional de Defensa Civil.

DRTC: Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones.

Km: Kilómetro.

2D: Bidimensional.

3D: Tridimensional.

RVF: Método de riesgo asociado a la vulnerabilidad física.

FS: Factor de seguridad.

UU: No consolidado no drenado.

CD: Consolidado drenado.

CU: Consolidado no drenado.

GLE: General limit equilibrium (equilibrio de límite general).

PGA: Peak ground aceleration (aceleración máxima del terreno).

CL: Arcilla arenosa delgada / arena arcillosa.

CAPITULO I
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

Utria (2018), indica que en los últimos 30 años, la ocurrencia de desastres naturales a nivel global se ha triplicado. Las causas que están impulsando el aumento de riesgo de desastres naturales se basan en un mundo cada vez más urbano consumista de energía y capital natural, meteorológicamente impredecible.

"En la práctica actual de la ingeniería geotécnica en el Perú, las principales estructuras son diseñadas en base a análisis de estabilidad bidimensional haciendo uso del método de equilibrio límite" (Reyes, 2015, p.4). El problema de inestabilidad de taludes y plataformas, suele ser frecuente durante el proceso constructivo, rehabilitación y mantenimiento de las vías; bajo sus diferentes modalidades de manifestación (deslizamientos, derrumbes, reptación de suelos, escurrimientos o flujos, desprendimientos, asentamientos, huaycos, erosión, etc). Comprometiendo seriamente la plataforma vial, influyendo muchas veces a la paralización parcial o total del tránsito de vehículos, incluso pudiendo afectar la integridad física de los usuarios; con el consecuente desembolso de ingentes sumas para su reparación (Anampa, s.f., p.1).

En la región de Huánuco, en los últimos meses se registraron diferentes eventos de geodinámica externa, principalmente movimientos en masa (deslizamientos, derrumbes, huaicos y aluviones en mayor porcentaje), como también peligros geo-hidrológicos (inundaciones y erosión fluvial) en las provincias de Huánuco, Yarowilca y Ambo.

Actualmente en el centro poblado de Pachachupán, distrito de Chinchao, provincia de Huánuco, entre las progresivas km 37+700 al km 37+800, hay presencia de falla geológica que viene a ser un accidente geológico en continua deformación, así como un factor determinante en la

formación de movimientos en masa; entre los más comunes observados son los aluviones, deslizamientos y derrumbes generados en parte por las frecuentes y elevadas precipitaciones. Además de constatar la presencia de agrietamientos en el talud superior, erosión y deterioro del carril de la plataforma izquierda de la carretera central, considerando que ésta es una autopista de primera clase, de muy alta transitabilidad y el deterioro de las obras de arte longitudinal (cunetas) y transversal (alcantarillas).

Aledaños al área de investigación hay pobladores que habitan permanentemente y se ven perjudicados en sus actividades diarias, entre ellas: cosecha y siembra en sus campos de cultivo, crianza de animales, en su traslado diario y quehacer cotidiano, así como en su integridad física al estar expuestos a los diferentes eventos de geodinámica externa que puedan suceder.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

1.2.1. PROBLEMA GENERAL.

¿Cuál es la condición de estabilidad del talud en la falla geológica por el método de equilibrio límite de la progresiva km 37+700 al km 37+800 (ruta nacional PE+18A) en Pachachupán, 2018?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.

- ¿Cuál es el factor de seguridad (FS) del talud en el área de estudio?
- ¿Cuáles son los parámetros utilizados por el método de equilibrio límite en el análisis de estabilidad del talud?
- ¿Cuáles son los métodos de análisis utilizados por el método de equilibrio límite en el análisis de estabilidad del talud?

- ¿Cuáles son las herramientas computacionales disponibles para el análisis de estabilidad del talud?

1.3. OBJETIVOS DE ESTUDIO.

1.3.1. OBJETIVO GENERAL.

Determinar la condición de estabilidad del talud en la falla geológica por el método de equilibrio límite de la progresiva km 37+700 al km 37+800 (ruta nacional PE+18A) en Pachachupán, 2018.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar el factor de seguridad (FS) del talud en el área de estudio.

- Describir los parámetros utilizados por el método de equilibrio límite en el análisis de estabilidad del talud.

- Describir los métodos de análisis utilizados por el método de equilibrio límite en el análisis de estabilidad del talud.

- Conocer las herramientas computacionales disponibles para el análisis de estabilidad del talud.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

Considerando el poco interés de investigaciones científicas y de campo sobre eventos de geodinámica externa, como movimientos en masa: deslizamientos, derrumbes, huaycos y aluviones, que fueron eventos suscitados en los últimos tiempos en nuestra región. Así como los pocos registros de investigaciones realizadas por otras entidades: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) e Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) y los efectos generados por la falla geológica en el área de

estudio, que no solamente perjudican a los habitantes que viven aledaños de la zona, sino a los transeúntes y conductores que se trasladan y transportan diariamente por la carretera central.

La presente tesis servirá como una fuente de consulta en temas de investigación relacionados con el análisis de estabilidad del talud en una zona de falla geológica, colaborando con el desarrollo científico y cultural en nuestra región.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.

- Geográficamente nos limitaremos a realizar la investigación entre las progresivas km 37+700 al km 37+800 de la carretera central del tramo Huánuco – Tingo maría (ruta nacional PE+18A), existiendo otras áreas críticas de estudio con casos similares a nuestro proyecto de investigación.

- Las condiciones meteorológicas externas (cambios de temperatura del ambiente) que se presentan en el área de estudio como: lluvias, ventiscas, excesivo calor y frío.

- Realización de un análisis bidimensional (2D) en la modelación y simulación con las herramientas computacionales para un comportamiento tridimensional (3D) del talud.

- Carencia de normas nacionales en cuanto al diseño y análisis de estabilidad de taludes, pese a la norma actual CE.020 Estabilización de Suelos y Taludes.

- Se dispone de escasos antecedentes de investigación en el sector universitario de la región de Huánuco que nos sirvan como guía para el desarrollo del proyecto de investigación.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.

El presente proyecto de investigación es viable por las siguientes razones:

- En temas de recursos financieros y económicos son asumidos por el investigador para la ejecución del proyecto de investigación.

- En temas de recursos humanos se contará permanentemente con el investigador, también con la colaboración de los pobladores, autoridades locales y distritales de la jurisdicción del área de investigación.

- En temas de fuentes de información se dispone de la base de datos y fuentes bibliográficas de entidades como: Gobierno Regional de Huánuco, Municipalidad Distrital de Chinchao, INDECI, INGEMMET, etc.

- Para la elaboración de la tesis, el investigador reforzará y ampliará sus conocimientos con el asesoramiento e intervención de especialistas y expertos en ingeniería geotécnica, estabilidad de taludes y metodología de la investigación. Así como la capacitación de conferencistas nacionales e internacionales especializados en el tema de investigación.

- Por todo ello la presente tesis de investigación es viable porque se dispone de recursos económicos, fuentes, asesoría de expertos en el tema, manuales entre otros medios de información que ayudarán en su elaboración.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO.

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Pedemonte (2018), investigó sobre la evaluación de la deformación de una mina a cielo abierto con el innovador software de modelamiento numérico Slope Model. Precisando que en la actualidad existen diferentes programas de modelamiento numérico para la estimación del comportamiento de taludes mineros, los cuales van desde el método de equilibrio límite (LE) hasta enfoques matemáticos analíticos más complejos. La elección de usar un método u otro depende de varios factores como son el nivel de detalle que se le quiere dar a la zona a estudiar, las propiedades de las rocas y la cantidad de discontinuidades presentes. Los métodos utilizados más comunes son los continuos, discontinuos e híbridos. En el marco de los modelos discontinuos se observó que los softwares actuales no son capaces de reproducir la creación y propagación de nuevas fracturas mediante la rotura de roca intacta, hecho que si ocurre en la realidad. Por este motivo se eligió el nuevo software Slope Model (SM), de la empresa ITASCA, el cual sí reproduce dichos fenómenos, muy importantes para el estudio geotécnico del área analizada. Entre las conclusiones se indicó que el Software Slope Model representa correctamente el comportamiento del macizo rocoso fracturado, recomendando su uso para cualquier caso. Aunque como solo hay unas pocas pruebas de validación a escala real, es necesario utilizar un método convencional y validado para poder comparar.

Faustino (2016), investigó sobre el estudio geotécnico para establecer la alternativa de cimentación y el sistema de retención para la estabilidad de un talud vertical proyectado en Santa Fe, delegación Álvaro Obregón en México distrito federal. Precisando que la estabilidad de los taludes naturales no puede considerarse permanente debido a que en algún momento se puede

presentar factores naturales como presiones hidrostáticas, el intemperismo, la erosión, un aumento temporal de cargas, la reducción de la resistencia del suelo o una redistribución desfavorable de esfuerzos que decrementen la estabilidad del mismo. Entre las conclusiones se indicó que para prevenir la disminución de las propiedades de resistencia constitutivas del talud, por la infiltración de agua que pudiera contribuir al desarrollo de presiones hidrostáticas, se instalará en la parte superior del talud 2 líneas de drenes de 30m de largo @2.5m los cuales serán de pvc, ranurado de 3" de diámetro forrado con una malla plástica para evitar la saturación del tubo por la migración de finos hacia el interior del dren, se colocarán dentro de una perforación de 10cm de diámetro, con una inclinación ascendente de 5 grados con la horizontal, la cual atravesará la superficie de falla del talud. En zonas donde se encuentre agua durante la colocación de las anclas o durante la aplicación del concreto lanzado se colocarán drenes para captar dichos escurrimientos.

Portilla (2014), investigó sobre la reconstrucción y análisis de ocurrencias regionales de múltiples eventos de movimientos en masa generados por lluvias históricas en los Pirineos. Precisando que los movimientos en masa (MM) son unos de los procesos geológicos que más daños causan al ser humano, sus bienes y servicios; ellos han actuado, actúan y continuarán actuando en la modelación del paisaje terrestre y su ocurrencia indica inestabilidad del terreno (Glade y Crozier, 2005). La propensión a la inestabilidad de una ladera o de un talud depende de factores intrínsecos y extrínsecos del terreno, los que se pueden agrupar en (Glade y Crozier, 2005): a) favorecedores (factores estáticos intrínsecos que facilitan la acción efectiva de factores desestabilizantes dinámicos; ejemplo: materiales que pierden resistencia por reacciones químicas con el agua - meteorización, predisponiendo la ladera a la rotura durante una lluvia); b) preparadores (factores dinámicos que disminuyen el margen de estabilidad de una ladera sin que generen el inicio del movimiento; ejemplo: meteorización, erosión); c) detonantes (factores que producen el inicio del movimiento; ejemplo: lluvias, sismos); y, d) prolongadores (determinan el comportamiento del movimiento: duración, forma, variación, alcance; algunos pueden ser dinámicos externos

como la misma lluvia, otros pueden relacionarse con el avance del movimiento en la trayectoria del mismo). La caracterización de estos factores, así como el establecimiento de sus interacciones, permite establecer la zonificación de la susceptibilidad del terreno a movimientos en masa y su posterior uso en la evaluación de la respectiva amenaza para una región de interés. Entre las conclusiones se indicó que de todos los factores condicionantes analizados: pendiente topográfica, presencia de formación superficial, cobertura del suelo, curvatura, orientación, altitud y distancia al centro de la tormenta, aquellas condicionantes son: la formación superficial y la pendiente. En la región de Molló-Queralbs la formación superficial dominante son los derrubios de vertientes, para Barruera-Vielha son depósitos glaciares y para Berga-Cercs es el sustrato rocoso alterado e intervenido antropicamente. En todos los casos es válido un valor umbral $\theta = 14,5º$.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Muñoz (2017), investigó sobre la evaluación de soluciones de estabilidad para deslizamientos en tres tramos críticos de la carretera Ilabaya - Cambaya - Camilaca, distrito de Ilabaya - Jorge Basadre - Tacna. Precisando que los principales problemas geotécnicos que surgen se encuentran en la inestabilidad de suelos y taludes, entre ellos los más representativos son los deslizamientos, que son destructivos y catastróficos, los cuales se originan a partir de la falla de una ladera o talud inestable que genera un gran movimiento de masa de tierra o roca. Este fenómeno puede provocar grandes daños económicos, estructurales, sociales e incluso cobrar vidas humanas. Estos daños pueden traer como consecuencia la inhabilitación de la vía y dejar sin comunicación a los pueblos. Entre las conclusiones se indicó que, de las alternativas de solución evaluadas para el talud superior del primer tramo crítico, la más factible técnica y económicamente es la del sistema de suelo reforzado Terramesh System. Debido a que con esta solución se obtienen los más altos factores de seguridad tanto estático y pseudoestático. Así mismo, se obtuvo un menor precio de instalación respecto a las demás alternativas de solución.

Barrientos (2017), investigó sobre la estabilización de deslizamientos rotacionales dinámicos mediante sistemas de anclaje en suelos en la carretera Canta-Huayllay entre las progresivas 103+280 y 103+500. Precisando que la evolución de los agrietamientos y asentamientos, son activados por la filtración de aguas superficiales discurridas irregularmente a través de los fisuramientos, debido a que las cunetas interiores (revestidas) actualmente se encuentran colmatadas por materiales provenientes de fragmentos rocosos desplazados desde zonas más elevadas; saturando las masas del subsuelo afectado y debilitando su resistencia al corte. Además de proponer un sistema de estabilización definitivo mediante sistema de anclajes; así como también, la posterior protección de filtraciones y erosión del talud, lo cual se traduce en una medida de solución alternativa que permitirá restablecer la normalidad de transitabilidad de la Carretera Canta – Huayllay entre los Km 103+280 al Km 103+500.

Reyes (2015), investigó sobre la ejecución de análisis tridimensional de estabilidad de taludes por el método de equilibrio límite en diferentes tipos de depósitos de desmonte de mina enfocados en la aplicación en la práctica de la Ingeniería Geotécnica, en particular en la industria minera. Llegando a las siguientes conclusiones: los procedimientos 2D del método de equilibrio son bastante populares y relativamente sencillos de comprender. Entre los más usados se tiene el Bishop simplificado, Janbu simplificado, Spencer, Morgenstern y Price y GLE, siendo estos tres últimos los más recomendados y apropiados para tareas de diseño; los análisis 3D no han sido desarrollados ni usados en la práctica aún, esto se debe principalmente a: los análisis 2D han probado ser útiles, sencillos y conservadores, así también no existen casos de estudios prácticos de análisis 3D realizado en estructuras reales ni usado en diseños, la ausencia de un programa de cómputo comercial que satisfaga las demandas de un modelamiento 3D; y al desconocimiento general de la teoría en la que se fundamentan los análisis 3D; los procedimientos 3D han sido desarrollados desde los sesenta. Los primeros investigadores plantearon procedimientos específicamente para casos de estudio, superficiales de falla homogéneas, materiales cohesivos, no cohesivos, entre otros. A partir de la década de 1970, se desarrollaron programas de cómputo

académicos relativamente simples, que sirvieron de soporte para los procedimientos 3D planteados. Algunos de estos procedimientos eran comparaciones de casos historia y datos reales. En la década de 1980 y tras el avance computacional, se plantearon procedimientos más complejos con asunciones y superficies de falla más generales. Desde los años 1990, se plantearon procedimientos generales y mucho más aceptados por la comunidad internacional. Asimismo, en los últimos años se han planteado procedimientos que incluyen la determinación del DD crítica, superficies de falla homogénea, entre otros detalles.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

García (2017), investigó sobre la estabilización de taludes de la carretera PE-3N, km 263+100. Precisando que en todo el recorrido en la región Huánuco se presentan diferentes tipos de problemas en la vía, uno ellos es la inestabilidad de los taludes específicamente en el km: 263+100 del tramo Huánuco – La Unión, ubicado a 2765 msnm, en esta zona se presenta el problema del deslizamiento de los taludes, el tipo de suelo en la zona es limo arenosa, presenta pendientes moderadas en algunas partes y pronunciadas en otras, presencia de vegetación moderada, lo que con lleva al problema del deslizamiento. Entre las conclusiones se indicó que es posible plantear los muros reforzados con geo sintéticos para la estabilización de taludes como una alternativa de solución a este problema; debido a que bajo las mismas condiciones geotécnicas y constructivas, un muro de suelo reforzado técnicamente funciona igual o mejor que cualquier otro sistema de estabilización de taludes, además de resultar mucho más económicos, debido a que se puede utilizar los materiales térreos del mismo sitio.

Alvino y Obregón (2015), investigaron sobre el control de los movimientos en masa, los procesos erosivos avanzados en los kilómetros 63+500 y 72+800 de la ruta nacional PE-18A sector Huánuco-Tingo María. Llegando a las siguientes conclusiones: se determinó que los suelos y rocas que afloran en el km 63+500, pertenecen al grupo Mitu, areniscas y limolitas rojizas, y además se puede encontrar superficialmente contenido de caliza

debido a que se encuentra en los límites del afloramiento calcáreo del grupo Pucará, siendo ésta apenas apreciable sobre algunas rocas esquisto que afloran a la superficie, éstos se encuentran sobre rocas metamórficas esquisto del complejo metamórfico del Marañón; se determinó además la formación de un depósito coluvial clastosoportado en la parte superior del badén (km 63+500), el cual se formó por el desplazamiento de material de la parte superior arrastrando rocas esquisto, fragmentándolas mezclándolas con las areniscas y limolitas, generándose una olla donde las lluvias tienden a arrastrar este material en épocas de invierno, el ángulo de fricción de la matriz de este depósito determinado en laboratorio es de 29°, y haciéndose la corrección debido a que es clasto soportado arrojo un ángulo de 37°, dada la gran angulosidad y abundancia de los clastos; se determinó que los suelos y rocas que afloran en el km 72+800, son una formación de material rocoso intemperizado de contenido de finos es despreciable, al analizarlo por estabilidad de material residual de roca no se encontraron elementos en peligro de deslizamiento y se obtuvo un ángulo de fricción de 30°.

López (2014), investigó sobre la evaluación del riesgo ante la inestabilidad de taludes en el tramo de la carretera central Ambo-San Rafael, para determinar la amenaza y vulnerabilidad en dichos taludes e implementar propuestas de prevención y mitigación de desastres, utilizando el método RVF (riesgo asociado a la vulnerabilidad física). Llegando a las siguientes conclusiones: la metodología RVF, es una herramienta que permite identificar los sitios que debido a taludes inestables ponen en riesgo la infraestructura física del tramo de la Carretera Tecte-San Rafael; la metodología RVF, facilita a los entes gubernamentales en la priorización de recursos para la mitigación del riesgo asociado a taludes inestables, puesto que pone en evidencia los sitios más críticos que requieren rápida intervención; el comportamiento del modelo presentado por la metodología RVF fue bastante favorable, ya que al aplicar la metodología en 3 zonas del tramo de la carretera Tecte-San Rafael, se encontró que los sitios con un RVF más alto coincidían con los sitios más críticos en cuanto a inestabilidad de taludes inestables y evidenciaban riesgo para la infraestructura física del sitio.

2.2. BASES TEÓRICAS.

2.2.1. Análisis de Estabilidad del Talud

Conceptos

Es práctica común en ingeniería definir la estabilidad de un talud en términos de un factor de seguridad (FS), obtenido de un análisis matemático de estabilidad. El modelo debe tener en cuenta la mayoría de los factores que afectan la estabilidad. Estos factores incluyen: la geometría del talud, parámetros geológicos, presencia de grietas de tensión, cargas dinámicas por acción de sismos, flujo de agua, propiedades de los suelos, etc. Sin embargo, no todos los factores que afectan la estabilidad de un talud se pueden cuantificar para incluirlos en un modelo matemático. Por lo tanto, hay situaciones en las cuales un enfoque matemático no produce resultados satisfactorios. A pesar de las debilidades de un determinado modelo, determinar el factor de seguridad asumiendo superficies probables de falla, permite al Ingeniero tener una herramienta muy útil para la toma de decisiones. (Suarez, 1998, p.117)

En el estudio de la estabilidad de taludes se abordan fenómenos de estado último o de rotura de masas del suelo. El “agente” externo responsable de la inestabilidad es una fuerza de masa: el peso y eventualmente los efectos de filtración a los que debe añadirse, generalmente como factor secundario, posibles cargas externas. La determinación de las condiciones de estabilidad de laderas naturales es un objetivo importante de los estudios de riesgos de origen geológico. En ausencia de intervención humana, la frecuencia e importancia de los deslizamientos del terreno suele ir ligada a zonas de relieve montañoso, a la intensidad y duración de precipitaciones (y efectos asociados a estas: erosión en cauces) y a ciertas formaciones litológicas especialmente sensibles a los movimientos. Como ejemplo, muchas laderas pirenaicas disponen sin duda de un escaso margen de seguridad frente a movimientos, margen que se agotará preferentemente con ocasión de un fenómeno hidrológico extraordinario a consecuencia de la acción simultánea de una

erosión de pie y una elevación generalizada de niveles piezométricos. Por otra parte, áreas de relieve más suave como puede ser la Cuenca de Tremp, presenta fenómenos generalizados de deslizamiento asociados a la facies garumnense. Las técnicas de reconocimiento geológico-geomorfológico son estos casos de gran ayuda para identificar zonas movidas y para estimar cuantitativamente los riesgos de deslizamiento. (Pérez, 2005, p.1)

En muchos casos los ingenieros civiles tienen que efectuar cálculos para verificar la seguridad de taludes naturales, taludes de excavaciones y de terraplenes compactados. Este proceso, llamado análisis de estabilidad de taludes, implica determinar y comparar el esfuerzo cortante desarrollado a lo largo de la superficie más probable de falla con la resistencia cortante del suelo. El análisis de la estabilidad de un talud no es tarea fácil. La evaluación de variables tales como la estratificación del suelo y sus parámetros de resistencia de cortante resulta una tarea formidable. La infiltración a través del talud y la selección de una superficie de deslizamiento potencial se agregan a la complejidad del problema. (Das, 2001, p.339)

La evaluación de estabilidad de taludes en suelos es un aspecto importante, interesante y desafiante en la Ingeniería Civil. Las preocupaciones con la estabilidad del talud han impulsado algunos de los avances más importantes en nuestra comprensión del comportamiento complejo de los suelos. Los extensos estudios de ingeniería e investigación realizados en los últimos 70 años proporcionan un conjunto sólido de principios de mecánica de suelos que permiten resolver problemas prácticos de estabilidad de taludes. En las últimas décadas, la experiencia con el comportamiento de taludes así como la frecuencia de sus fallas ha permitido el desarrollo de un mejor entendimiento de los cambios de las propiedades del suelo que puedan ocurrir con el tiempo, reconociendo los requerimientos y las limitaciones de pruebas de laboratorio in situ para evaluar la resistencia de los suelos, desarrollando un nuevo y mejor tipo de instrumentación para observar el comportamiento del talud, mejorar el entendimiento de los principios de mecánica de suelos relacionados al comportamiento del suelo en la estabilidad de taludes, así como procedimientos analíticamente mejorados para un examen exhaustivo

de la mecánica de análisis de estabilidad del talud detallando la comparación de los resultados de campo con el uso de herramientas computacionales para un análisis crítico. (Duncan, Wright y Brandon, 2014, p.1)

Desde hace 60 años el análisis de estabilidad de taludes ha tomado en cuenta taludes finitos que fallan con una superficie circular y plana en suelos clásicos (suelos transportados) bajo un análisis continuo; y en macizos rocosos con discontinuidades altamente persistentes: sea macizos con pocas discontinuidades para encarar un análisis en el medio discontinuo, o macizos con muchas familias de discontinuidades para encarar un análisis en el medio continuo. En los dos tipos de materiales geológicos nombrados, suelos transportados y macizos rocosos, el análisis clásico se realiza de forma aproximada pero numérica bajo el marco del concepto mecánico de equilibrio límite, en dos dimensiones, y bajo el concepto de factor de seguridad global. (Suarez, 2016, p.6)

Metodologías para el Análisis de Estabilidad de Taludes

El análisis de los movimientos de los taludes o laderas durante muchos años se ha realizado utilizando las técnicas del equilibrio límite. Este tipo de análisis requiere información sobre la resistencia del suelo, pero no se requiere sobre la relación esfuerzo-deformación.

El sistema de equilibrio límite supone que, en el caso de una falla, las fuerzas actuantes y resistentes son iguales a lo largo de la superficie de falla equivalentes a un factor de seguridad de 1.0. (Suarez, 1998, p.122)

A continuación, en la Tabla 1. Se muestra un resumen de las metodologías utilizadas en los análisis convencionales de estabilidad de taludes.

Tabla 1. Metodologías utilizadas en la modelación de taludes.

Método	Parámetros Utilizados	Ventajas	Limitaciones
Equilibrio Límite	Topografía del talud, estratigrafía, ángulo de fricción, cohesión, peso unitario, niveles freáticos y cargas externas.	Existe una gran cantidad de paquetes de software. Se obtiene un número de factor de seguridad. Analiza superficies curvas, rectas, cuñas, inclinaciones, etc. Análisis en dos y tres dimensiones con muchos materiales, refuerzos y condiciones de nivel de agua.	Genera un número único de factor de seguridad sin tener en cuenta el mecanismo de inestabilidad. El resultado difiere de acuerdo con el método que se utilice. No incluye análisis de las deformaciones.
Esfuerzo - deformación continuos	Geometría del talud, propiedades de los materiales, propiedades elásticas, elastoplásticas y de "creep". Niveles freáticos, resistencia.	Permite simular procesos de deformación. Permite determinar la deformación del talud y el proceso de falla. Existen programas para trabajar en dos y tres dimensiones. Se puede incluir análisis dinámico y análisis de "creep".	Es complejo y no lineal. Comúnmente no se tiene conocimiento de los valores reales a utilizar en la modelación. Se presentan varios grados de libertad. No permite modelar roca muy fracturada.
Discontinuos Esfuerzo - deformación elementos discretos	Geometría del talud, propiedades del material, rigidez, discontinuidades resistencia y niveles freáticos.	Permite analizar la deformación y el movimiento relativo de bloques.	Existe poca información disponible sobre las propiedades de las juntas. Se presentan problemas de escala, especialmente en los taludes en roca.
Cinemáticos estereográficos para taludes en roca	Geometría y características de las discontinuidades. Resistencia a las discontinuidades.	Es relativamente fácil de utilizar. Permite la identificación y análisis de bloques críticos, utilizando teoría de bloques. Pueden combinarse con técnicas estadísticas.	Útiles para el diseño preliminar. Se requiere criterio de ingeniería para determinar cuáles son las discontinuidades críticas. Evalúa las juntas.
Dinámica de caídos de roca	Geometría del talud, tamaño y forma de los bloques y coeficiente de restitución.	Permite analizar la dinámica de los bloques y existen programas en dos y tres dimensiones.	Existe muy poca experiencia de su uso en los países tropicales.
Dinámica de flujos	Relieve del terreno. Concentración de sedimentos, viscosidad y propiedades de la mezcla suelo-agua.	Se puede predecir el comportamiento, velocidades, distancia de recorrido y sedimentación de los flujos.	Se requiere calibrar los modelos para los materiales de cada región. Los resultados varían de acuerdo con el modelo utilizado.

Fuente: Suarez, J. (2009). *Tabla 4.1. Metodologías utilizadas en la modelación de taludes* (p.129).

2.2.2. Método de Equilibrio Límite

Conceptos:

El análisis de los movimientos de los taludes o laderas durante muchos años se ha realizado utilizando las técnicas del equilibrio límite. Este tipo de análisis requiere información sobre la resistencia del suelo, pero no se requiere sobre la relación esfuerzo-deformación. El sistema de equilibrio límite supone que en el caso de una falla, las fuerzas actuantes y resistentes son iguales a lo largo de la superficie de falla equivalentes a un factor de seguridad de 1.0. El análisis se puede realizar estudiando directamente la totalidad de la longitud de la superficie de falla o dividiendo la masa deslizada en tajadas o dovelas. Cada día se han mejorado los sistemas de Dovelas desarrollados a inicios del siglo XX y existe Software muy fácil de utilizar. Generalmente, los métodos son de iteración y cada uno de los métodos posee un cierto grado de precisión. (Suarez, 1998, p.121-122)

Características del Análisis del Método de Equilibrio Límite:

Un análisis de límite de equilibrio permite obtener un factor de seguridad o a través de un análisis regresivo, obtener los valores de la resistencia al cortante en el momento de la falla. Una vez se han determinado las propiedades de resistencia al cortante de los suelos, las presiones de poros y otras propiedades del suelo y del talud, se puede proceder a calcular el factor de seguridad del talud. Este análisis de estabilidad consiste en determinar si existe suficiente resistencia en los suelos del talud para soportar los esfuerzos de cortante que tienden a causar la falla o deslizamiento. La mayoría de los métodos de límite de equilibrio tienen en común, la comparación de las fuerzas o momentos resistentes y actuantes sobre una determinada superficie de falla. Las variaciones principales de los diversos métodos son, el tipo de superficie de falla y la forma cómo actúan internamente las fuerzas sobre la superficie de falla. (Suarez, 2009, p.130)

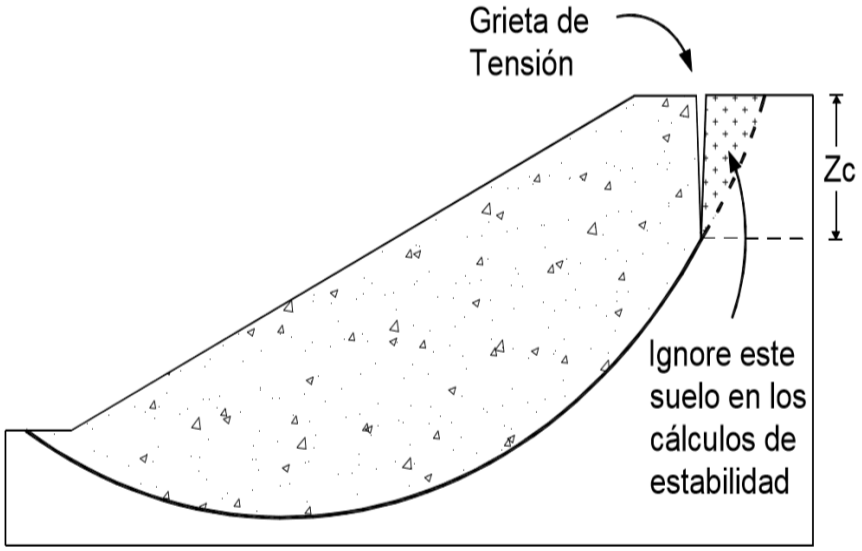
Parámetros Utilizados en los Análisis de Equilibrio Límite:

Suarez (2009), refiere que los modelos tienen en cuenta los factores primarios que afectan la estabilidad. Estos factores incluyen geometría del talud, parámetros geológicos, presencia de grietas de tensión, cargas dinámicas por acción de los sismos, flujo de agua, propiedades de resistencia y peso unitario de los suelos, etc. Sin embargo, no todos los factores que afectan la estabilidad de un talud se pueden cuantificar para incluirlos en un modelo matemático de límite de equilibrio. Por lo tanto, hay situaciones en las cuales un enfoque de límite de equilibrio no produce resultados satisfactorios.

a) Pesos unitarios

El peso unitario es tal vez el parámetro más sencillo de medir para el análisis de estabilidad de los taludes, es el que influye menos en el factor de seguridad. Los pesos unitarios totales son pesos húmedos por encima del nivel freático y saturados por debajo de éste nivel. En el caso de que se utilicen pesos sumergidos, se debe ignorar la presencia de nivel freático. La densidad saturada se puede determinar asumiendo un valor de gravedad específica G, el cual se puede suponer igual a 2.68 para la mayoría de los suelos. (Suarez, 2009, p.132)

Figura. N°1. Esquema de una grieta de tensión para análisis de límite de equilibrio (U.S. Corps of Engineers,2003).



Fuente: Suarez, J. (2009). *Figura 4.4. Esquema de una grieta de tensión para análisis de equilibrio límite* (p.132).

b) Resistencia al cortante

La resistencia al cortante que se va a utilizar en los análisis, puede ser medida por alguno de los métodos de laboratorio o de campo. Se debe tener en cuenta si se trata de condiciones drenadas o no drenadas o si el análisis es realizado en estado no-saturado. Los parámetros deben corresponder a los niveles de esfuerzos sobre las superficies de falla potenciales. En los casos en los cuales ya ha ocurrido la falla del talud, se recomienda emplear las resistencias residuales (Skempton, 1970, 1977,1985). "Igualmente, debe tenerse en cuenta la disminución de resistencia, con el tiempo. Para suelos que son completamente saturados, el ángulo de fricción para condiciones no drenadas, es igual a cero. La resistencia no drenada para suelos saturados puede ser determinada a partir de los ensayos no-consolidados no-drenados". (Suarez, 2009, p.132)

c) Condiciones drenadas o no drenadas

Las fallas de los taludes pueden ocurrir en condiciones drenadas o no drenadas. Si la inestabilidad es causada por los cambios en la carga, tal como la remoción de materiales de la parte baja del talud o aumento de las cargas en la parte superior (en suelos de baja permeabilidad) éstos pueden no tener tiempo suficiente para drenar durante el tiempo en el cual ocurre el cambio de carga. En ese caso, se dice que las condiciones son no drenadas. Generalmente, los suelos tienen permeabilidades suficientes para disipar las presiones de poros en exceso y se comportan en condiciones drenadas. (Suarez, 2009, p.132)

d) Esfuerzos totales y efectivos

Los problemas de estabilidad de taludes pueden analizarse suponiendo sistemas de esfuerzos totales o efectivos. En principio, siempre es posible analizar la estabilidad de un talud utilizando el método de presión efectiva, porque la resistencia del suelo es gobernada por las presiones efectivas tanto en la condición drenada, como en la condición no drenada; sin embargo, en la práctica es virtualmente imposible determinar con precisión cuáles son los excesos de presión de poros que se van a generar por los

cambios en las cargas (excavaciones, colocación de rellenos o cambios en el nivel de agua). (Suarez, 2009, p.133)

e) Estabilidad a corto y a largo plazo.

En la estabilidad a corto plazo debe tenerse en cuenta que los suelos que no tienen un drenaje rápido, están sujetos a presiones de poros por acción de las cargas aplicadas. En la estabilidad a largo plazo, se supone que los suelos están drenados. Para la estabilidad (a corto plazo) de las arcillas normalmente consolidadas y de limos, se recomienda modelar con análisis de esfuerzos totales. Aunque se puede realizar el análisis empleando esfuerzos efectivos, es muy difícil estimar o medir las presiones de poros para su utilización en el análisis. (Suarez, 2009, p.133)

Limitaciones de los Métodos de Equilibrio Límite:

Suarez (2009), refiere que los análisis de equilibrio límite tienen algunas limitaciones entre las cuales se encuentran las siguientes:

a) **Se basan solamente en la estática.** Como los métodos de equilibrio límite se basan solamente en la estática y no tienen en cuenta las deformaciones, las distribuciones de presiones, en muchos casos, no son realistas. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que estos esfuerzos no realistas, generalmente ocurren en algunas tajadas del análisis y no significa que el factor de seguridad general sea inaceptable.

b) **Suponen los esfuerzos uniformemente distribuidos.** Debe tenerse cuidado cuando existan concentraciones de esfuerzos debidos a la forma de la superficie de falla o a la interacción de suelo-estructura.

c) **Utilizan modelos de falla muy sencillos.** El diseño de taludes utilizando solamente la modelación con métodos de límite de equilibrio es completamente inadecuado si los procesos de falla son

complejos, especialmente cuando están presentes los procesos de “creep”, la deformación progresiva, el flujo, la rotura por fragilidad, la licuación y otras formas de deterioro de la masa del talud.

d) **Generalmente se asume el material como isotrópico.** La mayoría de los trabajos que aparecen en la literatura sobre el tema, asumen que el suelo es un material isotrópico y han desarrollado métodos de análisis de superficies circulares o aproximadamente circulares. Sin embargo, el mecanismo de falla en los materiales residuales donde aparece el suelo, la roca meteorizada y la roca sana, así como las formaciones aluviales y coluviales no-isotrópicas, requiere de nuevos enfoques y del estudio de las superficies de falla no simétricas.

A pesar de las debilidades de un modelo específico, determinar el factor de seguridad asumiendo superficies probables de falla, permite al ingeniero tener una herramienta muy útil para la toma de decisiones. Los métodos de límite de equilibrio son una herramienta muy útil en la práctica y se recomienda tener cuidado de no abusar en la aplicación del método para casos complejos donde la distribución de esfuerzos y las deformaciones juegan un papel importante en el comportamiento del talud.

A continuación, en la tabla 2. Se muestra los métodos de análisis de estabilidad de taludes por el Método de Equilibrio Límite.

Tabla 2. Métodos de análisis de estabilidad de taludes.

Método	Superficie de Falla	Equilibrio	Características
Talud infinito	Rectas	Fuerzas	Bloque delgado con nivel freático, falla paralela a la superficie.
Bloques o cuñas	Cuñas con tramos rectos	Fuerzas	Cuñas simples, dobles o triples, analizando las fuerzas que actúan sobre cada cuña.
Espiral logarítmica (Frohlich, 1953)	Espiral logarítmica	Fuerzas y momentos	Superficie de falla en espiral logarítmica. El radio de la espiral varía con el ángulo de rotación.
Arco circular, (Fellenius, 1922)	Circulares	Momentos	Círculo de falla, el cual es analizado como un solo bloque. Se requiere que el suelo sea cohesivo (f = 0).
Ordinario o de Fellenius (Fellenius 1927)	Circulares	Fuerzas	No tiene en cuenta las fuerzas entre dovelas.
Bishop simplificado (Bishop 1955)	Circulares	Momentos	Asume que todas las fuerzas de cortante, entre dovelas, son cero.
Janbú Simplificado (Janbú 1968)	Cualquier forma	Fuerzas	Asume que no hay fuerza de cortante entre dovelas.
Sueco Modificado. U.S. Army Corps of Engineers (1970)	Cualquier forma	Fuerzas	Las fuerzas entre dovelas tienen la misma dirección que la superficie del terreno.
Lowe y Karafiath (1960)	Cualquier forma	Fuerzas	Las fuerzas entre dovelas están inclinadas en un ángulo igual al promedio de la superficie del terreno y las bases de las dovelas.
Spencer (1967)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	La inclinación de las fuerzas laterales son las mismas para cada tajada, pero son desconocidas.
Morgenstern y Price (1965)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	Las fuerzas entre dovelas, sea asume, que varían de acuerdo con una función arbitraria.
Sarma (1973)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	Utiliza el método de las dovelas en el cálculo de la magnitud de un coeficiente sísmico requerido para producir la falla.

Fuente: Suarez, J. (2009). *Tabla 4.2. Métodos de análisis de estabilidad de taludes* (p.136).

2.2.3. Falla Geológica

Conceptos

“Falla es una fractura planar a lo largo de la cual la roca se ha desplazado según una dirección que es generalmente paralela al plano de ruptura, como consecuencia de la aplicación de un stress de cizalle”. (Niemeyer, 1999, p.23)

“Es una estructura en la cual se ha realizado una fractura o ruptura y un desplazamiento relativo entre los dos bloques separados por la fractura. Sus dimensiones son muy diversas, desde desplazamientos de escasos centímetros, a muchos cientos de metros, y desde una longitud muy pequeña a fracturas de muchos cientos de kilómetros”. (Rivera, 2011, p.315)

Herráiz (2011), indica que se entiende por falla una estructura tectónica a lo largo de la cual se ha producido una fractura y un desplazamiento diferencial de los materiales adyacentes. En Sismología e Ingeniería Sísmica el interés se centra en las fallas activas y en las fallas capaces. Aunque existen numerosas definiciones (Reiter, 1990), una falla es sísmicamente activa cuando hay constancia de que, en un tiempo determinado, ha sido causante de, al menos, un terremoto. El tiempo que se considera varía según quién define el concepto y la finalidad del estudio, pero suele extenderse a los 10 000 ó 35 000 últimos años. La Comisión Reguladora Nuclear de los Estados Unidos (USNRC), para el contexto de la falla de San Andrés, consideraba en 1980 que una falla es activa cuando se dan las siguientes circunstancias:

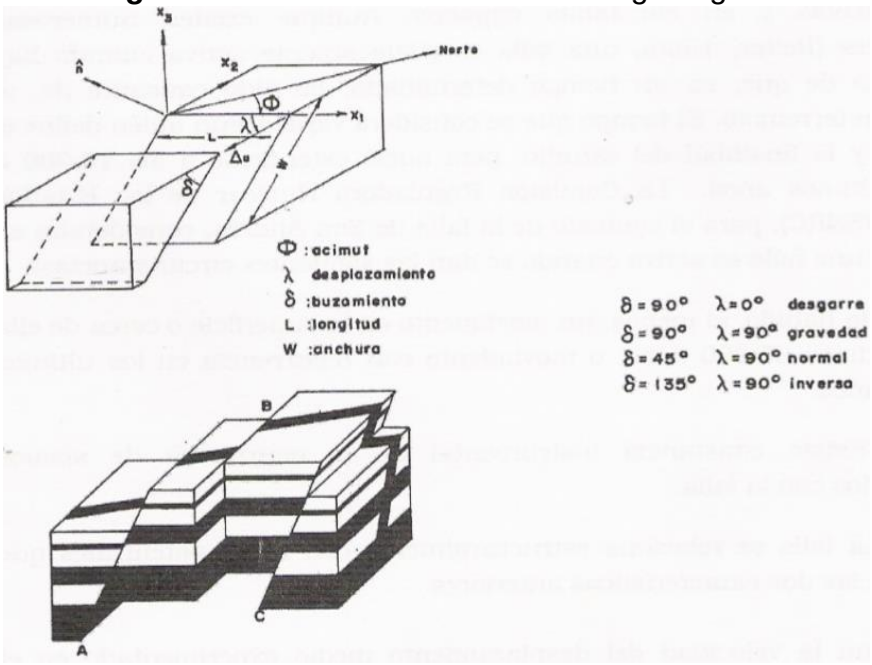
a) Ha habido, al menos, un movimiento en la superficie o cerca de ella en los últimos 35 000 años, o movimiento con recurrencia en los últimos 500 000 años.

b) Existe constancia instrumental de la ocurrencia de sismos relacionados con la falla.

c) La falla se relaciona estructuralmente con fallas potenciales que satisfacen las dos características anteriores.

El concepto de falla capaz muchas veces se identifica con el de falla activa aunque se insiste en la generación de deformaciones permanentes en o cerca de la superficie. Este tipo de deformaciones es particularmente importante en el diseño de instalaciones críticas: centrales nucleares, grandes presas, etc. Finalmente, se suele reservar el nombre de falla potencialmente activa para aquéllas que no presentan indicios de actividad en el campo de esfuerzos actual, pero que por sus características o por indicios de ruptura en una etapa de esfuerzos anterior, pueden actuar como fallas activas. La orientación de la falla, suponiendo que ésta se asimila a un plano, queda definida por 3 ángulos: Φ, acimut de la traza; δ, buzamiento del plano de falla y λ, ángulo de deslizamiento. A su vez, la dimensión del plano de falla considerada como rectangular se expresa con su longitud L y su anchura W. Por último, el desplazamiento relativo de los bloques se denomina deslizamiento o dislocación y se representa con Δu. Su dirección viene dada por el ángulo λ que, sobre el plano de falla, forman Δu y la traza. (Herraíz, 2011, p.10)

Figura. N°2. Orientación de una falla geológica.



Fuente: Herraíz, M. (2011). *Figura 2.1. Tipos de fallas* (p.10).

Partes de una Falla

Rivera (2001), indica que como una falla es una superficie de discontinuidad de estratos, generalmente plana, a lo largo de la cual se ha producido el desplazamiento relativo de una de las partes con respecto a la otra, se distinguen los siguientes elementos o componentes:

a) **Plano de falla.** Es la superficie donde se ha producido la rotura y ha tenido lugar el deslizamiento de una de las partes. Puede tener cualquier dirección y para poder situarlo en el espacio es necesario indicar su rumbo o dirección, y buzamiento. Este plano casi nunca es una superficie plana.

b) **Línea de falla.** Es la intersección entre la superficie terrestre y el plano de falla.

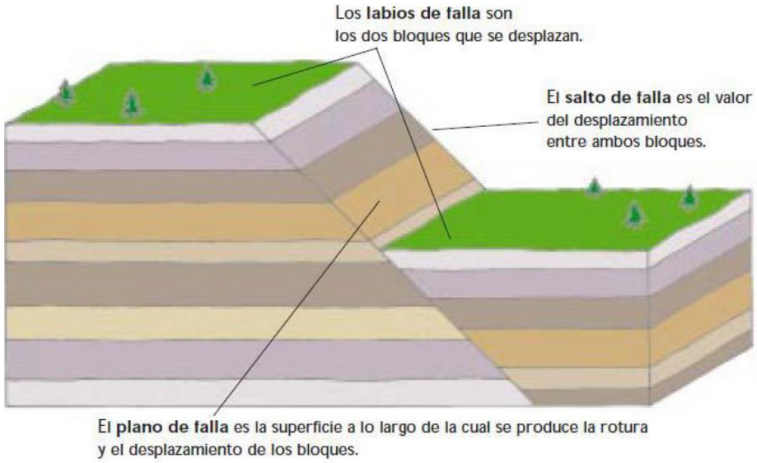
c) **Techo de la falla.** Es la masa rocosa que queda encima de la falla o determinada por el ángulo obtuso formado por la intersección del plano de falla y un plano horizontal imaginario.

d) **Piso de la falla.** Es la masa rocosa que queda debajo de la falla o determinada por el ángulo formado por la intersección del plano de falla con un plano horizontal imaginario.

e) **Salto de falla.** Es el valor real del desplazamiento relativo de dos bloques, en sentido vertical. Se denomina salto en altura o real; y sobre el plano de falla, salto de buzamiento.

f) **Espejo de falla.** Es la parte del bloque que ha sufrido fricción, aparece pulimentada como consecuencia del rozamiento y con lineamientos paralelos al movimiento conocidos como estrías.

Figura. N°3. Partes de una falla geológica.

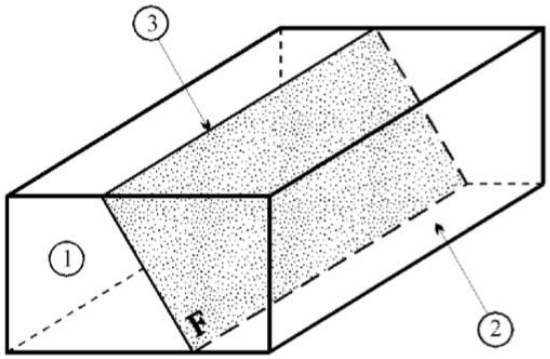


Fuente: Rojas, J., y Valverde, J. (2011). *Figura 2.2. Elementos de una falla geológica* (p.11).

Clasificación de una falla

Niemeyer (1999), indica que la clasificación más útil de las fallas en el dominio frágil es aquella basada en su desplazamiento o rechazo. Se denomina rechazo de una falla al movimiento relativo, a lo largo del plano de falla, de dos puntos que originalmente se encontraban adyacentes. Se distinguen fallas translacionales y fallas rotacionales. En las primeras la magnitud y orientación del rechazo es el mismo en todas sus partes, y en las segundas, el rechazo cambia según la porción del plano que se considere. En las fallas que presentan manteos menores que 90º, es útil también distinguir un bloque colgante y un bloque yacente. Además, la intersección de la falla con la superficie topográfica se denomina traza de la falla, de acuerdo a lo que se indica en figura 4.

Figura 4. Bloques yacente y pendiente de una falla F. (1) Bloque yacente, (2) Bloque pendiente y (3) Traza de la falla en terreno.

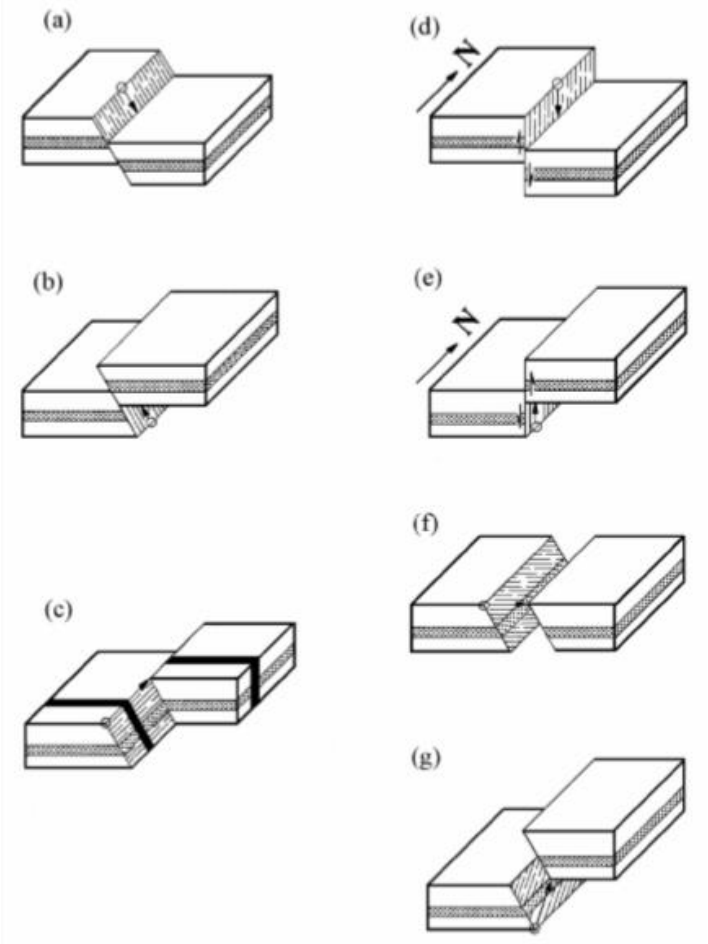


Fuente: Niemeyer H. (1999). *Figura 2.5. Bloques yacente y pendiente de una falla F* (p.26).

Tipos de falla translacionales

Niemeyer (1999), indica que las fallas translacionales se clasifican, de acuerdo a su rechazo, en cuatro tipos principales: fallas normales, fallas inversas, fallas de rumbo y fallas con rechazo oblicuo (figura 5). En los dos primeros tipos el movimiento se realiza según la dirección del manteo, en tanto que en el tercero, como su nombre lo indica, el movimiento es paralelo al rumbo de la falla. Las fallas con rechazo oblicuo presentan movimiento compuesto, con componente según el manteo y según el rumbo. En una falla normal el bloque colgante desciende respecto al bloque yacente. En una falla inversa el bloque colgante se alza respecto al bloque yacente. Si la falla es vertical, debe especificarse cuál de los bloques asciende o desciende.

Figura 5. Tipos de fallas translacionales. (a) Falla normal. (b) Falla inversa. (c) Falla de rumbo. (d) Falla vertical, baja bloque oriental. (e) Falla vertical, baja bloque occidental. (f) Falla con rechazo oblicuo, sinestral normal. (g) Falla con rechazo oblicuo, sinestral inverso.

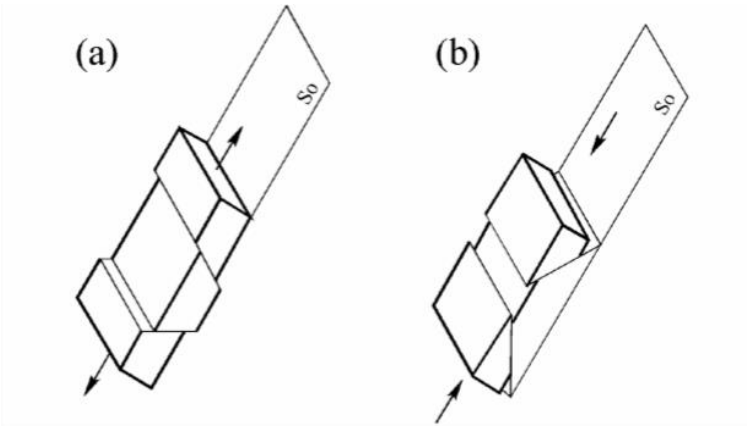


Fuente: Niemeyer H. (1999). *Figura 2.9. Tipos de fallas translacionales* (p.33).

Fallas extensionales y contraccionales

Niemeyer (1999), indica que algunos autores prefieren el uso más general de fallas extensionales y fallas contraccionales para fallas con desplazamiento según la dirección del manteo. Esto se debe a que las capas o estratos marcadores del movimiento pueden presentarse con manteo. Así, un par de fallas simétricamente dispuestas respecto de una capa serán extensionales si ellas indican una extensión paralela a la capa (figura 6a). Por el contrario, si el par de fallas indica un acortamiento o contracción paralelo a la capa, las fallas se denominan contraccionales (figura 6b). De este modo, los términos de falla normal y falla inversa quedan incluidos, respectivamente, dentro de los términos más generales de falla extensional y falla contraccional.

Figura 6. Clasificación de fallas según la extensión o el acortamiento paralelo a una capa. (a) Falla extensional. (b) Falla contraccional.



Fuente: Niemeyer H. (1999). *Figura 2.10. Clasificación de fallas según la extensión o el acortamiento paralelo a una capa* (p.34).

Pliegue de arrastre

Niemeyer (1999), indica que es frecuente que, a consecuencia del desplazamiento de una falla, se genere lo que se conoce como pliegue de arrastre dentro de un plano marcador, como por ejemplo un estrato. El pliegue de arrastre indica el sentido correcto del rechazo de la falla sólo en el caso en que el rechazo sea perpendicular al plano marcador, por lo cual este criterio de desplazamiento debe usarse con cuidado.

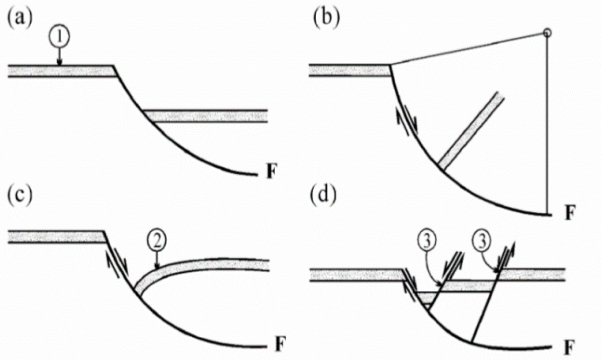
Fallas rotacionales

Niemeyer (1999), indica que las fallas rotacionales implican, como su nombre lo indica, una rotación de los bloques involucrados en la falla. Cuando la rotación se realiza dentro del plano de falla, se distinguen fallas con rotación a favor de los punteros del reloj y fallas con rotación en contra de los punteros del reloj. Las estrías de una falla rotacional son curvas. El sentido de movimiento de una falla rotacional se determina imaginando que el observador se encuentra parado en uno de los bloques, frente a la falla, mirando cómo gira el otro bloque, según un eje perpendicular al plano de falla. Es frecuente, en muchas fallas, observar estrías que indican movimientos alternantes translacionales y rotacionales, lo cual proporciona la posibilidad de establecer la historia estructural de un determinado terreno.

Fallas lístricas

Niemeyer (1999), indica que las fallas lístricas son fallas cuyo perfil es curvo. Ellas también implican una rotación del bloque colgante, pero en este caso la rotación se realiza según un eje que no pincha al plano de falla sino que es paralelo a él. Asociadas a estas fallas, debido a su perfil curvo, se observan estructuras de acomodación en su bloque colgante tales como rotación de capas, anticlinales por colapso (“rollover anticlines”) o bien fallas normales antitéticas al movimiento principal de la falla (figura 7).

Figura 7. Criterios de terreno para reconocer fallas lístricas. (a) Perfil curvo, (1) Capa marcadora. (b) Rotación de capas. (c) Anticlinal de colapso (2). (d) Fallas antitética (3).



Fuente: Niemeyer H. (1999). *Figura 2.12. Criterios de terreno para reconocer fallas lístricas* (p.37).

Fallas de crecimiento

Niemeyer (1999), indica que las fallas de crecimiento (“growth faults”) son fallas que han tenido actividad durante la depositación de una secuencia sedimentaria. Es decir, son fallas contemporáneas con la sedimentación. Evidencias en favor de un origen contemporáneo con la sedimentación son:

a) Un mayor espesor de sedimentos en el bloque colgante, siempre que no ocurra erosión en el bloque yacente. Esto origina diferencia en los rechazos a uno y otro lado de la falla (figura 8a).

b) Depositación de conglomerados y brechas adyacentemente a la falla en su bloque colgante (figura 8b).

c) Diferencia en los rechazos a uno y otro lado de la falla, debido a variación del espesor de las capas (figura 8c).

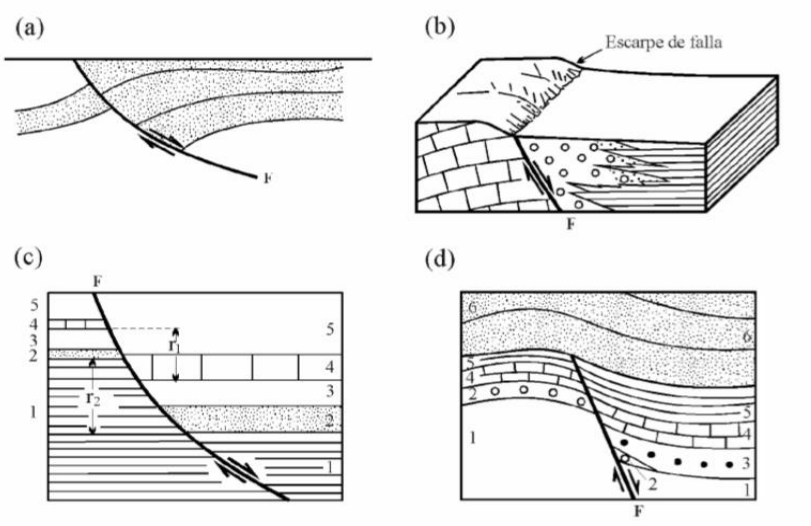
d) Omisión de capas y truncamiento de la falla contra una discontinuidad intraformacional (figura 8d).

e) Efectos de deformación de sedimento no consolidado en relación con la falla, especialmente en el caso en que la sedimentación se realice bajo agua (e.g. presencia de pliegues convolutos).

f) Perforaciones de organismos penetrando a la superficie de la falla. Esto también ocurre en el caso que la depositación se realice bajo agua.

g) Erosión del bloque rotado, en caso que la falla sea lístrica.

Figura 8. Fallas de crecimiento. (a) Mayor espesor de capas en el bloque colgante. (b) Depositación de conglomerados y brechas en el bloque colgante. (c) Diferencia de rechazo r1≠ r2 debido a variación de espesor de capas. (d) Variación de espesor y omisión de capas, truncamiento de la falla contra una discontinuidad estratigráfica. Los números indican la sucesión estratigráfica desde más antiguo a más moderno.



Fuente: Niemeyer H. (1999). *Figura 2.13. Fallas de crecimiento* (p.38).

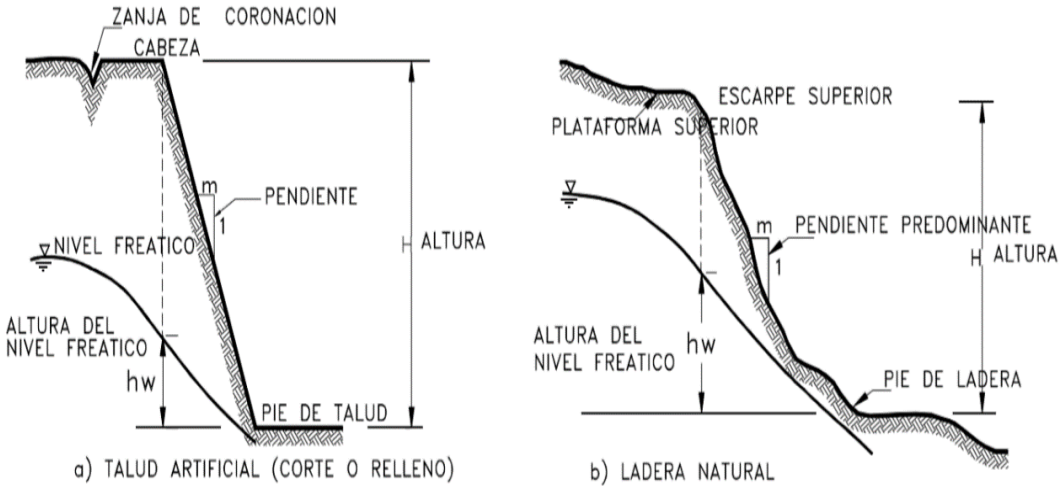
2.2.4. Talud

Conceptos

Un talud o ladera es una masa de tierra que no es plana, sino que posee pendiente o cambios de altura significativos. En la literatura técnica se define como ladera cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y talud cuando se conformó artificialmente. Las laderas que han permanecido estables por muchos años pueden fallar en forma imprevista debido a cambios topográficos, sismicidad, flujos de agua subterránea, cambios en la resistencia del suelo, meteorización o factores de tipo antrópico o natural que modifiquen su estado natural de estabilidad. (Suarez, 2009, p.3)

Los taludes se pueden agrupar en tres categorías generales: Los terraplenes, los cortes de laderas naturales y los muros de contención. Además, se pueden presentar combinaciones de los diversos tipos de taludes y laderas.

Figura 9. Nomenclatura de taludes y ladera.



Fuente: Suarez J. (2009). *Figura 1.3. Nomenclatura de taludes y ladera* (p.3).

Hoyos (2001), indica que el talud es una superficie inclinada en una excavación o en una explanación. Fragmentos de roca y de suelo, de cualquier tamaño y forma (normalmente angulares y gruesoangulares) derivados de acumulados al pie de un escarpe o de una pendiente rocosa empinada sin intervención de agua en el proceso de transporte. También la acumulación de tales fragmentos de roca, considera como una unidad y formados principalmente por la caída, deslizamiento y rodadura de fragmentos de roca.

Partes de un talud

Suarez (2009), señala que existen algunos términos para definir las partes de un talud. El talud comprende una parte alta o superior convexa con una cabeza, cima, cresta o escarpe, donde se presentan procesos de denudación o erosión; una parte intermedia semirecta y una parte baja o inferior cóncava con un pie, pata o base, en la cual ocurren principalmente procesos de depositación (figura 10). En un talud o ladera se definen los siguientes elementos constitutivos:

a) **Pie, pata o base.** El pie corresponde al sitio de cambio brusco de la pendiente en la parte inferior del talud o ladera. La forma del pie de una ladera es generalmente cóncava.

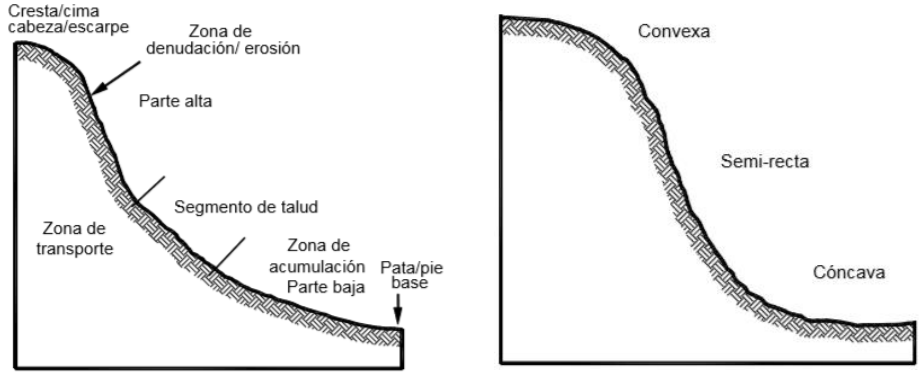
b) **Cabeza, cresta, cima o escarpe.** Cabeza se refiere al sitio de cambio brusco de la pendiente en la parte superior del talud o ladera. Cuando la pendiente de este punto hacia abajo es semi-vertical o de alta pendiente, se le denomina escarpe. Los escarpes pueden coincidir con coronas de deslizamientos. La forma de la cabeza generalmente es convexa.

c) **Altura.** Es la distancia vertical entre el pie y la cabeza, la cual se presenta claramente definida en taludes artificiales, pero es complicada de cuantificar en las laderas debido a que el pie y la cabeza generalmente no son accidentes topográficos bien marcados.

d) **Altura de nivel freático.** Es la distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel de agua (la presión en el agua es igual a la presión atmosférica). La altura del nivel freático se acostumbra medirla debajo de la cabeza del talud.

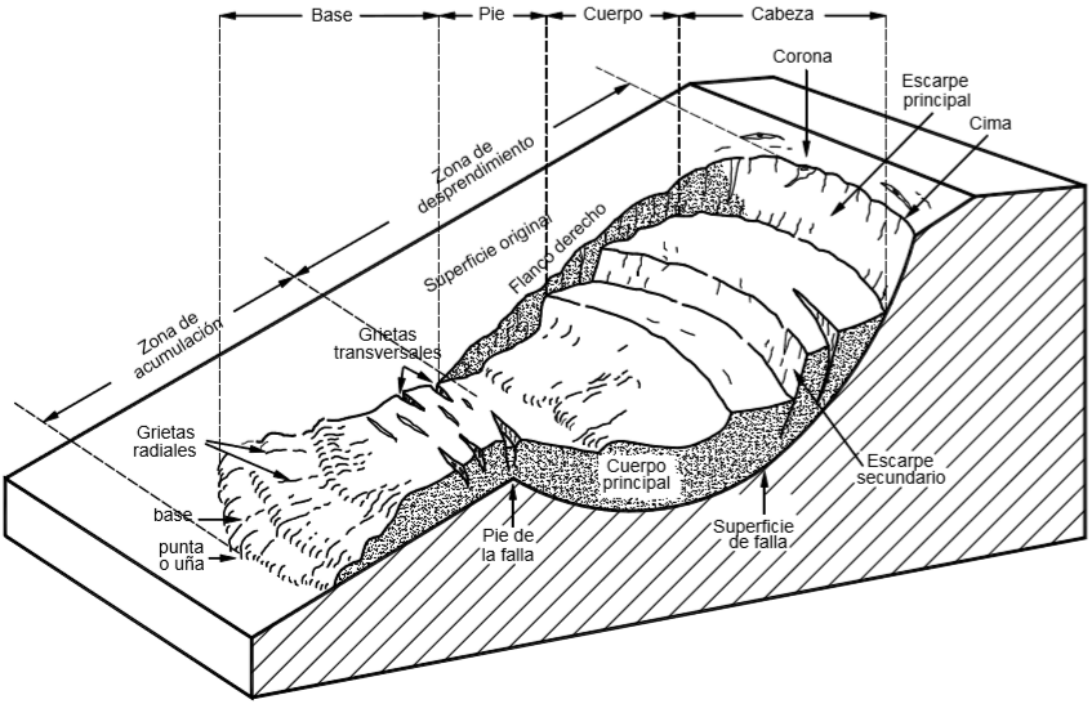
e) **Pendiente.** Es la medida de la inclinación de la superficie del talud o ladera. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación m: 1, en la cual m es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical. Ejemplo: 45° = 100% = 1H:1V. Los suelos o rocas más resistentes generalmente forman laderas de mayor pendiente y los materiales de baja resistencia o blandos, tienden a formar laderas de baja pendiente.

Figura 10. Partes generales de un talud o ladera.



Fuente: Suarez J. (2009). *Figura 1.4. Partes generales de un talud o ladera* (p.3).

Figura 11. Nomenclatura de las diferentes partes que conforman un deslizamiento.



Fuente: Suarez J. (2009). *Figura 1.4. Nomenclatura de las diferentes partes que conforman un deslizamiento* (p.4).

2.2.5. Movimientos en masa

Conceptos

Según el Grupo de Estándares para Movimientos en Masa (GENMA, 2007), refiere que el término movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad. Algunos movimientos en masa, como la reptación de suelos, son lentos, a veces imperceptibles y difusos, en tanto que otros, como algunos deslizamientos pueden desarrollar velocidades altas y pueden definirse con límites claros, determinados por superficies de rotura.

Cruden y Varnes (1996), asignan términos específicos a cada fase de movimiento, sin embargo, dado que la mayoría de los movimientos en masa son más o menos complejos y presentan varias fases, sistemas como éste conducen a nombres largos y complicados.

Tipos de Movimientos en masa

GENMA (2007), refiere que en esta sección se presentan definiciones para las siguientes clases de movimientos en masa: caídas, vuelcos, deslizamientos, flujos, propagaciones laterales, reptaciones; se describe además cierto tipo de deformaciones gravitacionales profundas (tabla 3). Para cada tipo de movimiento en masa se describe el rango de velocidades, parámetro importante ya que ésta se relaciona con la intensidad de aquellos y la amenaza que pueden significar. Se menciona la relación del intervalo de velocidades típicas con la escala de velocidades propuesta por Cruden y Varnes (1996).

Tabla 3. Tipos de movimientos en masa.

Tipo	**Subtipo**
Caídas	Caída de roca (detritos o suelo).
Volcamiento	Volcamiento de roca (bloque) Volcamiento flexural de roca o del macizo rocoso.
Deslizamiento de roca o suelo	Deslizamiento traslacional, desplazamiento en cuña. Deslizamiento rotacional.
Propagación lateral	Propagación lateral lenta. Propagación lateral por licuación (rápida)
Flujo	Flujo de detritos. Crecida de detritos. Flujos de lodo. Flujo de tierra. Flujo de turba. Avalancha de detritos. Avalancha de rocas. Deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuación (de arena, limo, detritos, roca fracturada).
Reptación	Reptación de suelos. Solifluxión, gelifluxión (en permafrost).
Deformaciones gravitacionales profundas	

Fuente: Grupo de Estándares para Movimientos en Masa (GENMA, 2007). *Tabla 1.1. Tipos de movimientos en masa descritos en este capítulo* (p.3).

Tabla 4. Escala de velocidades según Cruden y Varnes (1996).

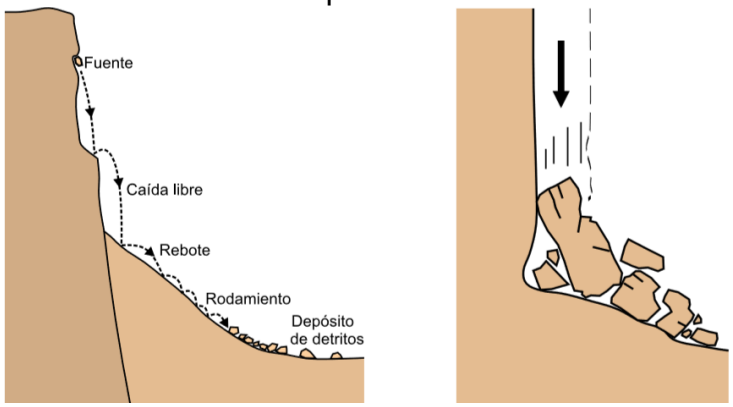
Clases de velocidad	Descripción	Velocidad (mm/s)	Velocidad típica
7	Extremadamente rápido		
		$5 * 10^{3}$	5 m/s
6	Muy rápido		
		$5 * 10^{1}$	3 m/min
5	Rápido		
		$5 * 10^{-1}$	1,8 m/h
4	Moderada		
		$5 * 10^{-3}$	13 m/mes
3	Lenta		
		$5 * 10^{-5}$	1,6 m/año
2	Muy Lenta		
		$5 * 10^{-7}$	16 mm/año
1	Extremadamente Lenta		

Fuente: Grupo de Estándares para Movimientos en Masa (GENMA, 2007). *Tabla 1.2. Escala de velocidades según Cruden y Varnes de 1996* (p.4).

a) Caída (Fall).

GENMA (2007), refiere que la caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo.

Figura 12. (a) Esquema de la caída de rocas **(b)** Corominas y Yagué (1997) denominan a este movimiento “colapso”.

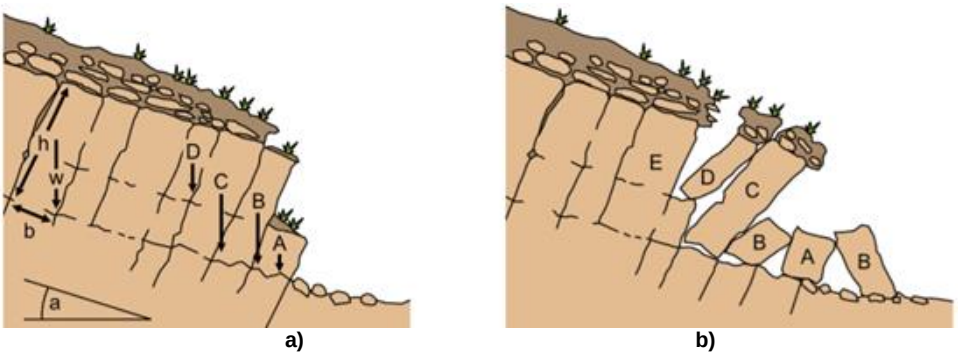


Fuente: Grupo de Estándares para Movimientos en Masa (GENMA, 2007). *Figura 1.2. (a) Esquema de la caída de rocas (b) Corominas y Yagué (1997) denominan a este movimiento “colapso”* (p.6).

b) Volcamiento (toppling).

GENMA (2007), refiere que se denomina así a un tipo de movimiento en masa en el cual hay una rotación generalmente hacia adelante de uno o varios bloques de roca o suelo, alrededor de un punto o pivote de giro en su parte inferior. Este movimiento ocurre por acción de la gravedad, por empujes de las unidades adyacentes o por la presión de fluidos en grietas (Varnes, 1978). El volcamiento puede ser en bloque, flexional (o flexural) y flexional del macizo rocoso como se describe a continuación.

Figura 13. Esquema del vuelco en bloque (De Freitas y Waters, 1973 en Varnes, 1976).



Fuente: Grupo de Estándares para Movimientos en Masa (GENMA, 2007). *Figura 1.3. Esquema del vuelco en bloque (De Freitas y Waters, 1973 en Varnes, 1976)* (p.6).

c) Deslizamiento (Slide).

GENMA (2007), refiere que es un movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante.

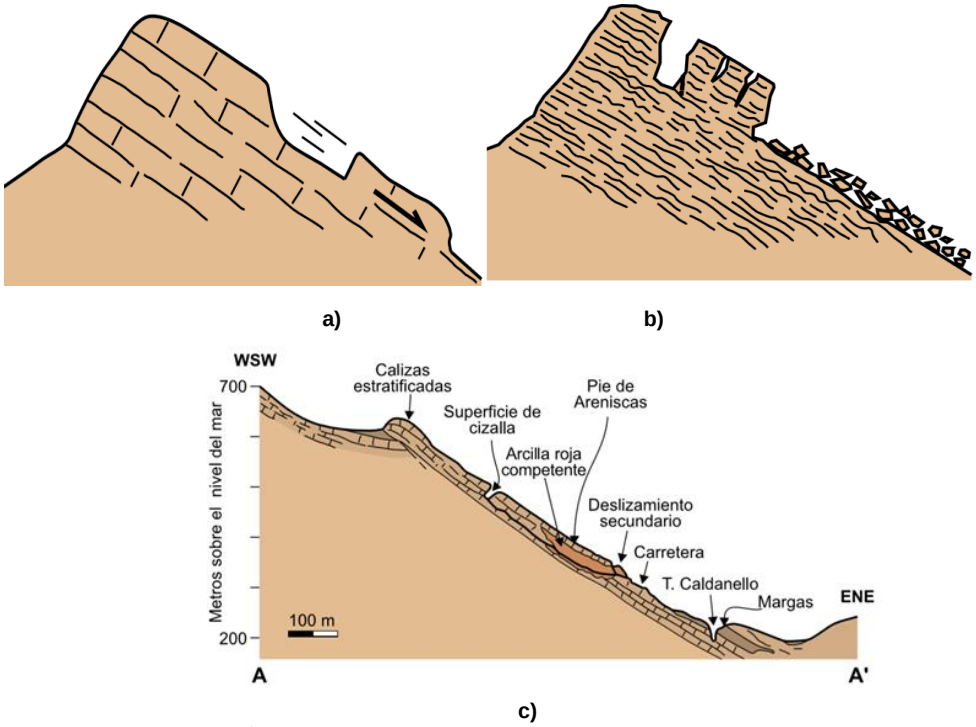
En el sistema de Varnes (1978), se clasifican los deslizamientos, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales.

c.1) Deslizamiento traslacional (translational slide)

GENMA (2007), refiere que es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada. En general, estos movimientos suelen ser más superficiales que los rotacionales y el desplazamiento ocurre con frecuencia a lo largo de discontinuidades como

fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre la roca y el suelo residual o transportado que yace sobre ella. En un macizo rocoso, este mecanismo de falla ocurre cuando una discontinuidad geológica tiene una dirección aproximadamente paralela a la de la cara del talud y buza hacia ésta con un ángulo mayor que el ángulo de fricción (Hoek y Bray, 1981). La velocidad de los movimientos traslacionales puede variar desde rápida a extremadamente rápida.

Figura 14. (a) y (b) Esquema de un deslizamiento traslacional, llamado resbalamiento y corrimiento según Corominas Dulcet y García Yagué (1997) (c) Esquema de deslizamiento traslacional de roca en Cerchiaria di Calabria, sur de Italia (la disgregación del material no puede observarse debido a la escala de la figura). Según Antronico et al., 1993 en Dikau et al., (1996).



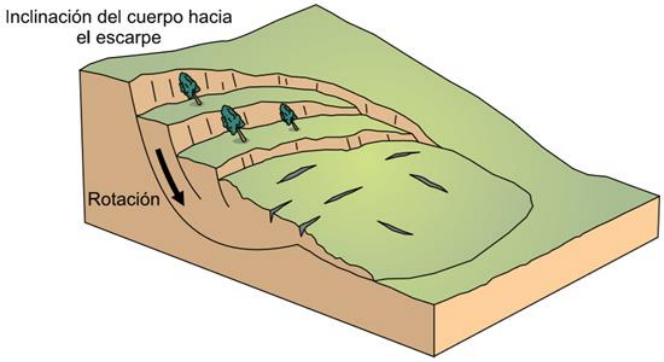
Fuente: Grupo de Estándares para Movimientos en Masa (GENMA, 2007). Figura 1.10 *(a) y (b) Esquema de un deslizamiento traslacional, llamado resbalamiento y corrimiento según Corominas Dulcet y García Yagué (1997) (c) Esquema de deslizamiento traslacional de roca en Cerchiaria di Calabria, sur de Italia (la disgregación del material no puede observarse debido a la escala de la figura). Según Antronico et al., 1993 en Dikau et al., 1996* (p.10).

c.2) Deslizamiento rotacional (rotational slide, slump)

GENMA (2007), refiere que es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los movimientos en masa rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La

deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es auto-estabilizante, y éste ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas.

Figura 15. Esquema de un deslizamiento rotacional mostrando los rasgos morfológicos característicos.

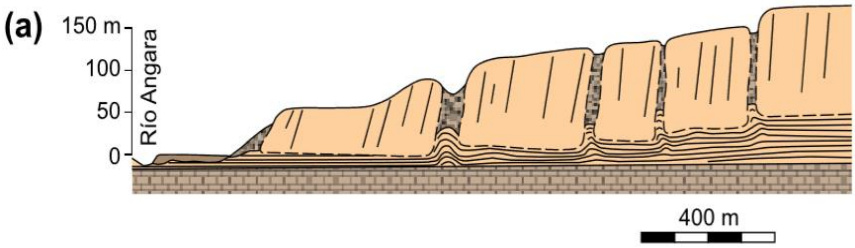


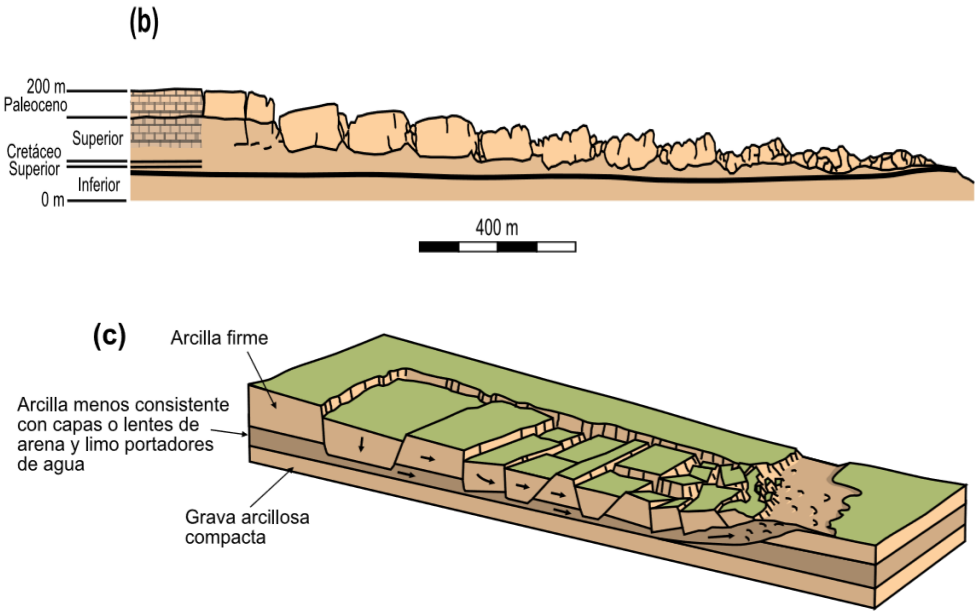
Fuente: Grupo de Estándares para Movimientos en Masa (GENMA, 2007). *Figura 1.18. Esquema de un deslizamiento rotacional mostrando los rasgos morfológicos y característicos* (p.14).

d) Propagación lateral (Lateral Spread)

GENMA (2007), refiere que la propagación o expansión lateral es un tipo de movimiento en masa cuyo desplazamiento ocurre predominantemente por deformación interna (expansión) del material. La mayoría de los deslizamientos y los flujos involucran algún grado de expansión. Las propagaciones laterales pueden considerarse como la etapa final en una serie de movimientos donde la deformación interna predomina decididamente sobre otros mecanismos de desplazamiento como los que imperan en el deslizamiento o el flujo.

Figura 16. Esquema de expansiones laterales, según Varnes (1978).





Fuente: Grupo de Estándares para Movimientos en Masa (GENMA, 2007). Figura 1.21. Esquema de expansiones laterales, según Varnes en 1978 (p.17).

e) Flujo (Flow)

GENMA (2007), refiere que es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída.

2.2.6. Esfuerzo y resistencia al cortante.

Suarez (1998), señala que la modelación o representación matemática del fenómeno de falla al cortante en un deslizamiento se realiza utilizando las teorías de la resistencia de materiales. Las rocas y los suelos al fallar al corte se comportan de acuerdo a las teorías tradicionales de fricción y cohesión, según la ecuación generalizada de Coulomb:

$\tau = c' + (\sigma - \mu) \operatorname{Tan} \varphi'$ (Para suelos saturados)

$\tau = c' + (\sigma - \mu) \operatorname{Tan} \varphi' + (\mu - \mu_a)) \operatorname{Tan} \varphi''$ (para suelos parcialmente saturados)

Donde:

τ = Esfuerzo de resistencia al corte.

c'= Cohesión o cementación efectiva.

σ = Esfuerzo normal total.

μ = Presión del agua intersticial o de poros.
μ_a = Presión del aire intersticial
φ´ = Angulo de fricción interna del material.
φ´´ = Angulo de fricción del material no saturado.

El análisis de la ecuación de Coulomb requiere predefinir los parámetros, ángulo de fricción y cohesión, los cuales se consideran como propiedades intrínsecas del suelo. La presencia del agua reduce el valor de la resistencia del suelo dependiendo de las presiones internas o de poros de acuerdo a la ecuación de Coulomb, en la cual el factor u está restando al valor de la presión normal. La presión resultante se le conoce con el nombre de presión efectiva σ´.

σ´ (Presión efectiva) = σ - μ
φ´ = Angulo de fricción para presiones efectivas.
c´ = Cohesión para presiones efectivas.

a) Angulo de Fricción.

El ángulo de fricción es la representación matemática del coeficiente de rozamiento, el cual es un concepto básico de la física:
Coeficiente de rozamiento = Tan φ

El ángulo de fricción depende de varios factores (Bilz, 1995) entre ellos algunos de los más importantes son:

- Tamaño de los granos.
- Forma de los granos.
- Distribución de los tamaños de granos.
- Densidad.

b) Cohesión.

La cohesión es una medida de la cementación o adherencia entre las partículas de suelo. La cohesión en mecánica de suelos es utilizada para representar la resistencia al cortante producida por la cementación, mientras

que en la física este término se utiliza para representar la tensión. En suelos eminentemente granulares en los cuales no existe ningún tipo de cementante o material que pueda producir adherencia, la cohesión se supone igual a 0 y a estos suelos se les denomina suelos no cohesivos.

b.1) Cohesión aparente.

En los suelos no saturados el agua en los poros produce un fenómeno de adherencia por presión negativa o fuerzas capilares. Esta cohesión aparente desaparece con la saturación.

c) Esfuerzo efectivo.

Una masa de suelo saturada consiste de dos fases distintas: el esqueleto de partículas y los poros entre partículas llenos de agua. Cualquier esfuerzo impuesto sobre el suelo es soportado por el esqueleto de partículas y la presión en el agua. Típicamente, el esqueleto puede transmitir esfuerzos normales y de corte por los puntos de contacto entre partículas y el agua a su vez puede ejercer una presión hidrostática, la cual es igual en todas las direcciones. Los esfuerzos ejercidos por el esqueleto solamente, se conocen como esfuerzos efectivos y los esfuerzos hidrostáticos del agua se les denomina presión de poros.

Desde el punto de vista de la relación esfuerzo – deformación, en estabilidad de taludes se deben tener en cuenta dos tipos de resistencia:

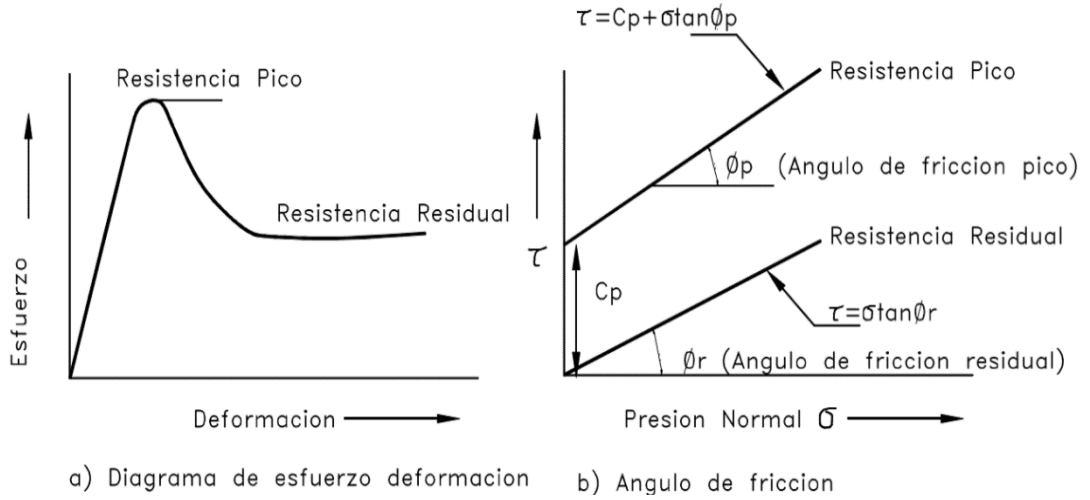
c.1) Resistencia máxima o resistencia pico.

Es la resistencia al corte máximo que posee el material que no ha sido fallado previamente, la cual corresponde al punto más alto en la curva esfuerzo - deformación. La utilización de la resistencia pico en el análisis de estabilidad asume que la resistencia pico se obtiene simultáneamente a lo largo de toda la superficie de falla. Sin embargo, algunos puntos en la superficie de falla han alcanzado deformaciones mayores que otros, en un fenómeno de falla progresiva y asumir que la resistencia pico actúa simultáneamente en toda la superficie de falla puede producir errores en el análisis.

c.2) Resistencia residual.

Es la resistencia al corte que posee el material después de haber ocurrido la falla (figura 17).

Figura 17. Resistencia pico y residual.



Fuente: Suarez J. (1998). *Figura 3.1. Resistencia pico y residual* (p.83).

En arenas, gravas y limos no plásticos que se denominan como suelos granulares, la cohesión es muy baja y puede en muchos casos considerarse de valor cero y el ángulo de fricción depende de la angulosidad y tamaño de las partículas, su constitución, mineralogía y densidad. Generalmente, el ángulo de fricción en suelos granulares varía de 27° a 42°, dependiendo del tipo de ensayo que se realice. Por ejemplo, en un ensayo triaxial drenado el ángulo de fricción es 4° a 5° menor que el medido en un ensayo de Corte Directo. En arcillas normalmente consolidadas y limos arcillosos se puede considerar la fricción igual a cero y la cohesión como el valor total del esfuerzo de resistencia obtenida. En suelos residuales generalmente, predominan las mezclas de partículas granulares y arcillosas y el ángulo de fricción depende de la proporción grava-arena-limo y arcilla y de las características de cada tipo de partícula presente.

d) Parámetros de presión de poros.

El análisis de esfuerzos efectivos requiere del conocimiento de las presiones de poro en el campo. Estas presiones de poro pueden ser estimadas si los cambios de esfuerzo dentro del suelo se pueden determinar.

Para esta estimación se pueden utilizar los parámetros de presión de poros A y B propuestos por Skempton (1954) para calcular las presiones de poro en exceso.

$\Delta u = B[\Delta\sigma 3 + A(\Delta\sigma 1 - \Delta\sigma 3)]$

Donde:

Δu = Exceso de presión de poros

A = Parámetro de presión de poros A

B = Parámetro de presión de poros B

$\Delta\sigma 1$ = Cambio en el esfuerzo principal mayor

$\Delta\sigma 3$ = Cambio en el esfuerzo principal menor.

Los parámetros A y B deben ser determinados de ensayos de laboratorio o seleccionados de la experiencia. Para suelos saturados B se acerca a 1.0 pero su valor disminuye drásticamente con la disminución en el grado de saturación. Los valores del parámetro A dependen de las deformaciones y generalmente, alcanzan valores máximos en el momento de la falla. Suelos normalmente consolidados tienden a generar excesos de presión de poros positivos durante el corte, en contraste los suelos sobre consolidados pueden esperarse que generen presiones en exceso negativas. La tabla 5 muestra valores típicos de parámetro A en el momento de la falla.

Tabla 5. Valores típicos del parámetro A.

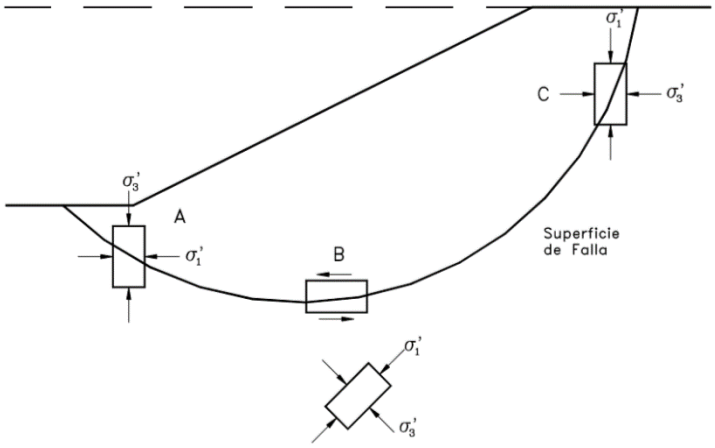
Tipo de Arcilla	Valor del parámetro A de Skempton
Altamente sensitiva	0.75 a 1.5
Normalmente consolidada	0.5 a 1.0
Arcilla arenosa compactada	0.25 a 0.75
Arcilla ligeramente sobreconsolidada	0.0 a 0.5
Arcillas gravosas compactadas	-0.25 a +0.25
Arcillas muy sobreconsolidadas	-0.5 a 0.0

Fuente: Suarez J. (1998). *Tabla 3.1. Valores típicos del parámetro A* (p.84).

El valor de A está muy influenciado por el nivel al cual el suelo ha sido previamente deformado, el esfuerzo inicial del suelo, la historia de esfuerzos

y la trayectoria de esfuerzos, tales como carga y descarga (Lambe y Whitman, 1969).

Figura 18. Dirección de esfuerzos principales en la falla de un talud.



Fuente: Suarez J. (1998). *Figura 3.2. Dirección de esfuerzos principales en la falla de un talud* (p.84).

2.2.7. Círculo de Mohr.

Suarez (1998), indica que en un análisis en dos dimensiones, los esfuerzos en un punto pueden ser representados por un elemento infinitamente pequeño sometido a los esfuerzos σx, σy, y τ_{xy}. Si estos esfuerzos se dibujan en unas coordenadas τ - σ, se puede trazar el círculo de esfuerzos de Mohr. En este círculo se definen los valores de σ máximo (σ_1) y σ mínimo (σ_3), conocidos como esfuerzos principales. Para interpretar correctamente el fenómeno de falla al cortante en un talud debe tenerse en cuenta cuál es la dirección de los esfuerzos principales en cada sitio de la superficie de falla (figura 20).

a) Envolvente de Falla.

El círculo de Mohr se utiliza para representar o describir la resistencia al cortante de los suelos, utilizando la envolvente de falla Mohr – Coulomb, lo cual equivale a que una combinación crítica de esfuerzos se ha alcanzado. Los esfuerzos por encima de la envolvente de falla no pueden existir. La envolvente de falla Mohr - Coulomb es generalmente una línea curva que puede representarse en la forma:

$s = A(\sigma')\ b$

Donde:

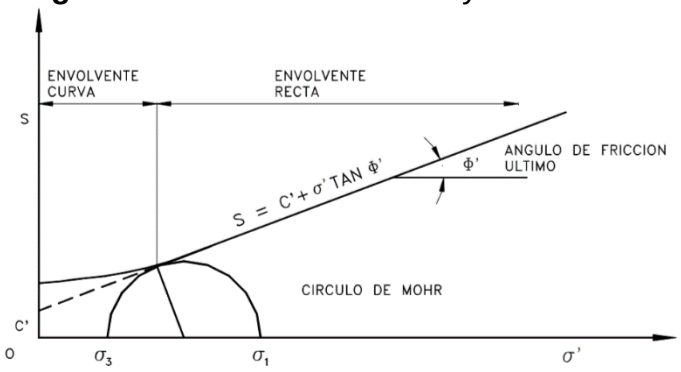
s = Resistencia al cortante

σ´ = Esfuerzo normal efectivo

a y b = Constantes

En la práctica normal de Ingeniería, generalmente, esta curva se define como una recta aproximada dentro de un rango seleccionado de esfuerzos, en el cual $s = c' + \sigma' \tan \varphi'$

Figura 19. Envolvente de falla y círculo de Mohr.



Fuente: Suarez J. (1998). *Figura 3.3. Envolvente de falla y círculo de Mohr* (p.85).

Donde:

c´ = Intercepto del eje de resistencia (cohesión) y

φ´ = Pendiente de la envolvente (ángulo de fricción).

En la mayoría de los suelos, la envolvente de falla para niveles de esfuerzos pequeños no es recta sino curva y el error de asumirla como recta puede modificar sustancialmente los resultados de un análisis. En la realidad, no existe un ángulo de fricción para esfuerzos normales bajos y es preferible utilizar todos los valores de la envolvente. Sin embargo, los ensayos normales de resistencia al cortante no se realizan con suficientes puntos para determinar las características de la curva en el rango de esfuerzos bajos. Hawkins (1996) indica que es recomendable presentar los ángulos de fricción como una función de las presiones normales. φ´ = f(σ´) y φ´(ultimo) = pendiente de la parte recta de la envolvente.

2.2.8. Ensayos de Laboratorio.

Suarez (1998), indica que para obtener los parámetros de resistencia al cortante se pueden realizar ensayos de resistencia de laboratorio o de campo o se pueden utilizar correlaciones empíricas a partir de ensayos indirectos u otras propiedades de los suelos. Los ensayos de laboratorio más comunes son los ensayos de compresión triaxial y de corte directo.

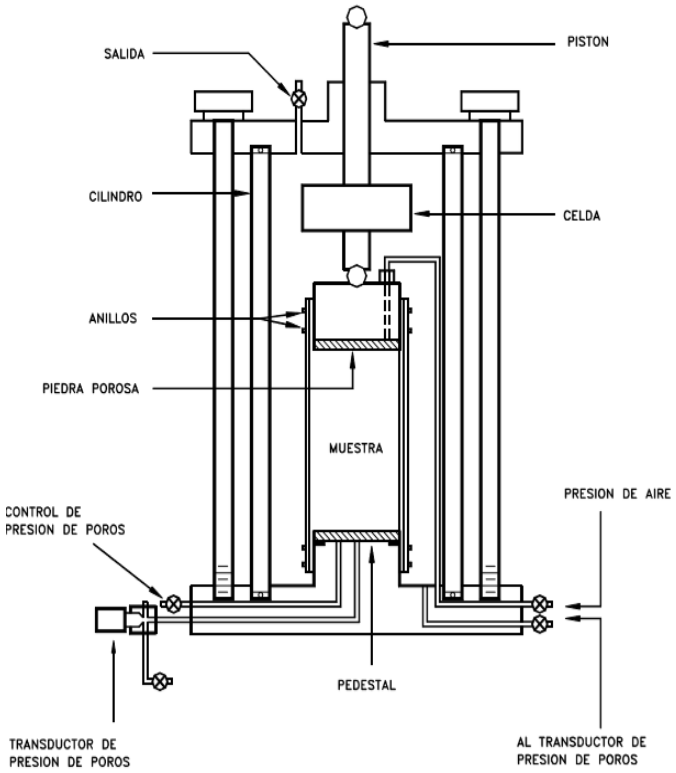
a) Ensayo triaxial.

El equipo de ensayo triaxial es muy versátil y permite realizar ensayos en una variedad de procedimientos para determinar la resistencia al cortante, la rigidez y características de deformación de las muestras. Adicionalmente, el ensayo puede realizarse para medir características de consolidación y permeabilidad. Se ensayan muestras cilíndricas dentro de una membrana delgada de caucho, colocándolas dentro de una celda triaxial con dos tapas rígidas y pistones arriba y debajo de la muestra.

La celda se llena de un fluido especial, se aplica una presión determinada sobre el fluido (σ_3), la cual se transmite por éste a la muestra. Los esfuerzos de cortante se aplican mediante fuerzas de compresión verticales accionadas por los pistones (figura 20). La presión de poros dentro de la muestra puede medirse a través de un pequeño tubo o bureta en contacto con la muestra. Para cada presión de confinamiento se obtiene el esfuerzo desviador ($\Delta\sigma$) que se requiere para hacer fallar la muestra.

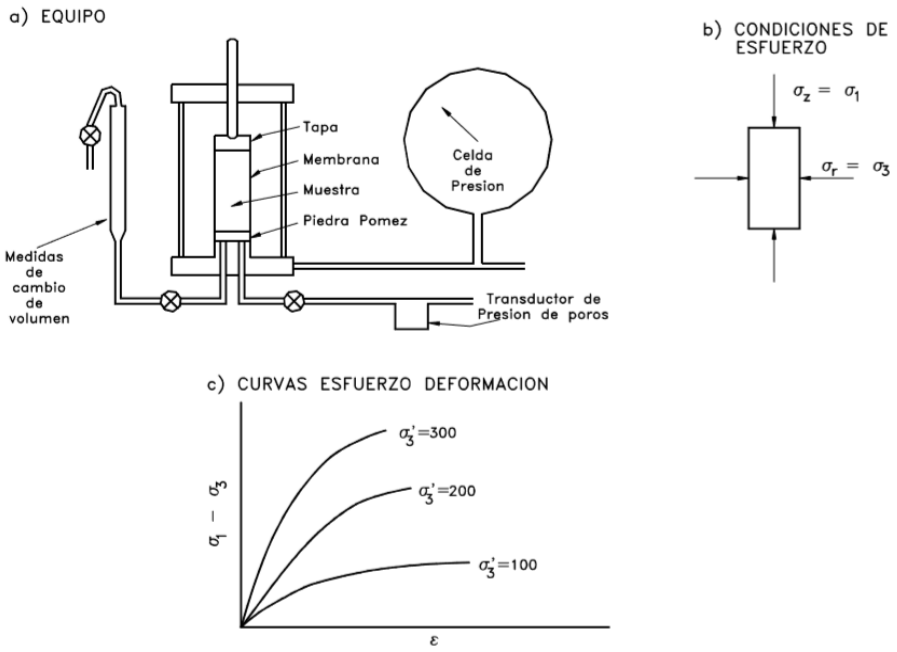
El drenaje de la muestra se realiza a través de las piedras porosas y el cambio de volumen de agua puede medirse. Alternativamente, si no se permite drenaje, se puede medir la presión de poros. Realizando varias pruebas se puede obtener la envolvente de Mohr para un suelo determinado. El comportamiento Esfuerzo–deformación es determinado por la presión de confinamiento, la historia de esfuerzos y otros factores. El ensayo también puede realizarse incrementando los esfuerzos radiales mientras se mantiene constante la fuerza axial (figura 21 y 22).

Figura 20. Detalle de la celda para el ensayo triaxial.



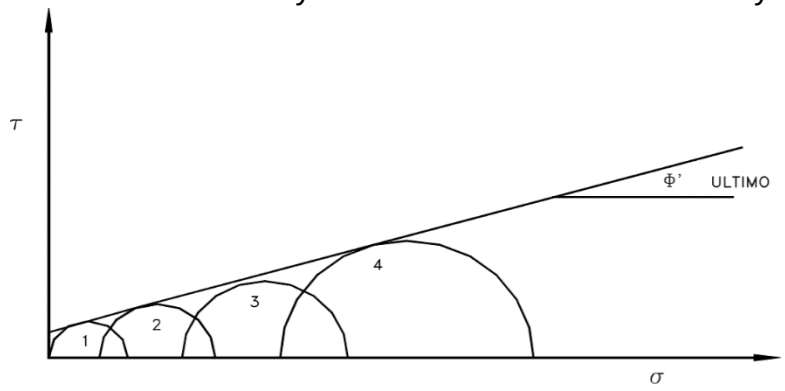
Fuente: Suarez J. (1998). *Figura 3.6. Detalle de la celda para el ensayo triaxial* (p.90).

Figura 21. Diagrama del ensayo triaxial.



Fuente: Suarez J. (1998). *Figura 3.7. Diagrama del ensayo triaxial* (p.91).

Figura 22. Círculo de Mohr y envolvente de falla de un ensayo triaxial.



Fuente: Suarez J. (1998). *Figura 3.8. Círculo de Mohr y envolvente de falla de un ensayo triaxial* (p.91).

a.1. Tipos de ensayo triaxial.

Existen tres formas de realizar el ensayo triaxial así:

a.1.1 Ensayo consolidado drenado (CD).

El ensayo se realiza lentamente para permitir el drenaje del agua dentro de la muestra e impedir que se puedan generar presiones de poros. Los ensayos drenados son generalmente, preferidos para ensayos rutinarios (Geotechnical Engineering Office, 1979), debido a la facilidad de su ejecución y son los más utilizados para el análisis de laderas y taludes.

La velocidad de ensayo debe ser tal, que las fluctuaciones en la presión de poros sean despreciables y en cualquier caso no superiores al 5% de la presión efectiva de confinamiento.

a.1.2. Ensayo consolidado no drenado, con medición de presión de poros (CU).

Se permite el drenaje durante la aplicación del esfuerzo de confinamiento colocándolo lentamente, pero se impide durante la aplicación del esfuerzo desviador. Los ensayos no drenados deben realizarse a una rata que no exceda una deformación unitaria del 2% por hora, con el objeto de lograr una ecualización completa de la presión de poros a través de la muestra. Se le emplea para simular el caso de desembalse rápido de una represa o la colocación rápida de un terraplén sobre un talud.

a.1.3. Ensayo no consolidado – no drenado o ensayo rápido (UU).

No se permite el drenaje durante la aplicación de la presión de confinamiento y el esfuerzo desviador. Este ensayo se le utiliza para modelar, el caso de un terraplén o una carga colocada muy rápidamente sobre un manto de arcilla saturada, de muy baja permeabilidad.

De acuerdo al tipo de ensayo se obtiene un valor diferente de ángulo de fricción. En general, el ensayo consolidado drenado presenta ángulos de fricción mayores, mientras el ensayo no consolidado - no drenado da los valores mínimos de φ. (Winterkorn y Fang – 1991). En la interpretación de resultados de ensayos triaxiales debe tenerse en cuenta las siguientes fuentes de error:

- Las muestras tienden a deformarse como un barril, lo cual conduce a sobreestimación de la resistencia al cortante.
- En el proceso de saturación, la muestra tiende a alterarse por cambio de volumen, lo cual puede determinar una pérdida de resistencia.

a.2. Variables del ensayo triaxial

Los resultados que pueden ser obtenidos del ensayo triaxial dependen del tipo de ensayo y del equipo disponible y se pueden obtener los siguientes resultados:

- La envolvente de falla con el ángulo de fricción y la cohesión pico.
- La respuesta de presión de poros al corte (ensayos no drenado).
- La respuesta de cambio de volumen al corte (ensayo drenado).
- Módulos tangente y secante inicial o los correspondientes de descarga y recarga.
- Las características de consolidación.
- La permeabilidad a diferentes presiones de confinamiento.

a.3. Tamaño de la muestra

Para ensayar suelos residuales, el diámetro de la muestra no debe ser menor de 76 mm., debido a que diámetros menores no se consideran representativos para tener en cuenta los efectos de escala, relacionados con las fisuras y juntas en el suelo. Adicionalmente, el diámetro no debe ser menor de 8 veces el tamaño máximo de la partícula. La relación largo – diámetro no debe ser menor de 2:1.

a.4. Consolidación antes del corte

La muestra es consolidada o no consolidada, de acuerdo al tipo de ensayo que se realice. En suelos saturados (arcillas y limos) para una serie de ensayos a la misma profundidad, la resistencia a la compresión para ensayos no consolidados no drenados se encontró que es independiente de la presión de la celda, con excepción de las arcillas fisuradas.

a.5. Algunas causas de error en el ensayo triaxial

Fell (1987) indica una serie de errores comunes que se cometen en el manejo del ensayo triaxial:

- Ensayo a un nivel muy alto de esfuerzos.

  La envolvente del círculo de Mohr tiene una forma curva y si se trabaja con niveles altos de esfuerzos se puede sobreestimar la resistencia para el caso real de esfuerzos menores; por ejemplo, para esfuerzos de confinamiento entre 100 y 400 kPa, las resistencias se pueden sobreestimar hasta en un 300 %. Por lo tanto, es importante que el ensayo triaxial se realice al nivel de esfuerzos de confinamiento reales en el talud analizado.

- Saturación incompleta.

  Comúnmente, las muestras inalteradas no son ensayadas con saturación total debido a que por gravedad es difícil obtener la saturación. El resultado es un aumento en el valor de la resistencia de laboratorio, comparativamente con la resistencia real en campo, para el caso saturado.

- Ensayo a una rata muy alta de deformación
  Las ratas altas de deformación no permiten disipar la presión de poros en el ensayo consolidado drenado.

b) Ensayo de corte directo.

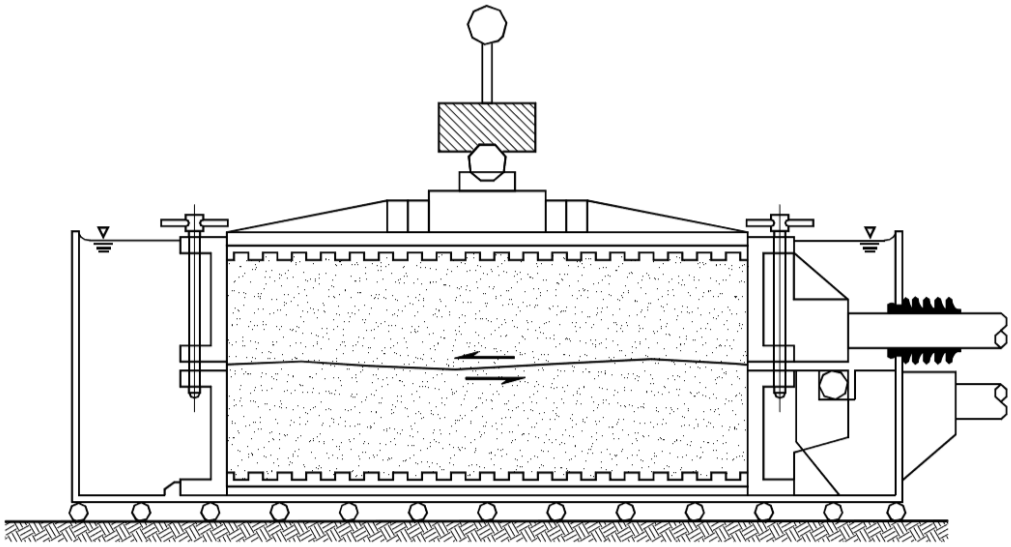
El ensayo más común para obtener la resistencia de los suelos en los estudios de deslizamientos es el ensayo de corte directo, el cual es simple y económico de realizar, pero presenta los inconvenientes del poco control que se tiene sobre las condiciones de drenaje, la dificultad para medir presiones de poro y algunos problemas inherentes a los mecanismos de las máquinas que realizan los ensayos.

Las ventajas de los ensayos de corte directo son su facilidad de ejecución, la cual permite la realización de una cantidad grande de pruebas en poco tiempo y la posibilidad de realizar ensayos sobre superficies de discontinuidad.

En este ensayo la resistencia al cortante puede medirse en un plano predeterminado, cortando la muestra con una determinada orientación. La superficie de falla es predefinida y no depende de las propiedades del suelo, y por esta razón los valores de resistencia obtenidos tienden a ser mayores que en los ensayos triaxiales.

La muestra se coloca en una caja compuesta por dos anillos (figura 23), uno superior y otro inferior, los cuales pueden desplazarse horizontalmente el uno con respecto al otro al aplicarse una fuerza de cortante. Las muestras no pueden saturarse completamente pero un grado de saturación relativamente alto se puede obtener sumergiendo la muestra en agua por un periodo largo de tiempo, antes del ensayo. Sin embargo, debe tenerse mucho cuidado con los efectos de saturación sobre algunos materiales, especialmente los suelos expansivos.

Figura 23. Detalle de la caja para ensayo de corte directo.



Fuente: Suarez J. (1998). *Figura 3.9. Detalle de la caja para ensayo de corte directo* (p.93).

b.1) Ensayos con deformación controlada o con esfuerzo controlado

El esfuerzo de corte puede ser aplicado incrementando los esfuerzos en forma gradual y midiendo la deformación producida (esfuerzo controlado) o moviendo las partes del equipo a un desplazamiento dado y midiendo el esfuerzo resultante (deformación controlada). Los ensayos de Esfuerzo controlado no son comunes; sin embargo, son convenientes en el caso de que se requiera una rata de desplazamiento muy baja y cuando se desea conocer el comportamiento de los suelos a la reptación. Este tipo de ensayo no puede determinar el esfuerzo pico y la resistencia residual en forma precisa. El ensayo de deformación controlada es más fácil de efectuar y permite obtener la resistencia última y la resistencia residual.

b.2) Rata de Corte

La rata de corte depende de las condiciones de drenaje a las cuales se requiere realizar el ensayo y por lo tanto a la permeabilidad de la muestra.

La naturaleza del ensayo de corte directo generalmente, no permite obtener una condición completamente drenada o completamente no drenada en un ensayo a una rata constante de corte. Sin embargo, en la práctica es posible seleccionar una rata de deformación tal, que la desviación con las

condiciones reales no es significativa. Head (1982) recomienda un tiempo de falla para un ensayo de Corte drenado:

$t_f = 12.7\ t_{100}$

Donde t_{100} es el tiempo correspondiente al 100% de la consolidación primaria.

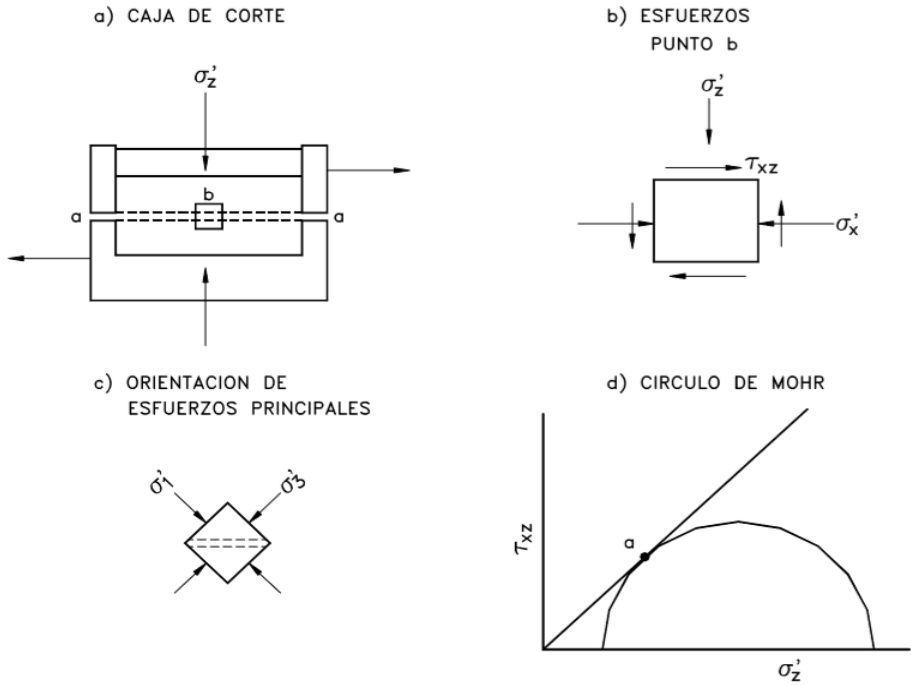
La Normas ASTM D 3080 recomienda

$t_f = 50\ t_{50}$

Donde t_{50} corresponde al 50% de la consolidación primaria.

Una vez determinado el t_f, la rata de corte puede ser estimada conociendo aproximadamente el desplazamiento horizontal para la resistencia pico. Para suelos residuales de granito Cheung (1988) encontró que no había diferencias en los parámetros de resistencia obtenidos para ratas de deformación entre 0.007 y 0.6 mm por minuto. Una velocidad máxima de 0.08 mm/minuto se considera apropiada para ensayos drenados de suelos residuales.

Figura 24. Diagrama del ensayo de corte directo.



Fuente: Suarez J. (1998). *Figura 3.11. Diagrama del ensayo de Corte Directo* (p.95).

b.3) Cargas normales

Las cargas normales que se deben utilizar en el ensayo deben incluir los esfuerzos máximos que se suponen ocurren en el terreno. Al menos, deben realizarse ensayos con cuatro cargas diferentes para definir una envolvente de falla.

En suelos no cohesivos la envolvente de falla generalmente, pasa por el origen, pero con suelos relativamente cementados debe haber un intercepto de cohesión. Si esta componente cohesiva es de importancia en la aplicación de ingeniería a analizar, debe realizarse ensayos con cargas normales muy pequeñas sobre muestras inalteradas, manejadas con mucho cuidado para evitar alteraciones.

b.4) Densidad de la muestra

Cuando se realicen ensayos para analizar taludes de rellenos compactados, se debe definir lo más preciso posible la densidad a la cual se debe ensayar la muestra, de acuerdo a la densidad del relleno.

b.5) Tamaño de la muestra

Las cajas para corte son comúnmente cuadradas pero las hay también circulares. En las cajas cuadradas es más fácil tener en cuenta la reducción de área durante el ensayo. Las dimensiones típicas para la caja cuadrada son 60 mm o 100 mm y en algunos casos hasta 300 mm o más. En las cajas circulares los tamaños comunes son 50 y 75 mm. El tamaño máximo de la partícula de suelo determina el espesor de la muestra (Cheung, 1988). De acuerdo a la Norma ASTM D3080 se deben tener en cuenta las siguientes indicaciones:

a. El espesor de la muestra debe ser al menos seis veces el tamaño máximo de los granos de suelo y no menos de 12.5 mm.

b. El diámetro de la muestra (o ancho) debe ser al menos dos veces el espesor. La especificación China para ensayos geotécnicos

recomienda un espesor de 4 a 8 veces el tamaño de grano y un diámetro 8 a 12 veces el tamaño máximo de grano.

2.2.7. Factor de seguridad.

Conceptos

Suarez (1998), indica que el factor de seguridad es empleado por los ingenieros para conocer cuál es el factor de amenaza de que el talud falle en las peores condiciones de comportamiento para el cual se diseña. Fellenius (1927), presentó el factor de seguridad como la relación entre la resistencia al corte real, calculada del material en el talud y los esfuerzos de corte críticos que tratan de producir la falla, a lo largo de una superficie supuesta de posible falla:

$$FS = \frac{Resistencia\ al\ corte}{Esfuerzo\ al\ cortante}$$

En superficies circulares donde existe un centro de giro y momentos resistentes y actuantes:

$$FS = \frac{Momento\ resistente}{Momento\ actuante}$$

Existen, además, otros sistemas de plantear el factor de seguridad, tales como la relación de altura crítica y altura real del talud y método probabilístico. La mayoría de los sistemas de análisis asumen un criterio de "equilibrio límite" donde el criterio de falla de Coulomb es satisfecho a lo largo de una determinada superficie.

Das (2001), señala que la tarea del ingeniero encargado de analizar la estabilidad de un talud es determinar el factor de seguridad. En general el factor de seguridad se define como:

$$FS_s = \frac{\tau_f}{\tau_d} \quad \text{..... (1)}$$

Donde: FS_S = Factor de Seguridad con respecto a la resistencia.

τ_f = Resistencia cortante promedio del suelo.

τ_d = Esfuerzo cortante promedio desarrollado a lo largo de la superficie potencial de falla.

La resistencia cortante de un suelo consta de dos componentes, la cohesión y la fricción, y se expresa como:

$$\tau_f = c + \sigma' \times \tan\phi \quad \text{..... (2)}$$

Donde: c = Cohesión.

Φ = Resistencia cortante promedio del suelo.

σ´ = Esfuerzo cortante promedio desarrollado.

De manera similar:

$$\tau_d = C_d + \sigma' \times \tan\phi_d \quad \text{..... (3)}$$

Donde C_d y ϕ_d son, respectivamente, la cohesión efectiva y el ángulo de fricción que se desarrolla a lo largo de la superficie potencial de falla. Sustituyendo las ecuaciones (2) y (3) en la ecuación (1), se obtiene.

$$FS_s = \frac{c + \sigma' \times \tan\phi}{c_d + \sigma' \times \tan\phi_d} \quad \text{..... (4)}$$

Se puede introducir algunos otros aspectos del factor de seguridad, es decir, el factor de seguridad con respecto a la cohesión FS_c y el factor de seguridad con respecto a la fricción FS_ϕ y se define como sigue:

$$FS_C = \frac{C}{C_d} \quad \text{..... (5)} \qquad \text{y} \qquad FS_\phi = \frac{\tan\phi}{\tan\phi_d} \quad \text{..... (6)}$$

Cuando se comparan las ecuaciones (4), (5) y (6), se aprecia que cuando FSC se vuelve igual a FS_f, ese es el factor de seguridad con respecto a la resistencia. O si:

$$\frac{C}{C_d} = \frac{\tan\phi}{\tan\phi_d}$$

Se puede escribir así:

$$\mathbf{FS_s = FS_c = FS_\phi}$$

Cuando FS es igual a 1,00, el talud está en un estado de falla incipiente. Generalmente un valor de 1,40 como factor de seguridad con respecto a la resistencia es aceptable para el diseño de un talud estable. (Das, 2001, p.341)

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.

Abanico aluvial. Depósito formado por una corriente de agua en la zona donde dicha corriente pasa de un valle estrecho a una llanura o a un valle amplio, y cuya forma semeja a un abanico abierto, o a un segmento circular. Los suelos de los depósitos aluviales están formados típicamente por una mezcla desordenada de arenas, gravas, cantos y bloques de roca. (Hoyos, 2001, p.5)

Abanico coluvial. Depósito formado por la acumulación de sedimentos transportados por el agua de escorrentía, en un área horizontal o de muy baja pendiente, en donde termina una vaguada. Su forma en planta semeja un abanico abierto o un segmento circular. Los suelos de los abanicos coluviales están formados típicamente por arenas mal gradadas y gravas. (Hoyos, 2001, p.5)

Absorción. Proceso en el que un líquido penetra y llena los intersticios de un material sólido poroso. Asimilación de fluidos en los poros de los suelos y rocas. (Hoyos, 2001, p.6)

Acción capilar. Movimiento del agua en los intersticios de un suelo o una roca por efecto de la tensión superficial. (Hoyos, 2001, p.6)

Afloramiento. Exposición de una roca o suelo en superficie; este término se usa también para designar los manantiales. (Hoyos, 2001, p.8)

Aluvión. Suelo cuyos componentes fueron transportados en suspensión por una corriente de agua y posteriormente depositados por sedimentación. Cf. Coluvión. (Hoyos, 2001, p.12)

Análisis granulométrico. Determinación de las cantidades relativas de partículas en un material granular que se encuentran dentro de rangos definidos de diámetro, mediante su separación sobre tamices de distintos tamaños de abertura, o por otros procesos adecuados para el efecto como la

sedimentación o el examen por medios ópticos. (Normas ASTM D422 y D1140). (Hoyos, 2001, p.13)

Arcillas. Silicatos hidratados finamente cristalinos, que se forman como resultado como resultado del intemperismo de los silicatos minerales tales como los feldespatos, piroxeno y la anfibolita. Las arcillas más comunes pertenecen a los grupos de la caolinita, montmorillonita e illita. (Rivera, 2011, p.516)

Arena. Es un sedimento formado por partículas clásticas inconsolidadas del tamaño comprendido entre 0.02mm y 2mm, compuesto comúnmente, pero no siempre del mismo mineral, cuarzo y/o feldespatos. (Rivera, 2011, p.517)

Brecha de falla. Material fragmentado formando entre los dos bloques de falla. (Rivera, 2011, p.518)

Buzamiento. Término usado en geología para indicar el ángulo de inclinación de las rocas estratificadas o estructuras geológicas. Es el ángulo de inclinación o ángulo diedro comprendido entre el plano de la roca o estructura y el plano horizontal. El buzamiento es la línea de máxima pendiente de un estrato. La dirección del buzamiento siempre es perpendicular al rumbo. (Rivera, 2011, p.518)

Calicata. Término genérico para designar un sondeo o excavación exploratoria, normal-mente de poca profundidad. (Hoyos, 2001, p.28)

Coluvión. Termino genérico aplicado a cualquier masa de suelo depositada por la escorrentía, que generalmente se encuentra en la base de las colinas o de las laderas de pendiente moderada. Los coluviones o depósitos coluviales están formados típicamente por arenas mal gradadas y gravas. En sentido lato ha sido utilizado este término para designar en forma genérica los depósitos de ladera o depósitos gravitacionales. Cf. Aluvión, depósitos de ladera, depósitos de talud. (Hoyos, 2001, p.44)

Criterio de falla. Relación de esfuerzo/deformación, derivada teórica o empíricamente, que caracteriza la ocurrencia de la ruptura de un material. Especificación de las condiciones mecánicas bajo las cuales los materiales sólidos, se rompen o fallan por fracturamiento o por una deformación que excede un límite especificado. Esta especificación puede estar dada en términos de esfuerzos, deformaciones, velocidad de cambio de esfuerzos, velocidad de cambio de las deformaciones, o cualquier combinación de estas cantidades en los materiales. (Hoyos, 2001, p.49)

Depósito aluvial. Acumulación de material transportado y depositado por una corriente de agua. Acumulación de grava, arena, y limo transportado y sedimentado por una corriente de agua. (Hoyos, 2001, p.58)

Depósito coluvial. Acumulación de material transportado y depositado por el agua de escorrentía. Normalmente estos depósitos están formados por arenas y gravas y se encuentran en las laderas y en las vaguadas de las corrientes efímeras. (Hoyos, 2001, p.59)

Depósito de talud. Acumulación de fragmentos de roca y de suelo, de cualquier tamaño y forma (normalmente angulares y grueso granulares) desprendidos de un escarpe o de una pendiente rocosa muy empinada sin intervención de agua en el proceso de transporte. (Hoyos, 2001, p.60)

Deslizamientos. Aplicados a los suelos y material superficial, se refiere al movimiento lento hacia debajo de tipo plástico por pérdida de la estabilidad, por saturación de agua, presencia de material arcilloso y otras causas. (Rivera, 2011, p.521)

Discontinuidad. Separación entre dos partes de una masa de material. Las discontinuidades en masas de suelo y roca incluyen fallas, diaclasas, planos de estratificación, planos de foliación, fracturas y grietas y el material de relleno. (Hoyos, 2001, p.68)

Erosión. Es un proceso geológico destructivo que tiende a nivelar la superficie de la corteza terrestre. La erosión implica los siguientes procesos: fracturamiento, fisuramiento, alteración, física y/o química, arranque y transporte de los materiales, por agentes geológicos como el agua, viento, el hielo, olas, etc. Erosión es sinónimo de degradación, gliptogénesis. (Rivera, 2011, p.522)

Escorrentía superficial. Agua de escorrentía que fluye sobre la superficie del terreno hasta la corriente superficial más cercana; agua de escorrentía en una cuenca que no ha pasado por debajo de la superficie del terreno desde su precipitación. No debe confundirse con escorrentía directa. (Hoyos, 2001, p.82)

Estabilización de suelos. Tratamiento químico, físico o mecánico diseñado para mantener o aumentar la estabilidad de una masa de suelo o para mejorar de alguna manera sus propiedades geotécnicas, como aumentar su resistencia al corte, disminuir su compresibilidad, reducir su capacidad de absorber agua o controlar su potencial de expansión. Los métodos de estabilización incluyen el drenaje, la compactación mecánica, o el tratamiento con cemento, productos químicos, cenizas volantes, asfalto, etc. (Hoyos, 2001, p.86)

Estratigrafía. Es la ciencia que estudia la secuencia o sucesión de las capas o estratos que se han formado a través del tiempo geológico. La estratigrafía es la historia física de la Tierra narrada a través del examen de los terrenos sedimentarios y de los fósiles que pueden contener. (Rivera, 2011, p.522)

Estudio de Mecánica de Suelos (EMS). Conjunto de exploraciones e investigaciones de campo, ensayos de laboratorio y análisis de gabinete que tienen por objeto estudiar el comportamiento de los suelos y sus respuestas ante las solicitaciones estáticas y dinámicas de una edificación. Que debe ser obligatoriamente considerado en el diseño: estructural y del sostenimiento de las excavaciones y durante la construcción del proyecto. (Reglamento Nacional de Edificaciones [RNE], 2018, p.25)

Factor de seguridad. 1. Relación numérica entre: a) la resistencia última de un material, b) el esfuerzo admisible o de trabajo. 2. Relación numérica entre a) la capacidad teórica de soporte, b) la capacidad admisible de soporte, o, alternativamente, el esfuerzo de contacto. 3. En estabilidad de laderas, relación numérica entre: a) las fuerzas o momentos resistentes, y b) las fuerzas o momentos en una masa de suelo. (Hoyos, 2001, p.91-92)

Falla. Es una fractura con un desplazamiento de un bloque rocoso con respecto a otro, colindante a éste o de ambos bloques, a través de un plano denominado plano de falla. Es el producto de esfuerzos tectónicos. (Rivera, 2011, p.523)

Geodinámica Externa. Conjunto de fenómenos geológicos de carácter dinámico, que pueden actuar sobre el terreno materia del Estudio de Mecánica de Suelos, tales como: erupciones volcánicas, inundaciones, huaycos, avalanchas, tsunamis, activación de fallas geológicas. (RNE, 2018, p.25)

Modelo matemático. Representación de un sistema físico mediante expresiones matemáticas a partir de las cuales puede deducirse el comportamiento del sistema con una exactitud conocida. (Hoyos, 2001, p.127)

Movimiento de masa. Término genérico para designar todos los procesos en los que los suelos y las rocas fallan y son transportados en masa, pendiente abajo por efecto de la atracción gravitacional. (Hoyos, 2001, p.131)

Nivel freático. Nivel superior del agua subterránea en el momento de la exploración. El nivel se puede dar respecto a la superficie del terreno o a una cota de referencia. (RNE, 2018, p.26)

Perfil geológico. Corte transversal de un terreno en el cual se observan las estructuras geológicas y la litología. Es de mucha importancia para la interpretación en los levantamientos geológicos. (Rivera, 2011, p.528)

Placa tectónica. Son bloques entre los cuales está dividido el globo terrestre, unos de mayores dimensiones que otros y que se hallan sujetos a movimientos de acercamiento y alejamiento. Se encuentran separados y/o unidos por límites de tres clases: elevaciones montañosas, fosas y fallas de transformación. (Rivera, 2011, p.528)

Poro. Espacio entre las partículas sólidas de los materiales. (Hoyos, 2001, p.161)

Porosidad, n. Relación, normalmente expresada como un porcentaje, entre: a) el volumen de espacios vacíos de un suelo, y b) el volumen total. (Hoyos, 2001, p.161)

Presión de poros, u (FL^{-2}). Expresión utilizada comúnmente para referirse a la presión intersticial o presión del agua en los poros del suelo. Estrictamente debe llamarse presión en los poros. (Hoyos, 2001, p.163)

Suelo colapsable. Suelos que al ser humedecidos sufren un asentamiento o colapso relativamente rápido, que pone en peligro a las estructuras cimentadas sobre ellos. (RNE, 2018, p.26)

Suelos expansivos. Suelos que al ser humedecidos sufren una expansión que pone en peligro a las estructuras cimentadas sobre ellos. (RNE, 2018, p.26)

Suelo orgánico. Suelo de color oscuro que presenta una variación mayor al 25% entre los límites líquidos de la muestra secada al aire y la muestra secada al horno a una temperatura de 110 °C ± 5 °C durante 24 horas. (RNE, 2018, p.26)

Talud. 1. Superficie inclinada en una excavación o en una explanación. 2. Fragmentos de roca y de suelo, de cualquier tamaño y forma (normalmente angulares y gruesogranulares) derivados de y acumulados al pie de un escarpe o de una pendiente rocosa empinada sin intervención de agua en el

proceso de transporte. También la acumulación de tales fragmentos de roca, considerados como una unidad y formados principalmente por la caída, deslizamiento y rodadura de fragmentos de roca. (Hoyos, 2001, p.179)

Talus. Fragmentos de roca mezclados con suelo depositados naturalmente en el pie de una ladera o de un escarpe rocoso. (Hoyos, 2001, p.179)

Terraza aluvial. Geoforma que corresponde a un depósito aluvial cuya superficie se encuentra por encima del actual nivel de inundación probable del río. (Hoyos, 2001, p.180)

Zona de saturación. Zona subterránea dentro de la cual todos los espacios porosos están llenas de agua. (Rivera, 2011, p.530)

Zona estable. Expresión utilizada para calificar el terreno donde es muy baja la probabilidad de movimientos de masa o erosión lineal intensa. Corresponden a terrenos con un factor de seguridad igual a, o mayor que, 1.5. (Hoyos, 2001, p.191)

Zona inestable. Expresión utilizada para calificar el terreno donde la probabilidad de ocurrencia de movimientos de masa y erosión lineal intensa puede calificarse entre alta y muy alta. Corresponde a terrenos con factores de seguridad iguales a, o menores que, 1.1. La construcción en ellos de obras de superficie y estructuras subterráneas someras es muy costosa y exige análisis geotécnicos detallados y diseños especiales, con altos factores de seguridad, que las hacen factibles sólo en condiciones muy particulares. (Hoyos, 2001, p.191)

Zona no saturada. Zona de aireación. Masa de suelo por encima de la zona saturada en la que los intersticios el suelo alojan agua y aire en distintas proporciones. (Hoyos, 2001, p.191)

2.4. HIPÓTESIS.

2.4.1. Hipótesis general

$H_{1:}$ La condición de estabilidad del talud en la falla geológica por el método de equilibrio límite de la progresiva Km 37+700 al Km 37+800 (Ruta Nacional PE+18A) en Pachachupán en el 2018 será inestable.

$H_{0:}$ La condición de estabilidad del talud en la falla geológica por el método de equilibrio límite de la progresiva Km 37+700 al Km 37+800 (Ruta Nacional PE+18A) en Pachachupán en el 2018 no será inestable.

2.4.2. Hipótesis específicas

$H_{1.1:}$ El Factor de Seguridad en la progresiva Km 37+700 al Km 37+800 (Ruta Nacional PE+18A) en Pachachupán en el 2018 será menor a la unidad.

$H_{0.1:}$ El Factor de Seguridad en la progresiva Km 37+700 al Km 37+800 (Ruta Nacional PE+18A) en Pachachupán en el 2018 no será menor a la unidad.

$H_{1.2:}$ Se podrán cuantificar todos los parámetros que afectan la estabilidad del talud.

$H_{0.2:}$ No se podrán cuantificar todos los parámetros que afectan la estabilidad del talud.

$H_{1.3:}$ El método de Equilibrio Límite será el más recomendable para el análisis de estabilidad del talud en la progresiva Km 37+700 al Km 37+800 (Ruta Nacional PE+18A) en Pachachupán en el 2018.

$H_{0.3}$: El método de Equilibrio Límite no será el más recomendable para el análisis de estabilidad del talud en la progresiva Km 37+700 al Km 37+800 (Ruta Nacional PE+18A) en Pachachupán en el 2018.

$H_{1.4}$: Será indispensable el uso de software como herramienta en el análisis de estabilidad del talud en la progresiva Km 37+700 al Km 37+800 (Ruta Nacional PE+18A) en Pachachupán en el 2018.

$H_{0.4}$: No será indispensable el uso de software como herramienta en el análisis de estabilidad del talud en la progresiva Km 37+700 al Km 37+800 (Ruta Nacional PE+18A) en Pachachupán en el 2018.

2.5. VARIABLES

2.5.1. Variable independiente

Falla geológica.

2.5.1. Variable dependiente

Análisis bidimensional de estabilidad del talud.

2.6. MODELO DE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6): X \longrightarrow Y$$

X_1: Condiciones drenadas y no drenadas.
X_2: Análisis con esfuerzos totales o efectivos.
X_3: Resistencia cortante.
X_4: Pesos unitarios y presión de poros.
X_5: Efecto de los ductos de agua en la corona de los taludes sobre el análisis de estabilidad.
X_6: Grietas de tensión en los análisis de estabilidad.

2.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)

Tabla 6. Proceso de operacionalización de variables.

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
Falla geológica **(variable independiente)**	Identificación y clasificación de la falla geológica.	Estudio geológico y geotécnico en la zona de falla geológica.	**Indicadores directos de la falla geológica:** Desplazamientos. Estrías. Arrastres. Brechas de falla. **Indicadores indirectos de la falla geológica:** Morfología (estratigrafía). Vegetación. Manantiales.
Análisis bidimensional de estabilidad del talud. **(variable dependiente)**	Estabilidad o inestabilidad como condición de estabilidad del talud en la zona de Falla Geológica por el Método de Equilibrio Límite.	Determinación del factor de seguridad (FS) por el Método Equilibrio Límite con el Software Slide versión 5.014	**Geometría del talud.** Se define y obtiene con el estudio topográfico, a través de los perfiles de sección a evaluar. **Propiedades de material (ɣ, c, φ).** Se determinan con los ensayos de laboratorio: gravedad específica de suelos, cono de arena, compresión triaxial. **Condiciones de Análisis.** Evaluar la presencia o no del nivel freático, estos se determinan con las prospecciones de campo; también evaluar la aceleración máxima del terreno, éste se determina con el mapa de aceleraciones máximas para realizar los análisis estático y pseudo-estático con el software Slide versión 5.014.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN (REFERENCIAL).

La presente investigación es un estudio transversal-descriptivo, explicativo, mixto.

3.1.1. ENFOQUE

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo - cualitativo (mixto), considerando que el investigador usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base a la medición numérica y el análisis estadístico (enfoque cuantitativo) y también utiliza la recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afinar preguntas de investigación en el proceso de interpretación (enfoque cualitativo). (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p.1-23)

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

La presente investigación tiene como alcance o nivel explicativo, centrándose en explicar el porqué de un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o porque se relacionan dos o más variables. (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p.83-84)

3.1.3. DISEÑO

La presente investigación tiene como diseño el de transversal - descriptivo, recolectando datos en un solo momento, en un tiempo único. Además, tienen como objetivo indagar la incidencia de las modalidades, categorías o niveles de una o más variables en una población. Son estudios puramente descriptivos. (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p.152-153)

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.

3.2.1. POBLACIÓN.

La población estará delimitada por el suelo del centro poblado de Pachachupán de la Carretera Central del Tramo Huánuco – Tingo María (Ruta Nacional PE+18A).

3.2.3. MUESTRA.

La muestra para el presente proyecto de investigación es de muestreo no probabilístico espontáneo, es decir cuando no se tiene referencias precisas acerca de la población total, consistiendo en seleccionar en forma informal los objetos de estudio de más fácil acceso (Borja, 2012, p.32), conformada por el suelo del talud en la Falla Geológica entre las progresivas Km 37+700 al Km 37+800 de la Carretera Central del Tramo Huánuco - Tingo María (Ruta Nacional PE+18A).

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.

La técnica utilizada para la recolección de datos fue la observación. Teniendo como instrumento la ficha de recolección de datos. Para la presente tesis se consideró las técnicas e instrumentos de recolección de datos para cada variable, teniendo en cuenta que para la variable dependiente “análisis bidimensional de estabilidad del talud” se desarrollaron estudios multidisciplinarios (estudio topográfico, hidrológico, geológico, geotécnico, de amenaza y riesgo); mientras que para la variable independiente “falla geológica” se realizó una visita técnica al área de investigación identificando los indicadores directos e indirectos de la falla.

A continuación, en la tabla 7 se presentará las consideraciones indicadas anteriormente en la recolección de datos.

Tabla 7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Variable	Ítems	Técnica	Instrumento
Independiente Falla geológica	**Visita técnica de inspección de campo** Determinación de los indicadores directos e indirectos.	Observación.	Ficha de recolección de datos
Dependiente Análisis bidimensional de estabilidad del talud	**Estudios multidisciplinarios** Estudio topográfico. Estudio hidrológico. Estudio geológico. Estudio geotecnico. Estudio de amenaza y riesgo.		

Fuente: Elaboración propia.

La técnica y los instrumentos utilizados se podrán observar en los anexos de la presente tesis (estudios multidisciplinarios).

3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS.

La presentación de datos será a través de cuadros de resumen, además se utilizarán diferentes gráficos y/o esquemas de los resultados de las herramientas computacionales utilizadas.

A continuación, se presentará los formatos de los estudios multidisciplinarios realizados (topográfico, hidrológico, geológico, geotécnico y de amenaza y riesgo).

ESTUDIOS MULTIDISCIPLINARIOS

a) Estudio topográfico.

Formato N°1. Plantilla de nivelación topográfica.

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

Escuela Académico Profesional de Ingeniería

Programa Académico de Ingeniería Civil

"PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA ELABORACIÓN DE TESIS"

Tesista: Bach. José Antonio Bustillos Cotrado.

NIVELACIÓN TOPOGRÁFICA (TRASLADO DE COTAS CON EL MÉTODO DE DOBLE ESTACIÓN).

1.- CONTROL VERTICAL (ALTIMETRÍA).

1.1. Nivelación de doble estación. Para trasladar una cota de un punto A hacia un punto B por el método convencional se realiza la nivelación de ida y regreso. Pero este método se puede reducir uniendo el ida y regreso y nivelando los dos a la vez en un sólo senntido; a este método llamaremos doble estación.

Para este método se pueden utilizar dos topógrafos o uno sólo que realice las dos nivelaciones y las 2 anotaciones a la vez. Para este caso el tesista realizó las dos nivelaciones y anotaciones a la vez con el apoyo de 2 portamiras.

	NIVELACIÓN DE DOBLE ESTACIÓN								
	PRIMERA ESTACIÓN				SEGUNDA ESTACIÓN				
PUNTOS	V. ATRÁS	V.ADELANTE	DIFERENCIA	COTAS	V. ATRÁS	V. ADELANTE	DIFERENCIA	COTAS	Δ
BM (IGN)				2119.458				2119.458	

Página 1

Fuente: Elaboración propia.

Formato N°2. Determinación de la pendiente promedio del talud.

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

Escuela Académico Profesional de Ingeniería

Programa Académico de Ingeniería Civil

"PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA ELABORACIÓN DE TESIS"

Tesista: Bach. José Antonio Bustillos Cotrado.

Determinación de la pendiente promedio del TALUD N°1 en el ÁREA DE INVESTIGACIÓN			
N°	Progresiva	Elevación (msnm)	Pendiente (%)

Página 1

Fuente: Elaboración propia.

Formato N°3. Control de error de cierre angular y compensación angular.

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Escuela Académico Profesional de Ingenieria

Programa Académico de Ingenieria Civil

"PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA ELABORACIÓN DE TESIS".

Tesista: Bach. José Antonio Bustillos Cotrado.

ESTUDIO TOPOGRÁFICO

1.- CONTROL DE ERROR DE CIERRE ANGULAR Y COMPENSACIÓN ANGULAR.

DELIMITACIÓN DE POLIGONAL CERRADA

N=		

MÉTODO DE COORDENADAS

E-01		

	COORDENADAS			PROYECCIONES		CORRECCIONES		PROYECCIONES CORREGIDAS		COORDENADAS		
EST.	E	N	DISTANCIA	DE E2-E1	DN N2-N1	CpE	CpN	DE	DN	E	N	EST.
E-01												E-01
A												A
B												B
C												C
D												D
E-02												E-02
F												F
G												G

Página 1

Fuente: Elaboración propia.

b) Estudio hidrológico.

Formato N°4. Registro de precipitación en mm de la EMC "CARPISH".

Senamhi	**ESTACIÓN: CARPISH, Tipo Convencional - Metereológica**		
	Departamento: HUANUCO	**Provincia:** HUANUCO	**Distrito:** Chinchao
	Latitud: 9° 40´1"	**Longitud:** 76°5´1"	**Altitud:** 1950 msnm

Fuente: *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) - Oficina de Estadística*
https://www.senamhi.gob.pe/mapas/mapa-estaciones/_dat_esta_tipo.php?estaciones=000454

AGOSTO - 2013

Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco			Temperatura Bulbo			Precipitación (mm)		Dirección del viento	Velocidad del viento
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Ago-13												
02-Ago-13												
03-Ago-13												
04-Ago-13												
05-Ago-13												
06-Ago-13												
07-Ago-13												
08-Ago-13												
09-Ago-13												
10-Ago-13												
11-Ago-13												
12-Ago-13												
13-Ago-13												
14-Ago-13												
15-Ago-13												
16-Ago-13												
17-Ago-13												
18-Ago-13												
19-Ago-13												
20-Ago-13												
21-Ago-13												
22-Ago-13												
23-Ago-13												
24-Ago-13												
25-Ago-13												
26-Ago-13												
27-Ago-13												
28-Ago-13												
29-Ago-13												
30-Ago-13												
31-Ago-13												

Página 1

Fuente: Elaboración propia.

c) Estudio geotecnico.

Formato N°5. Ensayo de contenido de humedad.

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

Escuela Académico Profesional de Ingeniería

Programa Académico de Ingeniería Civil

Laboratorio de Mecánica de Suelos

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.127/ASTM D2216)
PARA LA MUESTRA N°01, 02, 03 Y 04.

Tesista/Técnico	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO					
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".					
Fecha:	04/12/2018				**Informe N°:**	1
Ubicación (Datum	**Norte**	8920160	**Medidas**	1.10 x 1.90	**Calicata:**	T-01
	Este	380151	**Muestra:**	Alterada	**Profundidad (m):**	0.8

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (W) - MUESTRA N°01		
1	Peso del Frasco + Peso del Suelo Húmedo (gr.)	
2	Peso del Frasco + Peso del Suelo Seco (gr.)	
3	Peso del Agua Contenida (gr.)	
4	Peso del Frasco (gr.)	
5	Peso del Suelo Seco (gr.)	
6	Contenido de Humedad (%)	

Tesista/Técnico	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO					
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".					
Fecha:	04/12/2018				**Informe N°:**	2
Ubicación (Datum	**Norte**	8920160	**Medidas**	1.10 x 1.90	**Calicata:**	T-01
	Este	380151	**Muestra:**	Alterada	**Profundidad (m):**	1.5

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (W) - MUESTRA N°02		
1	Peso del Frasco + Peso del Suelo Húmedo (gr.)	
2	Peso del Frasco + Peso del Suelo Seco (gr.)	
3	Peso del Agua Contenida (gr.)	
4	Peso del Frasco (gr.)	
5	Peso del Suelo Seco (gr.)	
6	Contenido de Humedad (%)	

Página 1

Tesista/Técnico	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO					
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".					
Fecha:	04/12/2018				**Informe N°:**	3
Ubicación (Datum	**Norte**	8920176	**Medidas**	1.80 x 1.80	**Calicata:**	C-02
	Este	380114	**Muestra:**	Inalterada	**Profundidad (m):**	1.35

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (W) - MUESTRA N°03		
1	Peso del Frasco + Peso del Suelo Húmedo (gr.)	
2	Peso del Frasco + Peso del Suelo Seco (gr.)	
3	Peso del Agua Contenida (gr.)	
4	Peso del Frasco (gr.)	
5	Peso del Suelo Seco (gr.)	
6	Contenido de Humedad (%)	

Tesista/Técnico	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO					
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".					
Fecha:	04/12/2018				**Informe N°:**	4
Ubicación (Datum	**Norte**	8920176	**Medidas**	1.80 x 1.80	**Calicata:**	C-02
	Este	380114	**Muestra:**	Alterada	**Profundidad (m):**	2.55

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (W) - MUESTRA N°04		
1	Peso del Frasco + Peso del Suelo Húmedo (gr.)	
2	Peso del Frasco + Peso del Suelo Seco (gr.)	
3	Peso del Agua Contenida (gr.)	
4	Peso del Frasco (gr.)	
5	Peso del Suelo Seco (gr.)	
6	Contenido de Humedad (%)	

Fuente: Elaboración propia.

Formato N°6. Ensayo de peso volumétrico de suelo cohesivo.

	UNIVERSIDAD DE HUANUCO *Escuela Académico Profesional de Ingeniería* *Programa Académico de Ingeniería Civil* *Laboratorio de Mecánica de Suelos* **PESO VOLUMÉTRICO DEL SUELO COHESIVO (NTP 339.1390), PARA MUESTRA INALTERADA.**	

Tesista/Técnico	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO					
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".					
Fecha:	05/12/2018				**Informe N°:**	1
Ubicación (Datum	**Norte**	8920176	**Medidas**	1.80 x 1.80	**Calicata:**	C-02
	Este	380114	**Muestra:**	Inalterada	**Profundidad (m):**	1.35

1° Volumen de la muestra.

$$\Delta V = V_{SUELO+PARAFINA}$$

$$V_{SUELO} = V_{SUELO+PARAFINA} - V_{PARAFINA}$$

Página

2° Volumen de la parafina.

$$V_{PARAFINA} = W_{PARAFINA}/\gamma_{PARAFINA}$$

Donde:

$$W_{PARAFINA} = W_{SUELO+PARAFINA} - W_{SUELO}$$

3° Finalmente el peso volumétrico del suelo cohesivo será:

$$P.V = \frac{W_{SUELO}}{\Delta V - V_{PARAFINA}}$$



	PESO VOLUMETRICO DE MASA (ɣ m)	
1	Peso del Suelo + Parafina (gr.)	
2	Peso del Suelo (gr.)	
3	Peso de la Parafina (gr.)	
4	Volumen del Suelo + Parafina (cm3)	
5	Volumen de la Parafina (cm3)	
6	Volumen del Suelo (cm3)	
7	Peso Específico de Masa (gr/cm3)	

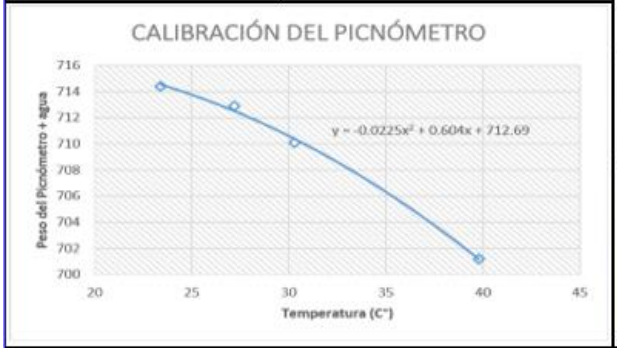
Fuente: Elaboración propia.

Formato N°7. Ensayo de peso volumétrico de suelo cohesivo.

	UNIVERSIDAD DE HUANUCO					
	Escuela Académico Profesional de Ingeniería					
	Programa Académico de Ingeniería Civil					
	Laboratorio de Mecánica de Suelos					
	GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS (NTP 339.131/ASTM D 854)					
Tesista/Técnico:	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO					
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".					
Fecha:					**Informe N°:**	1
Ubicación (Datum WGS84):	**Norte**	8920176	**Medidas**	1.80 x 1.80	**Calicata:**	C-02
	Este	380114	**Muestra:**	Inalterada	**Profundidad (m):**	1.35

CALIBRACIÓN DEL FRASCO VOLUMÉTRICO	
Wp+w (gr)	**T (C°)**

Pági





GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS (Ss)		
1	Peso del Frasco Volumétrico (gr.)	
2	Peso del Suelo (gr.)	
3	Peso del Frasco + Peso Suelo + Peso Agua (gr.)	
4	Peso del Frasco + Peso del Agua (gr.)	
5	Peso Específico Relativo de Sólidos (Ss)	

Fuente: Elaboración propia.

Formato N°8. Ensayo de límites de consistencia.

	UNIVERSIDAD DE HUANUCO *Escuela Académico Profesional de Ingeniería* *Programa Académico de Ingeniería Civil* *Laboratorio de Mecánica de Suelos* **ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318 / NTP 339.129:1999)**	

Tesista/Técnico	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO					
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".					
Fecha:					**Informe N°:**	2
Ubicación	**Norte**	8920160	**Medidas**	1.10 x 1.90	**Calicata:**	T-01
(Datum WGS84):	**Este**	380151	**Muestra:**	Alterada	**Profundidad (m):**	1.5

		LÍMITE PLÁSTICO		LÍMITE LÍQUIDO			
	Prueba N°						
	Frasco N°						
	N° de golpes						
1	**Peso de Frasco + suelo húmedo (gr.)**						
2	**Peso de Frasco + suelo seco (gr.)**						
3	**Peso del agua (1-2) (gr.)**						
4	**Peso del Frasco**						
5	**Peso suelo seco (2-4) (gr.)**						
6	**Contenido de humedad (3/5x100)(%)**						

Fuente: Elaboración propia.

Formato N°9. Ensayo de análisis granulométrico por tamizado.

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

Escuela Académico Profesional de Ingenieria

Programa Académico de Ingenieria Civil

Laboratorio de Mecánica de Suelos

ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - NTP.339.090:1998)

Tesista/Técnico	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO		
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".		
Muestra N°:	Alterada	**Informe:**	4
Calicata:	C-02 (1.80 x 1.80)	**Fecha:**	
Peso de la Muestra:		**Profundidad:**	2.55m
Peso de la Muestra Secada al Horno:			
Peso de la Muestra Lavada y Secada al Horno:			
W-Wo:		**% Humedad:**	

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUMULADO	
				RETENIDO	ACUMULADO
3"	76.200				
2"	50.3				
1 1/2"	38.1				
1"	25.4				
3/4"	19.05				
1/2"	12.7				
3/8"	9.525				
1/4"	6.35				
N°4	4.76				
N°10	2				
N°20	0.84				
N°30	0.59				
N°40	0.426				
N°60	0.25				
N°100	0.149				
N°200	0.074				
PLATILLO					
W-Wo					

Página 1

OBSERVACIONES:

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS.

Para el análisis de estabilidad del talud se usará como herramienta computacional el software Slide, versión 5.014.

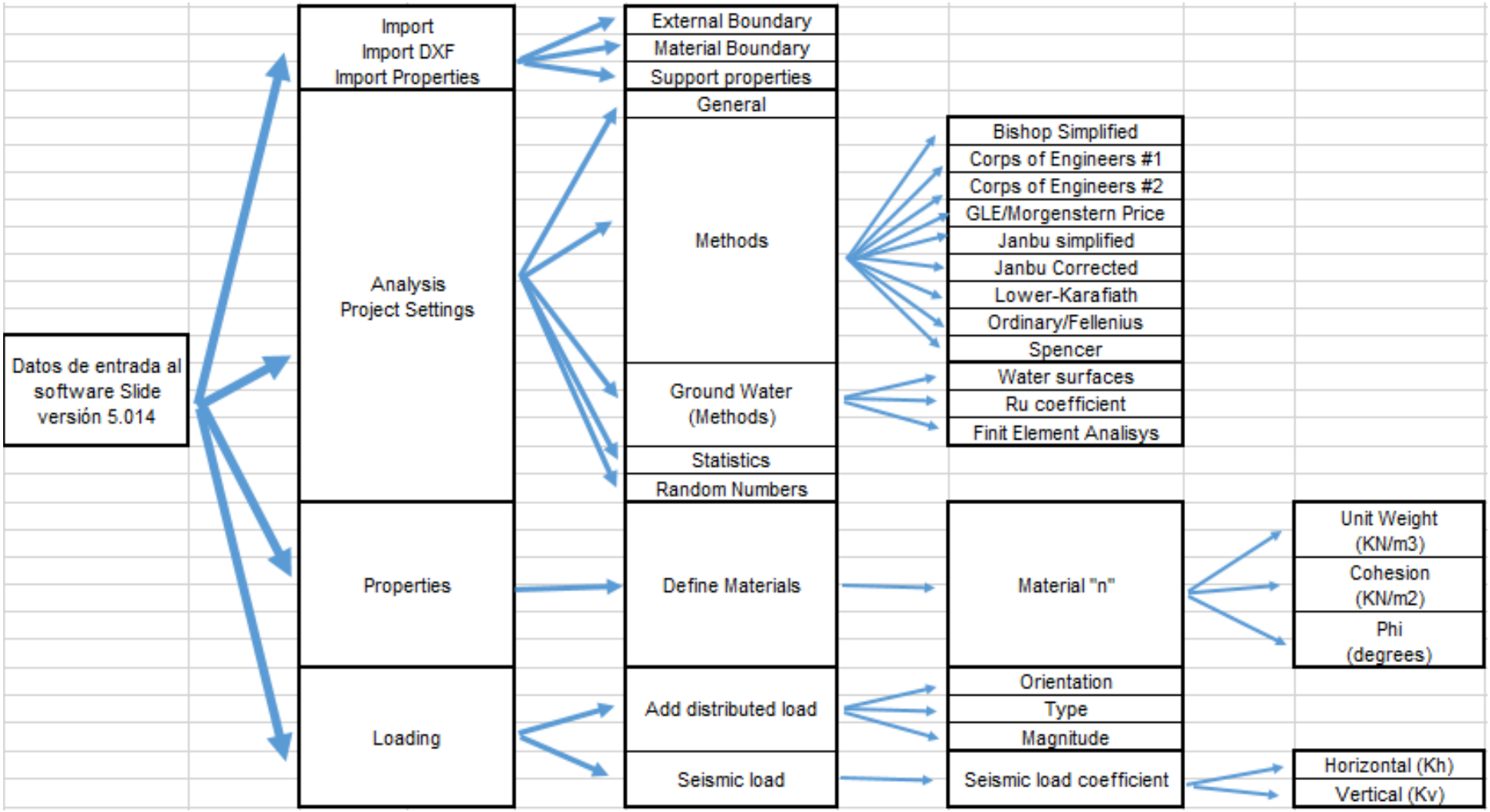
Slide es un software de análisis de estabilidad de taludes en 2D que utiliza métodos de equilibro límite para el cálculo de la estabilidad. Su ámbito de aplicación en minería y obra civil es muy variado, permitiendo evaluar un gran número de problemáticas geotécnicas, tales como estabilidad de terraplenes, presas, taludes en excavaciones mineras o en edificaciones, efectos de cargas externas, sísmicas, eficiencia de elementos de refuerzo, etc. Incluye análisis de agua subterránea por elementos finitos en estado estacionario, e integra capacidades de análisis de sensibilidad, probabilísticos y análisis retrospectivos.

Su ámbito de aplicación en minería y obra civil es muy variado, permitiendo evaluar un gran número de problemás geotécnicos, tales como estabilidad de terraplenes, presas, taludes en excavaciones mineras o en edificaciones, efectos de cargas externas, sísmicas, eficiencia de elementos de refuerzo, etc.

El software Slide ha ido creciendo de manera continua al mismo ritmo que se expandía la capacidad de análisis geotécnico por ordenador en los últimos años. Este continuo esfuerzo en investigación y actualización, y la solvencia que proporciona su trayectoria, lo convierten en un software de referencia. Prueba de ello es el hecho de ser uno de los programas más reconocidos y utilizados que existen en el mercado. (Ilustre Colegio Oficial de Geólogos [ICOG], Slide la mejor aplicación de estabilidad de taludes, 2016)

A continuación, en la figura 25 se describirá el uso y proceso de trabajo convencional en el software slide, así como los parámetros que se requiere para el cálculo del factor de seguridad.

Figura 25. Datos de entrada en el software Slide v5.014.



Fuente: Elaboración propia.

3.4. METODOLOGÍA DE TRABAJO.

3.4.1. INTRODUCCIÓN.

Para el propósito de la investigación es necesario conocer cuáles son los parámetros que afectan la estabilidad del talud y la influencia de la falla geológica en ella. Entre ellos tenemos a los siguientes:

a) Parámetros geométricos. La conformación topográfica del talud: altura, pendiente, curvatura, largo y ancho, actuando en forma conjunta o separada, afectan la estabilidad de un talud por cuanto determinan los niveles de esfuerzos totales y las fuerzas de gravedad que provocan los movimientos.

b) Parámetros geológicos. La geología generalmente, define las características o propiedades del suelo o roca. La formación geológica determina la presencia de materiales duros o de baja resistencia y las discontinuidades pueden facilitar la ocurrencia de movimientos a lo largo de ciertos planos de debilidad. Los elementos geológicos principales a estudiar son los siguientes: formación geológica, estructura y discontinuidades y meteorización.

c) Parámetros hidrológicos e hidrogeológicos. Los cambios en el régimen de aguas subterráneas actúan como detonadores de movimientos en las laderas o taludes y estos se encuentran generalmente, relacionadas con las lluvias y la hidrología superficial. En un estudio de deslizamientos se deben tener en cuenta los parámetros relacionados con la hidrogeología y en especial de los siguientes factores: características de las lluvias y régimen de aguas subterráneas.

d) Parámetros geotécnicos. Desarrollo de una metodología de investigación geotécnica considerando: recopilación de la información, reconocimiento geológico, planificación de actividades de exploración

y muestreo, realización de exploración en campo, determinación y selección de muestras, realización de ensayos de laboratorio e interpretación de la investigación geotécnica. Además de la caracterización geotécnica, identificación de indicadores directos e indirectos en la zona de falla geológica.

e) **Parámetros ambientales y antrópicos.** El clima ejerce una influencia en procesos de meteorización. Según Blight las reacciones químicas se duplican con cada 10°C de aumento de temperatura. Factores tales como: evaporación, fuerzas sísmicas, vegetación y modificaciones causadas por el hombre, pueden producir alteración del talud lo cual afecta su inestabilidad.

Tabla 8. Estudios multidisciplinarios para el análisis de estabilidad del talud y falla geológica

ESTUDIOS	PARÁMETROS	ÍTEMS	DESCRIPCIÓN
TOPOGRÁFICO	GEOMÉTRICOS	Detalles topográficos	Geometría del talud.
		Perfiles topográficos	Pendientes, quiebres, depresiones,etc.
		Curvatura	Concavidad o convexidad en sentido longitudinal como transversal.
		Relación largo -ancho	Entre mayor sea la relación, aumentarán los niveles de infiltración y erosión superficial por la escorrentía o torrente formada. Además aumentará la susceptibilidad de ocurrir fenómenos de geodinámica externa.
HIDROLÓGICO	CLIMATOLOGÍA	Temperatura	Temperaturas máxima y minima.
		Clima	Microclima en el área de investigación.
	PLUVIOMETRÍA	Delimitación de microcuenca	Estudio de parámetros morfométricos y fisiográficos.
		Precipitación	Registros históricos de una estación meteorológica.
GEOLÓGICO	FORMACIÓN GEOLÓGICA	Perfil estratigráfico	Determinación de la cronoestratigrafía y los estratos horizontales.
	ESTRUCTURAS Y DISCONTINUIDADES	Identificación y clasificación del material	Reconocer e identificar las unidades litológicas y estructurales en zonas críticas del área de investigación.

	METEORIZACIÓN	Peligros geológicos encontrados	Evaluación de los eventos de geodinámica externa existentes y características geológicas críticas.
GEOTECNICO	INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA	Recopilación de información	Basarse en los estudios multidisciplinarios realizados.
		Reconocimiento geológico	Identificación de todas las características geológicas encontradas.
		Planificación de actividades de exploración y muestreo	Planificar la fecha de exploración y muestreo evitando inconvenientes climatológicos (lluvias, exceso de calor, frío ,etc.).
		Realización de exploración en campo	Realizar las prospecciones de campo necesarias en base a los criterios del profesional responsable.
		Determinación y selección de muestras	Selección de muestras acorde al tipo de material encontrado (muestras alteradas e inalteradas).
		Realización de ensayos de laboratorio	Determinación de la humedad, densidad, peso unitario, límites de Atterberg, parámetros de resistencia cortante en el material.
		Interpretación de la investigación geotécnica	Análisis e interpretación y procesamiento de la Información obtenida.
	FALLA GEOLÓGICA	Caracterización geotécnica	Reconocimiento, identificación y clasificación de la falla.
		Identificación de indicadores directos (desplazamientos, estrías, brechas de falla, arrastres)	Evaluación insitu de los indicadores encontrados, tomando apuntes y vistas fotográficas para el procesamiento de datos.
		Identificación de indicadores indirectos (morfología, vegetación, manantiales).	
AMENAZA Y RIESGO	PELIGRO, AMENAZA, RIESGO Y SUSCEPTIBILIDAD	Fenómenos de geodinámica externa, interna e hidrometeorológicos	Identificación de los peligros, riesgos y amenazas en el área de investigación para evaluar las medidas de prevención inmediatas, así como la toma de decisiones por parte de la población.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS.

4.1. PARA LA VARIABLE INDEPENDIENTE “FALLA GEOLÓGICA”.

- La falla geológica se encuentra inactiva, es decir actualmente no se produce desplazamientos entre los bloques por la poca eventualidad de sismos de magnitud e intensidad considerables en el área de investigación. Su estado inactivo por el momento no representa un riesgo potencial crítico en la formación de fenómenos de geodinámica externa (deslizamientos, flujos de tierra, flujos de detritos, etc.). Probablemente ha sido formada por procesos tectónicos compresivos (esfuerzos compresionales de las placas tectónicas) durante procesos orogénicos (formación de montañas y cordilleras).

- En base al estudio geotécnico ítem IV. FALLA GEOLÓGICA. (ver ANEXO A.4. ESTUDIO GEOTECNICO) se detallará a continuación la información geotécnica obtenida en campo en la tabla 9.

Tabla 9. Resultados finales de la evaluación geotécnica de la falla geológica.

EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE LA FALLA GEOLÓGICA		
DATOS	**ANÁLISIS**	**DESCRIPCIÓN**
1° ESTADO	INACTIVA	Originada en el pasado geológico; es decir, antes del sistema cuaternario (2.58 millones de años a la actualidad) que no ha manifestado actividad "reciente".
2° TIPO	FALLA NORMAL	Es una falla vertical translacional producido por fuerzas tensionales generando un plano de falla entre el techo y pie de falla donde se pudo observar la geomorfología, estratigrafía y tipología del material (macizo rocoso y arenas, limos, arcillas, etc).
3° GEOMETRÍA	RELACIÓN LONGITUD DEL PLANO DE FALLA Y LARGO TOTAL	Se midió en campo las dimensiones principales de la falla geológica obteniendo los siguientes resultados: longitud del plano de falla: 4.40m. longitud total: 93 m.
4° RUMBO Y AZIMUT DEL PLANO DE FALLA ENCONTRADO	RUMBO	El rumbo obtenido según la orientación del plano de falla es de S 7° W.
	AZIMUT	El azimut obtenido según la orientación del plano de falla es de 187° (respecto al norte magnético).

5° GEOLOGÍA LOCAL ENCONTRADA	IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL EN EL PLANO DE FALLA	Identificación de rocas metamórficas en su mayoría y sedimentarias en minoría, donde se ven agrietamientos y fisuras internas debido a los cambios de temperatura y presión. Además se identificó que el material rocoso presenta diferentes matrices de arcillas, limos, etc.
6° INDICADORES DIRECTOS	DESPLAZAMIENTO	Se identificaron desplazamientos de hasta 5.5 cm en el plano de falla.
	ESTRÍAS	Se identificaron estrías en dirección del plano de falla de 2-2.5cm.
	BRECHAS DE FALLA	Se identificaron depresiones erosionadas de material fino (limo arcilloso).
	ARRASTRES	No se identificaron arrastres por la inactividad de la falla geológica.
7° INDICADORES INDIRECTOS	MORFOLOGÍA	Área escarpada por procesos de meteorización y erosión con vista de fracturas en diferentes estratos del macizo rocoso.
	VEGETACIÓN	Identificación de arbustos, gras, árboles y terrenos agrícolas de cultivo.
	MANANTIALES	Ausencia de afluentes o torrentes generados por aguas subterráneas.
8° RIESGOS Y PELIGROS IDENTIFICADOS.	INTEMPERISMO	Identificación de la desintegración de rocas metamórficas por procesos químicos y agente meteorológicos externos, formando depósitos que con las precipitaciones serán transportados por acción de la gravedad pudiendo generar finalmente fenómenos de geodinámica externa.
	EROSIÓN	Identificación de zonas escarpadas por procesos erosivos, lo cual debilita la estructura interna de la falla geológica siendo susceptible a la formación de fenómenos de geodinámica externa.
9° RELACIÓN CAUSA - EFECTO CON LA ESTABILIZACIÓN DEL TALUD.	PROCESOS GEOLÓGICOS y TOPOGRÁFICOS	Finalmente se puede indicar que la falla geológica es perjudicial en la estabilización del talud ya que altera su geometría por el traslado y acarreo de material (roca o suelo); por procesos erosivos y de intemperización. Además genera fisuras y agrietamientos tensionales a lo largo de su recorrido afectando terrenos de cultivo, y la estructura interna del talud. Es importante considerar que la falla geológica puede volver a reactivarse por permanentes eventos sísmicos cercanos al lugar, siendo así un detractor muy crítico en la formación permanente de fenómenos de geodinámica externa en el área de investigación.

Fuente: Elaboración propia.

4.2. PARA LA VARIABLE DEPENDIENTE “ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD”.

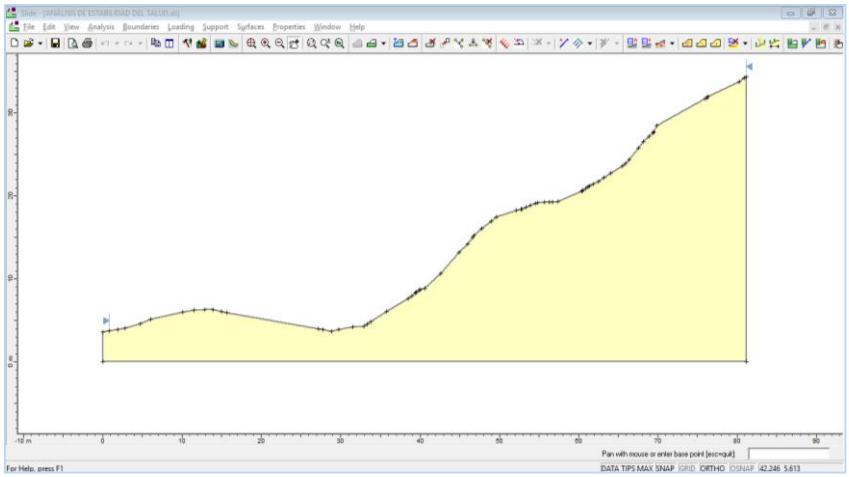
4.2.1. Del análisis de estabilidad del talud.

- Para el análisis de estabilidad del talud en el software Slide v5.014 se trabajó con el tipo de material más representativo y crítico en el área de investigación, éste criterio se asume considerando al talud como un bloque rígido e isotrópico según el Método de Equilibrio Límite. Además, en las 2 prospecciones y/o auscultaciones en campo realizados (Trinchera N°01 y Calicata N°02) se encontraron otros estratos en los cuales todos tienen como material característico las arcillas y arenas. (ver ANEXO A.4. ESTUDIO GEOTECNICO, CLASIFICACIÓN DE SUELOS MÉTODO SUCS ASTM-D2487). Por lo que se realizó el ensayo de compresión triaxial (UU) para la muestra más representativa y crítica encontrada (Calicata N°02 - E02) **“Arcilla delgada arenosa - CL”** y de esta manera obtener sus propiedades físicas (γ) y parámetros de resistencia cortante (c, ϕ).

4.2.2. En base a la información de los estudios multidisciplinarios:

- Según el estudio topográfico, ítem VI. METODOLOGÍA DE TRABAJO, sub-ítem 6.3. Levantamiento Topográfico, Figura N°39 “vista del perfil longitudinal del talud N°01” (ver ANEXO A.1. ESTUDIO TOPOGRÁFICO PARTE II); se consideró para el análisis de estabilidad del talud la topografía del perfil longitudinal del talud más crítico (talud N°01), cabe resaltar que se utilizó y procesó la topografía de dicho talud en el software Slide v5.014. Para procesar la topografía, se consideró un sistema cartesiano de coordenadas en cada uno de los puntos conformados por todos los parámetros geométricos del talud (quiebres, cambios de pendiente, curvaturas cóncavas y convexas, etc.). A continuación, en la figura N°26 se detallará el procesamiento del talud N°01 en el software Slide v5.014.

Figura 26. Vista de la topografía del talud N°01 en el interfaz del software Slide v5.014.



Fuente: Elaboración propia en el software Slide v5.014.

- Según el estudio geotécnico, ítem III. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA, sub-ítem 3.1.6. Ensayos de laboratorio, Figura N°92 “Ficha de resultados del ensayo de comprensión triaxial (UU)” (ver ANEXO A.4. ESTUDIO GEOTECNICO), se obtuvieron los siguientes resultados:

  a) Propiedades físicas.

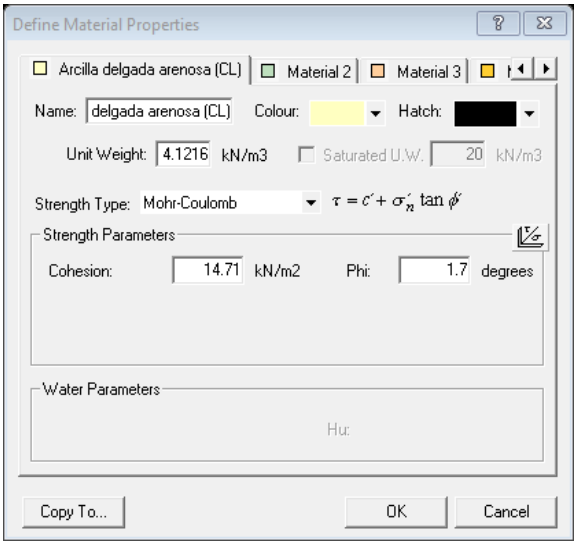
     Peso unitario seco (ɣ) = 1.44g/cm3 ≈ 14.1216 kN/m3.

  b) Parámetros de resistencia de corte.

     Cohesión (c)= 0.15 kg/cm2 ≈ 14.71 kN/m2.

     Ángulo de fricción (ϕ)= 1.7°

Figura 27. Vista de la definición del material para el talud N°01 en el interfaz del software Slide v5.014.



Fuente: Elaboración propia en el software Slide v5.014.

- Respecto al ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (UU) o también llamado ensayo rápido realizado, se debe considerar: que este tipo de ensayo fue elegido por el tesista por no encontrar ningún tipo de afloramiento, agua subterránea o nivel freático en las prospecciones de campo, además de presentar como material característico y determinante suelos arcillosos. Cabe resaltar que los resultados de los parámetros de resistencia cortante obtenidos (c y ϕ) son valores mínimos y menores en comparación a los ensayos de compresión triaxial consolidado drenado (CD) y consolidado no drenado (CU) ya que estos si determinan las condiciones drenadas y miden las presiones de poro y efectivas correspondientemente; sin embargo, no se descarta la presencia de niveles freáticos, afloramientos o aguas subterráneas en profundidades mucho mayores a las consideradas. Para ello se requiere de estudios más avanzados, tecnológicos y sofisticados en precisión y costo como son los estudios geofísicos, que, si permiten obtener información de los perfiles del subsuelo a grandes profundidades, además la instrumentación y metodología de aplicación sería más extensa y costosa.

4.2.3. Factor de seguridad (FS) - condición de estabilidad.

a) Del punto de vista conceptual (físico).

- FS > 1: condición estable.
- FS = 0: equilibrio límite.
- FS < 1: condición inestable.

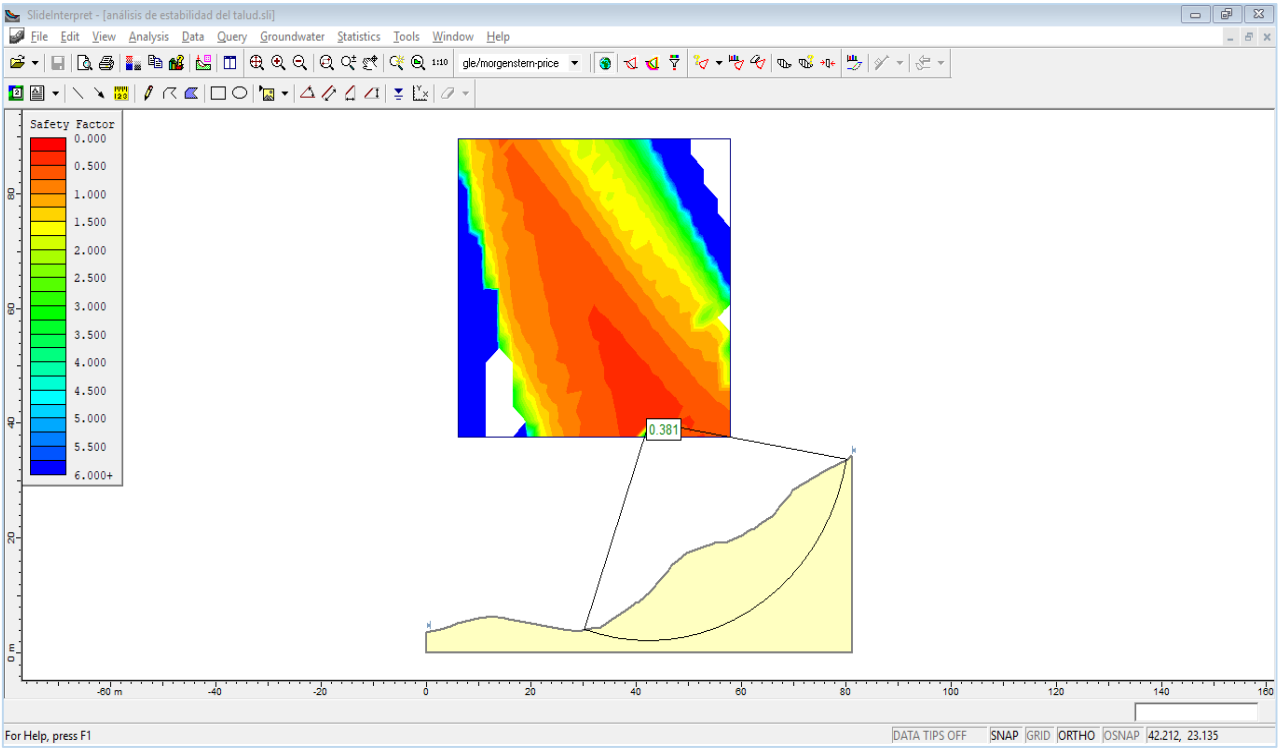
b) Condición de estabilidad del talud según la norma CE.020 estabilización de suelos y taludes.

- El FS mínimo del talud deberá ser 1.5 para solicitaciones estáticas.
- El FS mínimo del talud deberá ser 1.25 para solicitaciones sísmicas.

4.2.4. Análisis estático. En el análisis estático se considera únicamente las solicitaciones externas (sobrecargas, presión de poros, presión efectiva, nivel freático, aguas subterráneas, etc.) que pueda presentar el talud; así como el peso propio del material característico del talud en un sistema estático, es decir sin considerar los efectos dinámicos de fuerzas horizontales (fuerzas sísmicas).

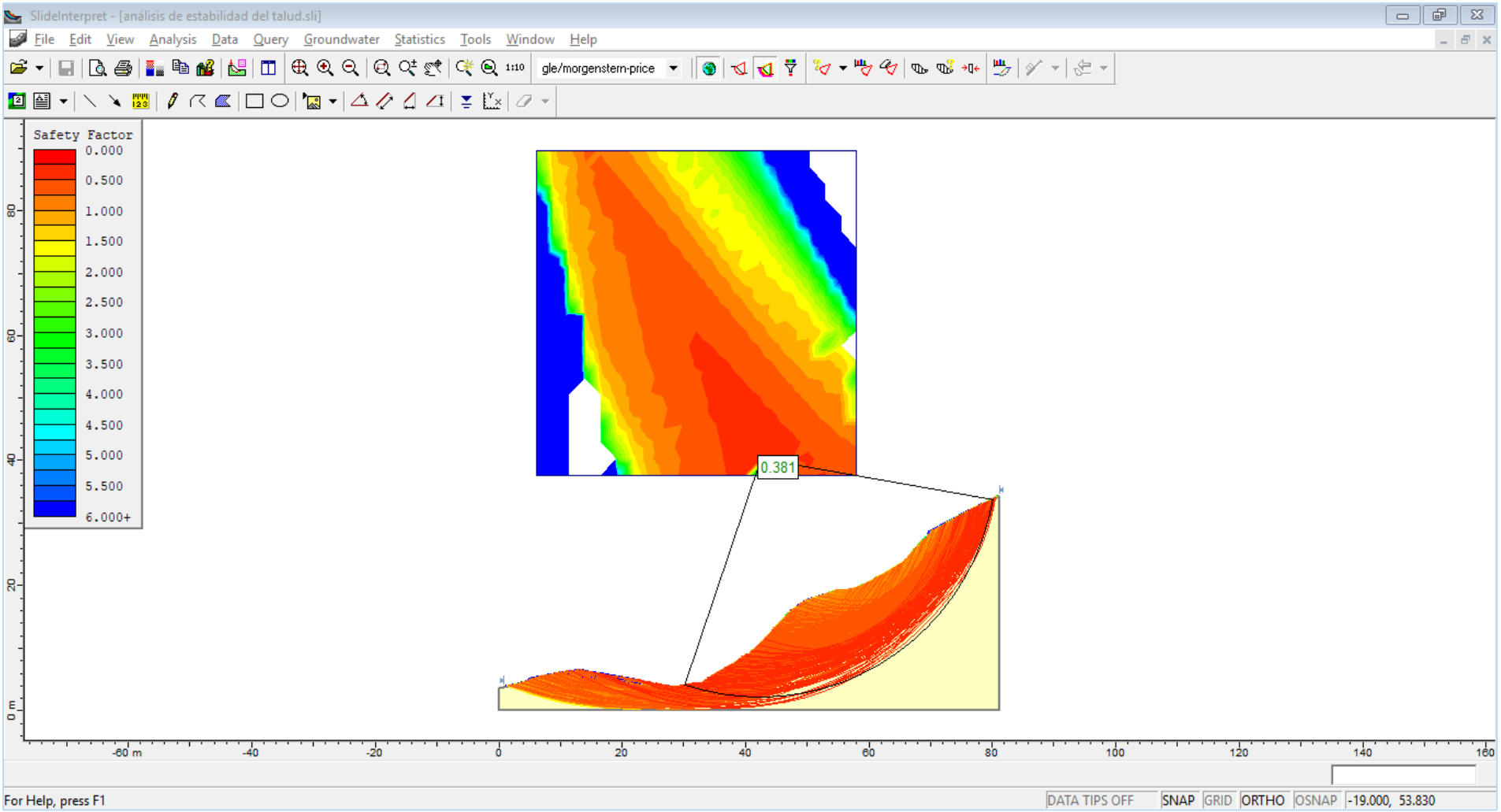
Se realizó el análisis estático para el análisis de estabilidad del talud N°01, considerando que no hubo presencia de nivel freático, agua subterránea, ni sobrecargas en el área de investigación. Utilizando las propiedades físicas y parámetros de resistencia cortante del material.

Figura 28. Vista del análisis estático del talud N°01 en el interfaz del software Slide v5.014.



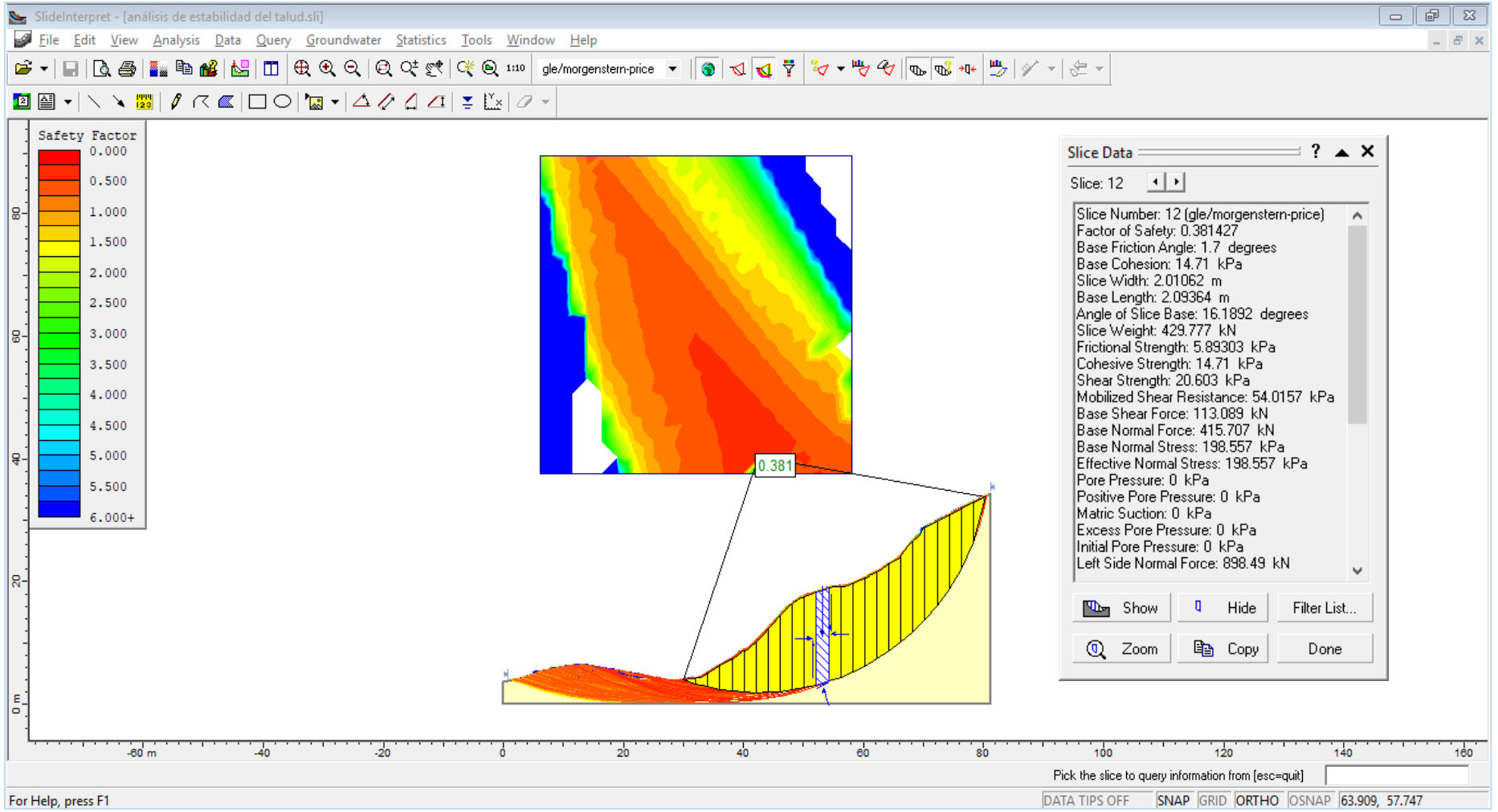
Fuente: Elaboración propia en el software slide v5.014.

Figura 29. Vista de todas las superficies potenciales de falla generadas del talud N°01 en el interfaz del software Slide v5.014.



Fuente: Elaboración propia en el software Slide v5.014.

Figura 30. Vista del cálculo del factor de seguridad utilizando la técnica de dovelas del talud N°01 en el Slide v5.014.



Fuente: Elaboración propia en el software Slide v5.014.

- Reporte de resultados del cálculo del factor de seguridad por la técnica de dovelas para el talud N°01.

CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD PARA LA DOVELA N°1					
(Método GLE/MORGENSTERN-PRICE)					
Slice Number:	1		Matric Suction:	0	kPa
Factor of Safety:	0.381349		Excess Pore Pressure:	0	kPa
Base Friction Angle:	1.7	degrees	Initial Pore Pressure:	0	kPa
Base Cohesion:	14.71	kPa	Left Side Normal Force:	0	kN
Slice Width:	4.7333	m	Left Side Shear Force:	0	kN
Base Length:	4.92119	m	Left Side Resultant Force:	0	kN
Angle of Slice Base:	-15.8834	degrees	Left Side Force Angle:	0	degrees
Slice Weight:	143.198	kN	Right Side Normal Force:	256.061	kN
Frictional Strength:	1.31341	kPa	Right Side Shear Force:	10.391	kN
Cohesive Strength:	14.71	kPa	Right Side Resultant Force:	256.272	kN
Shear Strength:	16.0234	kPa	Right Side Force Angle:	2.3238	degrees
Mobilized Shear Resistance:	42.0177	kPa	Horizontal Seismic Force:	0	kN
Base Shear Force:	206.777	kN	Vertical Seismic Force:	0	kN
Base Normal Force:	217.779	kN	Resultant Seismic Force:	0	kN
Base Normal Stress:	44.2534	kPa	M-Alpha:	0.940781	
Effective Normal Stress:	44.2534	kPa	Thrust Line Elevation:	4.27423	m
Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Bottom:	4.27423	m
Positive Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Top:	4.27423	m

Fuente: Software Slide v5.014.

CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD PARA LA DOVELA N°2					
(Método GLE/MORGENSTERN-PRICE)					
Slice Number:	2		Matric Suction:	0	kPa
Factor of Safety:	0.381349		Excess Pore Pressure:	0	kPa
Base Friction Angle:	1.7	degrees	Initial Pore Pressure:	0	kPa
Base Cohesion:	14.71	kPa	Left Side Normal Force:	256.061	kN
Slice Width:	4.7333	m	Left Side Shear Force:	10.391	kN
Base Length:	4.78036	m	Left Side Resultant Force:	256.272	kN
Angle of Slice Base:	-8.04629	degrees	Left Side Force Angle:	2.3238	degrees
Slice Weight:	406.155	kN	Right Side Normal Force:	538.469	kN
Frictional Strength:	2.93205	kPa	Right Side Shear Force:	41.5633	kN
Cohesive Strength:	14.71	kPa	Right Side Resultant Force:	540.071	kN
Shear Strength:	17.6421	kPa	Right Side Force Angle:	4.41379	degrees
Mobilized Shear Resistance:	46.2622	kPa	Horizontal Seismic Force:	0	kN
Base Shear Force:	221.15	kN	Vertical Seismic Force:	0	kN
Base Normal Force:	472.256	kN	Resultant Seismic Force:	0	kN
Base Normal Stress:	98.7909	kPa	M-Alpha:	0.979394	
Effective Normal Stress:	98.7909	kPa	Thrust Line Elevation:	3.69686	m
Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Bottom:	2.9274	m
Positive Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Top:	7.1172	m

Fuente: Software Slide v5.014.

CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD PARA LA DOVELA N°3					
(Método GLE/MORGENSTERN-PRICE)					
Slice Number:	3		Matric Suction:	0	kPa
Factor of Safety:	0.381349		Excess Pore Pressure:	0	kPa
Base Friction Angle:	1.7	degrees	Initial Pore Pressure:	0	kPa
Base Cohesion:	14.71	kPa	Left Side Normal Force:	538.469	kN
Slice Width:	4.7333	m	Left Side Shear Force:	41.5633	kN
Base Length:	4.73339	m	Left Side Resultant Force:	540.071	kN
Angle of Slice Base:	-0.361171	degrees	Left Side Force Angle:	4.41379	degrees
Slice Weight:	718.886	kN	Right Side Normal Force:	782.194	kN
Frictional Strength:	4.7768	kPa	Right Side Shear Force:	83.1003	kN
Cohesive Strength:	14.71	kPa	Right Side Resultant Force:	786.596	kN
Shear Strength:	19.4868	kPa	Right Side Force Angle:	6.06436	degrees
Mobilized Shear Resistance:	51.0996	kPa	Horizontal Seismic Force:	0	kN
Base Shear Force:	241.875	kN	Vertical Seismic Force:	0	kN
Base Normal Force:	761.825	kN	Resultant Seismic Force:	0	kN
Base Normal Stress:	160.947	kPa	M-Alpha:	0.999496	
Effective Normal Stress:	160.947	kPa	Thrust Line Elevation:	3.34619	m
Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Bottom:	2.25828	m
Positive Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Top:	10.5177	m

Fuente: Software Slide v5.014.

CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD PARA LA DOVELA N°4					
(Método GLE/MORGENSTERN-PRICE)					
Slice Number:	4		Matric Suction:	0	kPa
Factor of Safety:	0.381349		Excess Pore Pressure:	0	kPa
Base Friction Angle:	1.7	degrees	Initial Pore Pressure:	0	kPa
Base Cohesion:	14.71	kPa	Left Side Normal Force:	782.194	kN
Slice Width:	4.7333	m	Left Side Shear Force:	83.1003	kN
Base Length:	4.77216	m	Left Side Resultant Force:	786.596	kN
Angle of Slice Base:	7.31732	degrees	Left Side Force Angle:	6.06436	degrees
Slice Weight:	974.266	kN	Right Side Normal Force:	912.413	kN
Frictional Strength:	6.10068	kPa	Right Side Shear Force:	113.954	kN
Cohesive Strength:	14.71	kPa	Right Side Resultant Force:	919.501	kN
Shear Strength:	20.8107	kPa	Right Side Force Angle:	7.11898	degrees
Mobilized Shear Resistance:	54.5712	kPa	Horizontal Seismic Force:	0	kN
Base Shear Force:	260.423	kN	Vertical Seismic Force:	0	kN
Base Normal Force:	980.935	kN	Resultant Seismic Force:	0	kN
Base Normal Stress:	205.553	kPa	M-Alpha:	1.00165	
Effective Normal Stress:	205.553	kPa	Thrust Line Elevation:	3.37974	m
Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Bottom:	2.22844	m
Positive Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Top:	15.5169	m

Fuente: Software Slide v5.014.

CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD PARA LA DOVELA N°5					
(Método GLE/MORGENSTERN-PRICE)					
Slice Number:	5		Matric Suction:	0	kPa
Factor of Safety:	0.381349		Excess Pore Pressure:	0	kPa
Base Friction Angle:	1.7	degrees	Initial Pore Pressure:	0	kPa
Base Cohesion:	14.71	kPa	Left Side Normal Force:	912.413	kN
Slice Width:	4.7333	m	Left Side Shear Force:	113.954	kN
Base Length:	4.90334	m	Left Side Resultant Force:	919.501	kN
Angle of Slice Base:	15.1333	degrees	Left Side Force Angle:	7.11898	degrees
Slice Weight:	1026.23	kN	Right Side Normal Force:	906.333	kN
Frictional Strength:	6.03936	kPa	Right Side Shear Force:	119.019	kN
Cohesive Strength:	14.71	kPa	Right Side Resultant Force:	914.114	kN
Shear Strength:	20.7494	kPa	Right Side Force Angle:	7.48123	degrees
Mobilized Shear Resistance:	54.4104	kPa	Horizontal Seismic Force:	0	kN
Base Shear Force:	266.793	kN	Vertical Seismic Force:	0	kN
Base Normal Force:	997.767	kN	Resultant Seismic Force:	0	kN
Base Normal Stress:	203.487	kPa	M-Alpha:	0.985391	
Effective Normal Stress:	203.487	kPa	Thrust Line Elevation:	3.76993	m
Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Bottom:	2.83625	m
Positive Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Top:	18.1315	m

Fuente: Software Slide v5.014.

CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD PARA LA DOVELA N°6					
(Método GLE/MORGENSTERN-PRICE)					
Slice Number:	6		Matric Suction:	0	kPa
Factor of Safety:	0.381349		Excess Pore Pressure:	0	kPa
Base Friction Angle:	1.7	degrees	Initial Pore Pressure:	0	kPa
Base Cohesion:	14.71	kPa	Left Side Normal Force:	906.333	kN
Slice Width:	4.7333	m	Left Side Shear Force:	119.019	kN
Base Length:	5.15191	m	Left Side Resultant Force:	914.114	kN
Angle of Slice Base:	23.2566	degrees	Left Side Force Angle:	7.48123	degrees
Slice Weight:	993.389	kN	Right Side Normal Force:	781.299	kN
Frictional Strength:	5.4263	kPa	Right Side Shear Force:	97.5785	kN
Cohesive Strength:	14.71	kPa	Right Side Resultant Force:	787.369	kN
Shear Strength:	20.1363	kPa	Right Side Force Angle:	7.11896	degrees
Mobilized Shear Resistance:	52.8028	kPa	Horizontal Seismic Force:	0	kN
Base Shear Force:	272.036	kN	Vertical Seismic Force:	0	kN
Base Normal Force:	941.93	kN	Resultant Seismic Force:	0	kN
Base Normal Stress:	182.831	kPa	M-Alpha:	0.949101	
Effective Normal Stress:	182.831	kPa	Thrust Line Elevation:	3.83557	m
Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Bottom:	4.11634	m
Positive Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Top:	19.1961	m

Fuente: Software Slide v5.014.

CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD PARA LA DOVELA N°7					
(Método GLE/MORGENSTERN-PRICE)					
Slice Number:	7		Matric Suction:	0	kPa
Factor of Safety:	0.381349		Excess Pore Pressure:	0	kPa
Base Friction Angle:	1.7	degrees	Initial Pore Pressure:	0	kPa
Base Cohesion:	14.71	kPa	Left Side Normal Force:	781.299	kN
Slice Width:	4.7333	m	Left Side Shear Force:	97.5785	kN
Base Length:	5.57685	m	Left Side Resultant Force:	787.369	kN
Angle of Slice Base:	31.925	degrees	Left Side Force Angle:	7.11896	degrees
Slice Weight:	993.675	kN	Right Side Normal Force:	525.122	kN
Frictional Strength:	5.01162	kPa	Right Side Shear Force:	55.7889	kN
Cohesive Strength:	14.71	kPa	Right Side Resultant Force:	528.077	kN
Shear Strength:	19.7216	kPa	Right Side Force Angle:	6.06435	degrees
Mobilized Shear Resistance:	51.7154	kPa	Horizontal Seismic Force:	0	kN
Base Shear Force:	288.409	kN	Vertical Seismic Force:	0	kN
Base Normal Force:	941.701	kN	Resultant Seismic Force:	0	kN
Base Normal Stress:	168.859	kPa	M-Alpha:	0.889395	
Effective Normal Stress:	168.859	kPa	Thrust Line Elevation:	3.65213	m
Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Bottom:	6.15057	m
Positive Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Top:	21.1817	m

Fuente: Software Slide v5.014.

CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD PARA LA DOVELA N°8					
(Método GLE/MORGENSTERN-PRICE)					
Slice Number:	8		Matric Suction:	0	kPa
Factor of Safety:	0.381349		Excess Pore Pressure:	0	kPa
Base Friction Angle:	1.7	degrees	Initial Pore Pressure:	0	kPa
Base Cohesion:	14.71	kPa	Left Side Normal Force:	525.122	kN
Slice Width:	4.7333	m	Left Side Shear Force:	55.7889	kN
Base Length:	6.32403	m	Left Side Resultant Force:	528.077	kN
Angle of Slice Base:	41.5426	degrees	Left Side Force Angle:	6.06435	degrees
Slice Weight:	1036.63	kN	Right Side Normal Force:	80.3961	kN
Frictional Strength:	4.84379	kPa	Right Side Shear Force:	6.2056	kN
Cohesive Strength:	14.71	kPa	Right Side Resultant Force:	80.6352	kN
Shear Strength:	19.5538	kPa	Right Side Force Angle:	4.41378	degrees
Mobilized Shear Resistance:	51.2753	kPa	Horizontal Seismic Force:	0	kN
Base Shear Force:	324.267	kN	Vertical Seismic Force:	0	kN
Base Normal Force:	1032.11	kN	Resultant Seismic Force:	0	kN
Base Normal Stress:	163.205	kPa	M-Alpha:	0.799447	
Effective Normal Stress:	163.205	kPa	Thrust Line Elevation:	2.40514	m
Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Bottom:	9.09966	m
Positive Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Top:	24.0335	m

Fuente: Software Slide v5.014.

CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD PARA LA DOVELA N°9					
(Método GLE/MORGENSTERN-PRICE)					
Slice Number:	9		Matric Suction:	0	kPa
Factor of Safety:	0.381349		Excess Pore Pressure:	0	kPa
Base Friction Angle:	1.7	degrees	Initial Pore Pressure:	0	kPa
Base Cohesion:	14.71	kPa	Left Side Normal Force:	80.3961	kN
Slice Width:	4.7333	m	Left Side Shear Force:	6.2056	kN
Base Length:	7.86839	m	Left Side Resultant Force:	80.6352	kN
Angle of Slice Base:	53.0184	degrees	Left Side Force Angle:	4.41378	degrees
Slice Weight:	922.026	kN	Right Side Normal Force:	-485.697	kN
Frictional Strength:	3.74123	kPa	Right Side Shear Force:	-19.7096	kN
Cohesive Strength:	14.71	kPa	Right Side Resultant Force:	486.097	kN
Shear Strength:	18.4512	kPa	Right Side Force Angle:	2.32379	degrees
Mobilized Shear Resistance:	48.3841	kPa	Horizontal Seismic Force:	0	kN
Base Shear Force:	380.705	kN	Vertical Seismic Force:	0	kN
Base Normal Force:	991.851	kN	Resultant Seismic Force:	0	kN
Base Normal Stress:	126.055	kPa	M-Alpha:	0.662972	
Effective Normal Stress:	126.055	kPa	Thrust Line Elevation:	-44.4017	m
Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Bottom:	13.2936	m
Positive Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Top:	28.971	m

Fuente: Software Slide v5.014.

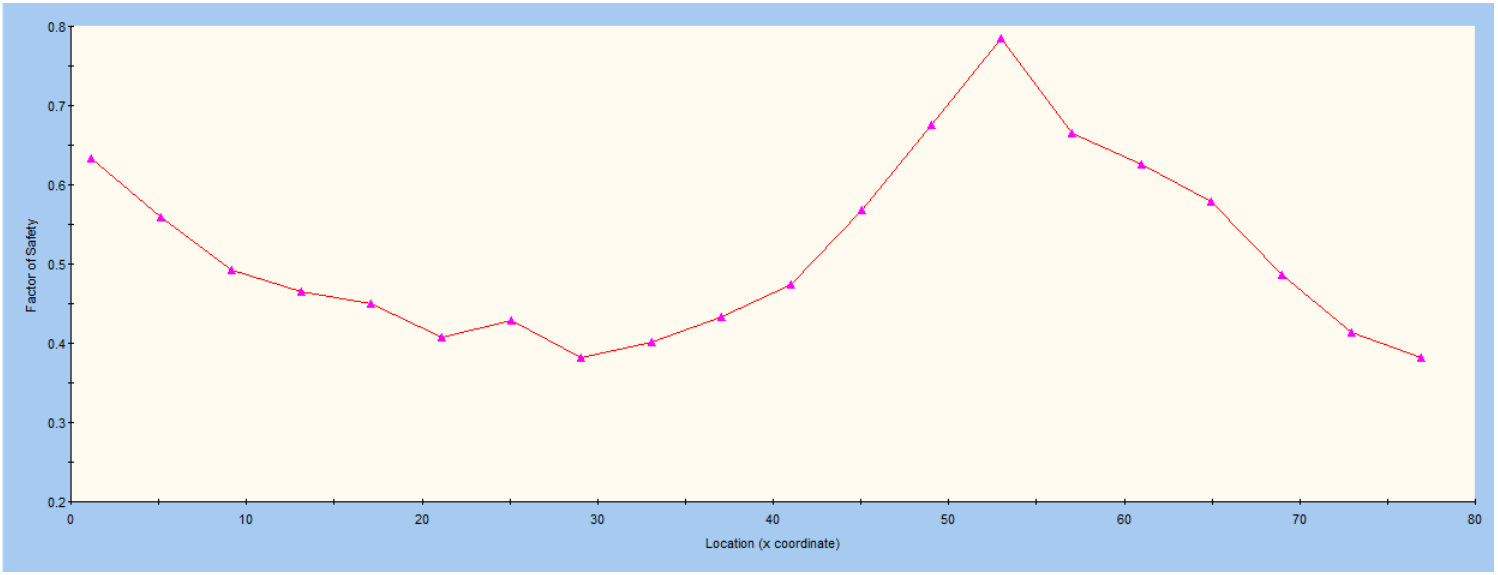
CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD PARA LA DOVELA N°10					
(Método GLE/MORGENSTERN-PRICE)					
Slice Number:	10		Matric Suction:	0	kPa
Factor of Safety:	0.381349		Excess Pore Pressure:	0	kPa
Base Friction Angle:	1.7	degrees	Initial Pore Pressure:	0	kPa
Base Cohesion:	14.71	kPa	Left Side Normal Force:	-485.697	kN
Slice Width:	4.7333	m	Left Side Shear Force:	-19.7096	kN
Base Length:	14.9481	m	Left Side Resultant Force:	486.097	kN
Angle of Slice Base:	71.5396	degrees	Left Side Force Angle:	2.32379	degrees
Slice Weight:	400.982	kN	Right Side Normal Force:	0	kN
Frictional Strength:	-0.595324	kPa	Right Side Shear Force:	0	kN
Cohesive Strength:	14.71	kPa	Right Side Resultant Force:	0	kN
Shear Strength:	14.1147	kPa	Right Side Force Angle:	0	degrees
Mobilized Shear Resistance:	37.0125	kPa	Horizontal Seismic Force:	0	kN
Base Shear Force:	553.266	kN	Vertical Seismic Force:	0	kN
Base Normal Force:	-299.837	kN	Resultant Seismic Force:	0	kN
Base Normal Stress:	-20.0586	kPa	M-Alpha:	0.389572	
Effective Normal Stress:	-20.0586	kPa	Thrust Line Elevation:	26.5725	m
Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Bottom:	19.5791	m
Positive Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Top:	31.49	m

Fuente: Software Slide v5.014.

Finalmente, el factor de seguridad (FS) calculado para el talud N°01 para un análisis estático es de 0.381.



Figura 31. Vista del factor de seguridad a lo largo de la superficie topográfica del talud N°01.



- **Análisis.** Como el factor de seguridad para el talud N°01 es de 0.381, entonces se puede afirmar lo siguiente:
    - Desde el punto de vista conceptual (físico).

      FS < 1, por lo que **la condición de estabilidad del talud es inestable.**
    - Según la norma CE.020 estabilización de suelos y taludes.

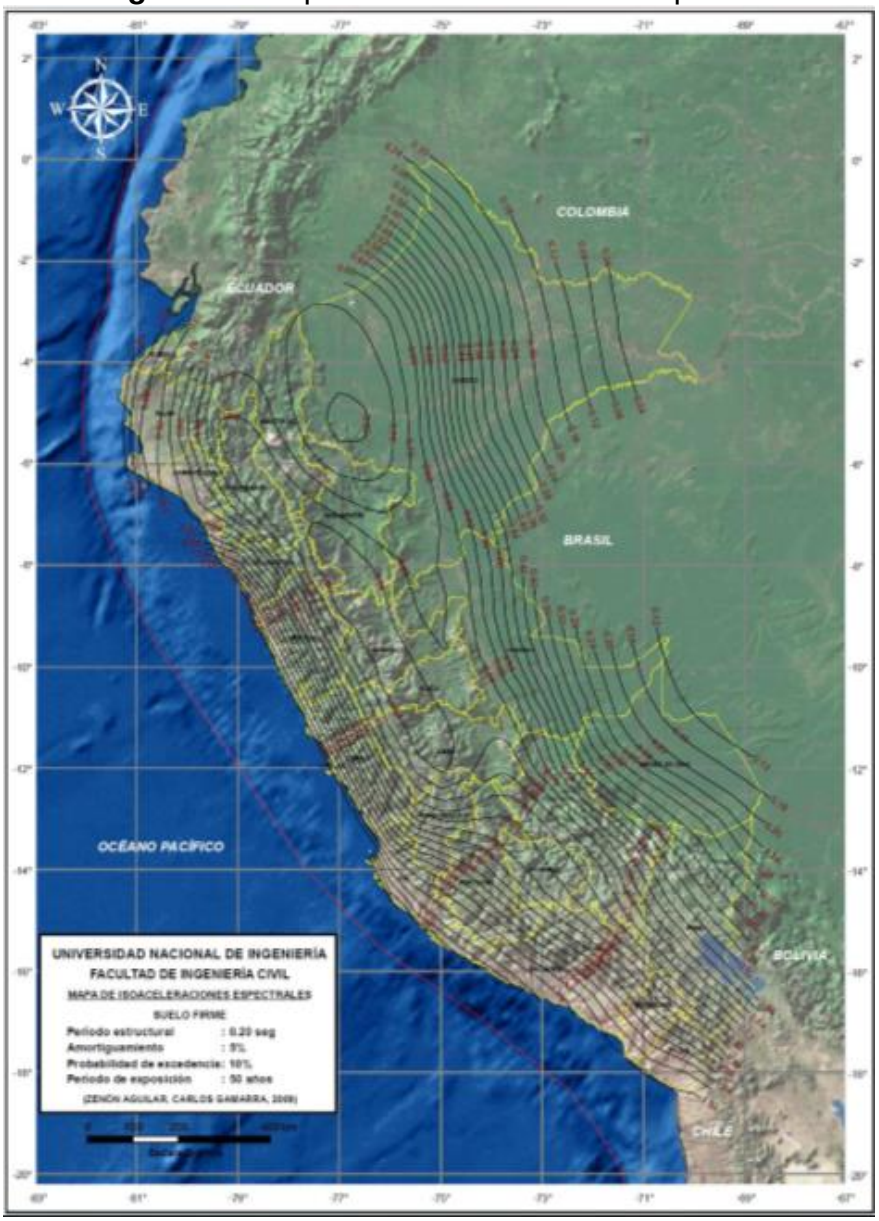
      FS < 1.5 (para solicitaciones estáticas), por lo que **la condición de estabilidad del talud es inestable.**

- **Resumen:** Para un análisis estático, la condición de estabilidad del talud N°01 será inestable. Quedando sustentada y afirmada la premisa de la hipótesis general.

4.2.5. Análisis pseudo-estático. El análisis pseudo estático es una aproximación al análisis dinámico y está basado en la inclusión de una fuerza horizontal que sustituye al efecto dinámico. La fuerza horizontal es dependiente del coeficiente sísmico.

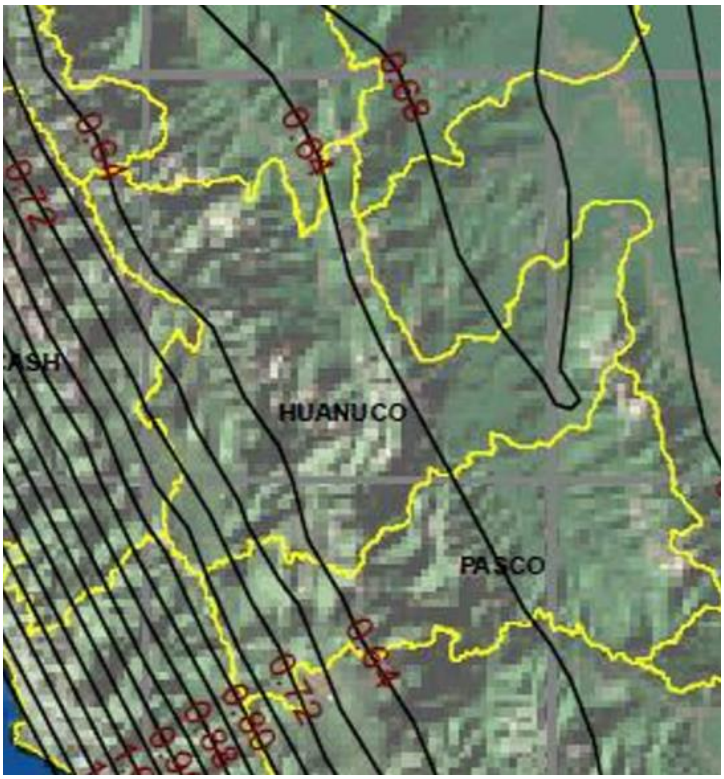
Se realizó el análisis pseudo-estático para el análisis de estabilidad del talud N°01, según el mapa de iso-aceleraciones máximas en suelo firme Tipo D (PGA) para un 10% de probabilidad de excedencia en 50 años de vida útil.

Figura 32. Mapa de isoaceleraciones espectrales.



Fuente: Gamarra C. (2009). Mapa de isoaceleraciones máximas en suelo tipo D (PGA) para un 10% de probabilidad de excedencia en 50 años de vida útil.

Figura 33. Mapa de isoaceleraciones espectrales para la región de Huánuco.

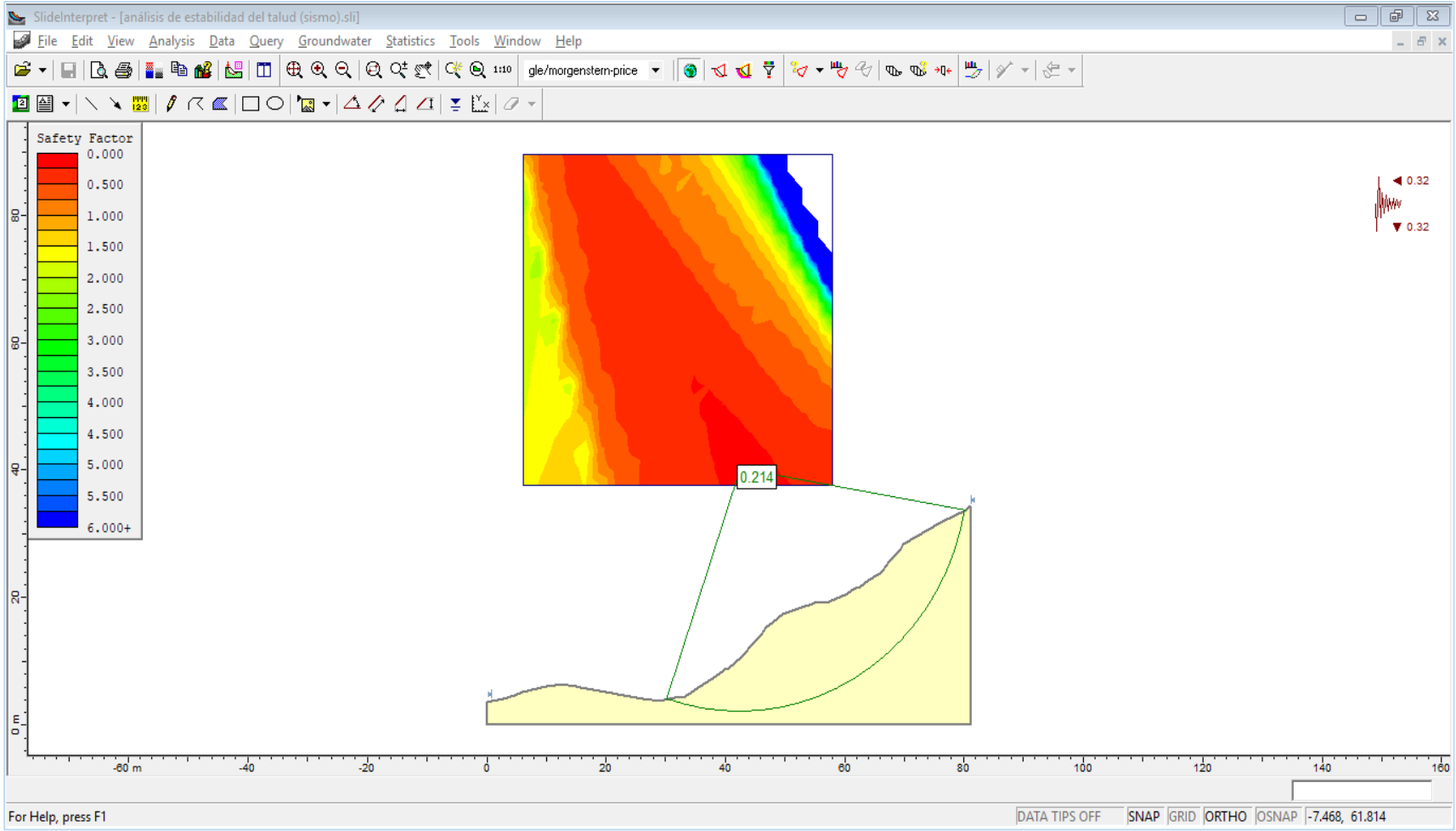


Fuente: Gamarra C. (2009). Mapa de isoaceleraciones máximas en suelo tipo D (PGA) para un 10% de probabilidad de excedencia en 50 años de vida útil.

- Como se puede observar según el mapa de isoaceleraciones espectrales está considerado para suelo firme con las siguientes características:
    - Período estructural: 0.20 seg.
    - Amortiguamiento: 5%.
    - Probabilidad de excedencia: 10%.
    - Período de exposición: 50 años.

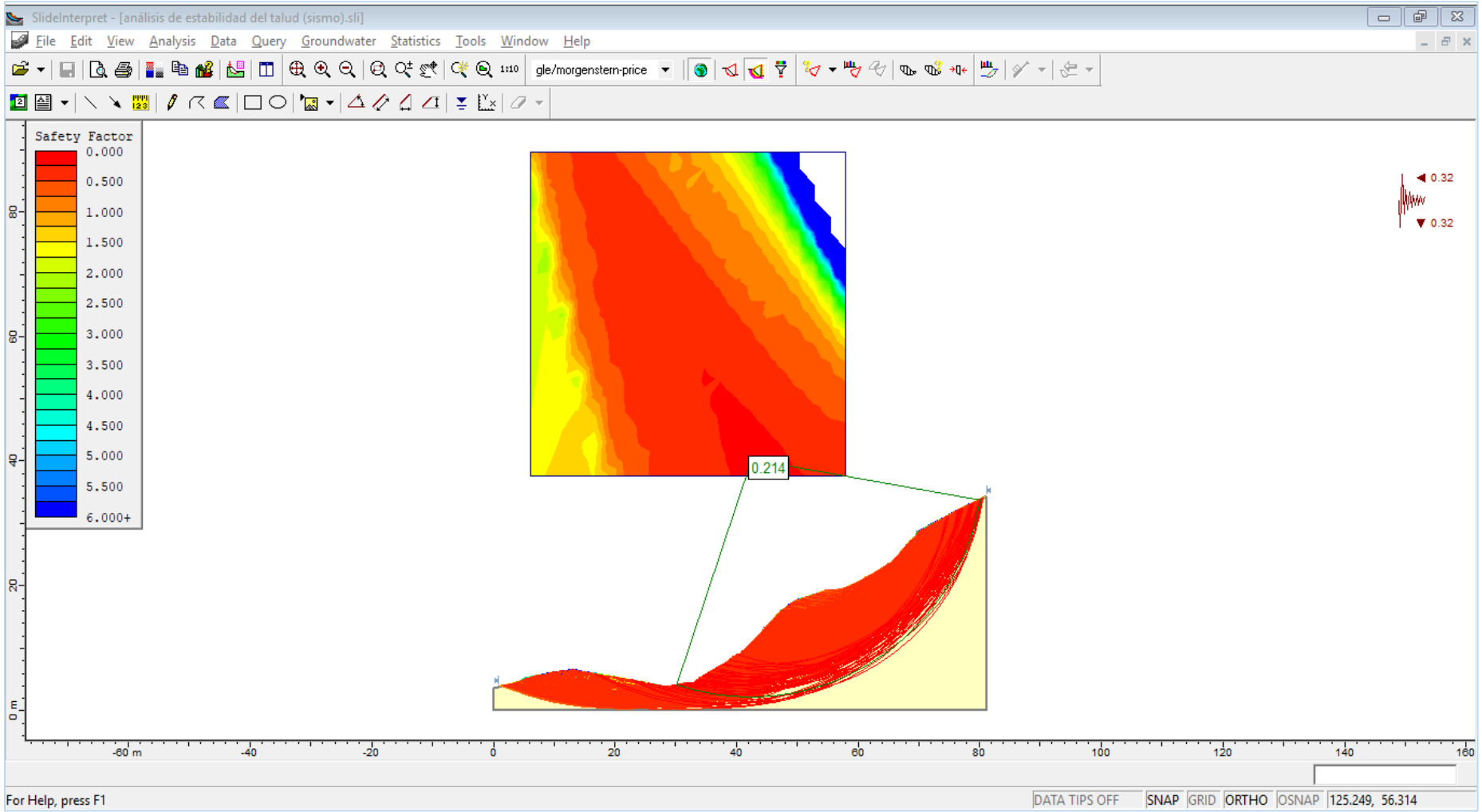
  Para la región de Huánuco, se presenta una máxima aceleración de terreno (PGA) de 0.64g. Por lo que se considerará un 50% de la PGA para el coeficiente sísmico horizontal y vertical; es decir, de 0.32g. Debido a la poca frecuencia y duración de eventos sísmicos de intensidad y magnitud elevada.

Figura 34. Vista del análisis pseudo-estático del talud N°01 en el interfaz del software Slide v5.014.



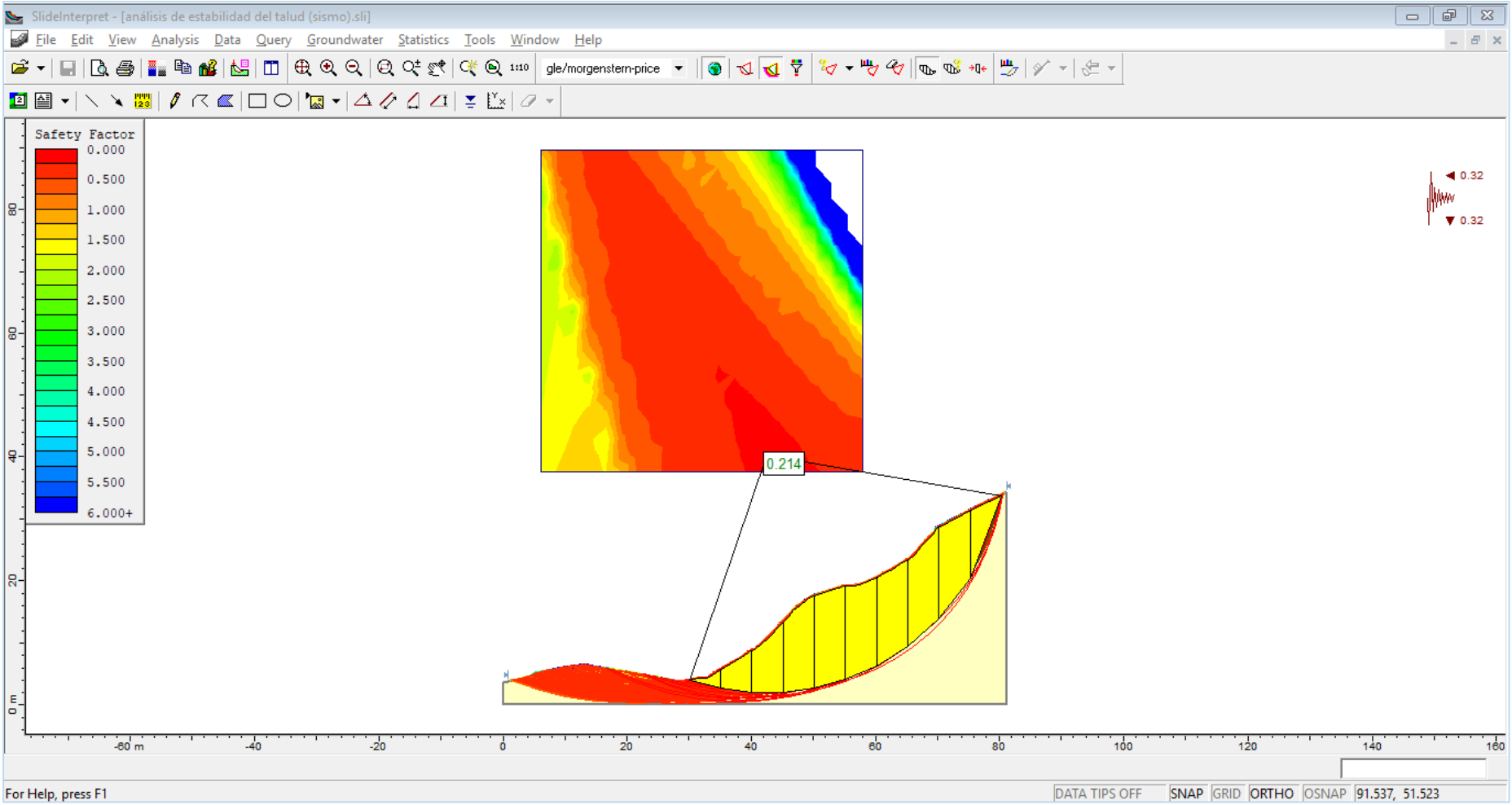
Fuente: Elaboración propia en el software Slide v5.014.

Figura 35. Vista de todas las superficies potenciales de falla en el interfaz del software Slide v5.014 (análisis pseudo-estático).



Fuente: Elaboración propia en el software Slide v5.014.

Figura 36. Vista del cálculo del factor de seguridad utilizando la técnica de dovelas en el Slide v5.014. (análisis pseudo-estático).



Fuente: Elaboración propia en el software Slide v5.014.

- Reporte de resultados del cálculo del factor de seguridad por la técnica de dovelas para el talud N°01 (análisis pseudo-estático).

CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD PARA LA DOVELA N°1					
(Método GLE/MORGENSTERN-PRICE)					
Slice Number:	1		Matric Suction:	0	kPa
Factor of Safety:	0.213502		Excess Pore Pressure:	0	kPa
Base Friction Angle:	1.7	degrees	Initial Pore Pressure:	0	kPa
Base Cohesion:	14.71	kPa	Left Side Normal Force:	0	kN
Slice Width:	5.02655	m	Left Side Shear Force:	0	kN
Base Length:	5.2035	m	Left Side Resultant Force:	0	kN
Angle of Slice Base:	-14.9847	degrees	Left Side Force Angle:	0	degrees
Slice Weight:	86.9743	kN	Right Side Normal Force:	429.298	kN
Frictional Strength:	1.72111	kPa	Right Side Shear Force:	72.03	kN
Cohesive Strength:	14.71	kPa	Right Side Resultant Force:	435.299	kN
Shear Strength:	16.4311	kPa	Right Side Force Angle:	9.52469	degrees
Mobilized Shear Resistance:	76.96	kPa	Horizontal Seismic Force:	27.8318	kN
Base Shear Force:	400.461	kN	Vertical Seismic Force:	27.8318	kN
Base Normal Force:	301.753	kN	Resultant Seismic Force:	39.3601	kN
Base Normal Stress:	57.9904	kPa	M-Alpha:	0.93077	
Effective Normal Stress:	57.9904	kPa	Thrust Line Elevation:	3.91024	m
Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Bottom:	3.91024	m
Positive Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Top:	3.91024	m

Fuente: Software Slide v5.014.

CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD PARA LA DOVELA N°2					
(Método GLE/MORGENSTERN-PRICE)					
Slice Number:	2		Matric Suction:	0	kPa
Factor of Safety:	0.213502		Excess Pore Pressure:	0	kPa
Base Friction Angle:	1.7	degrees	Initial Pore Pressure:	0	kPa
Base Cohesion:	14.71	kPa	Left Side Normal Force:	429.298	kN
Slice Width:	5.02655	m	Left Side Shear Force:	72.03	kN
Base Length:	5.06781	m	Left Side Resultant Force:	435.299	kN
Angle of Slice Base:	-7.31642	degrees	Left Side Force Angle:	9.52469	degrees
Slice Weight:	343.395	kN	Right Side Normal Force:	848.365	kN
Frictional Strength:	4.22949	kPa	Right Side Shear Force:	270.753	kN
Cohesive Strength:	14.71	kPa	Right Side Resultant Force:	890.523	kN
Shear Strength:	18.9395	kPa	Right Side Force Angle:	17.7003	degrees
Mobilized Shear Resistance:	88.7087	kPa	Horizontal Seismic Force:	109.886	kN
Base Shear Force:	449.559	kN	Vertical Seismic Force:	109.886	kN
Base Normal Force:	722.196	kN	Resultant Seismic Force:	155.403	kN
Base Normal Stress:	142.506	kPa	M-Alpha:	0.974509	
Effective Normal Stress:	142.506	kPa	Thrust Line Elevation:	3.61758	m
Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Bottom:	2.56481	m
Positive Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Top:	5.58542	m

Fuente: Software Slide v5.014.

CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD PARA LA DOVELA N°3					
(Método GLE/MORGENSTERN-PRICE)					
Slice Number:	3		Matric Suction:	0	kPa
Factor of Safety:	0.213502		Excess Pore Pressure:	0	kPa
Base Friction Angle:	1.7	degrees	Initial Pore Pressure:	0	kPa
Base Cohesion:	14.71	kPa	Left Side Normal Force:	848.365	kN
Slice Width:	5.02655	m	Left Side Shear Force:	270.753	kN
Base Length:	5.02659	m	Left Side Resultant Force:	890.523	kN
Angle of Slice Base:	0.219609	degrees	Left Side Force Angle:	17.7003	degrees
Slice Weight:	625.748	kN	Right Side Normal Force:	1128.19	kN
Frictional Strength:	6.27323	kPa	Right Side Shear Force:	495.579	kN
Cohesive Strength:	14.71	kPa	Right Side Resultant Force:	1232.24	kN
Shear Strength:	20.9832	kPa	Right Side Force Angle:	23.7144	degrees
Mobilized Shear Resistance:	98.2812	kPa	Horizontal Seismic Force:	200.239	kN
Base Shear Force:	494.019	kN	Vertical Seismic Force:	200.239	kN
Base Normal Force:	1062.45	kN	Resultant Seismic Force:	283.181	kN
Base Normal Stress:	211.366	kPa	M-Alpha:	1.00051	
Effective Normal Stress:	211.366	kPa	Thrust Line Elevation:	3.63034	m
Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Bottom:	1.91943	m
Positive Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Top:	8.69897	m

Fuente: Software Slide v5.014.

CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD PARA LA DOVELA N°4					
(Método GLE/MORGENSTERN-PRICE)					
Slice Number:	4		Matric Suction:	0	kPa
Factor of Safety:	0.213502		Excess Pore Pressure:	0	kPa
Base Friction Angle:	1.7	degrees	Initial Pore Pressure:	0	kPa
Base Cohesion:	14.71	kPa	Left Side Normal Force:	1128.19	kN
Slice Width:	5.02655	m	Left Side Shear Force:	495.579	kN
Base Length:	5.073	m	Left Side Resultant Force:	1232.24	kN
Angle of Slice Base:	7.75952	degrees	Left Side Force Angle:	23.7144	degrees
Slice Weight:	954.866	kN	Right Side Normal Force:	1161.99	kN
Frictional Strength:	7.74711	kPa	Right Side Shear Force:	600.041	kN
Cohesive Strength:	14.71	kPa	Right Side Resultant Force:	1307.77	kN
Shear Strength:	22.4571	kPa	Right Side Force Angle:	27.3114	degrees
Mobilized Shear Resistance:	105.185	kPa	Horizontal Seismic Force:	305.557	kN
Base Shear Force:	533.601	kN	Vertical Seismic Force:	305.557	kN
Base Normal Force:	1324.19	kN	Resultant Seismic Force:	432.123	kN
Base Normal Stress:	261.027	kPa	M-Alpha:	1.00924	
Effective Normal Stress:	261.027	kPa	Thrust Line Elevation:	4.11328	m
Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Bottom:	1.9387	m
Positive Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Top:	13.2839	m

Fuente: Software Slide v5.014.

CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD PARA LA DOVELA N°5					
(Método GLE/MORGENSTERN-PRICE)					
Slice Number:	5		Matric Suction:	0	kPa
Factor of Safety:	0.213502		Excess Pore Pressure:	0	kPa
Base Friction Angle:	1.7	degrees	Initial Pore Pressure:	0	kPa
Base Cohesion:	14.71	kPa	Left Side Normal Force:	1161.99	kN
Slice Width:	5.02655	m	Left Side Shear Force:	600.041	kN
Base Length:	5.21476	m	Left Side Resultant Force:	1307.77	kN
Angle of Slice Base:	15.4401	degrees	Left Side Force Angle:	27.3114	degrees
Slice Weight:	1068.6	kN	Right Side Normal Force:	988.073	kN
Frictional Strength:	7.22895	kPa	Right Side Shear Force:	536.49	kN
Cohesive Strength:	14.71	kPa	Right Side Resultant Force:	1124.33	kN
Shear Strength:	21.939	kPa	Right Side Force Angle:	28.5005	degrees
Mobilized Shear Resistance:	102.758	kPa	Horizontal Seismic Force:	341.952	kN
Base Shear Force:	535.856	kN	Vertical Seismic Force:	341.952	kN
Base Normal Force:	1270.15	kN	Resultant Seismic Force:	483.593	kN
Base Normal Stress:	243.568	kPa	M-Alpha:	1.00018	
Effective Normal Stress:	243.568	kPa	Thrust Line Elevation:	4.64545	m
Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Bottom:	2.62363	m
Positive Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Top:	17.5579	m

Fuente: Software Slide v5.014.

CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD PARA LA DOVELA N°6					
(Método GLE/MORGENSTERN-PRICE)					
Slice Number:	6		Matric Suction:	0	kPa
Factor of Safety:	0.213502		Excess Pore Pressure:	0	kPa
Base Friction Angle:	1.7	degrees	Initial Pore Pressure:	0	kPa
Base Cohesion:	14.71	kPa	Left Side Normal Force:	988.073	kN
Slice Width:	5.02655	m	Left Side Shear Force:	536.49	kN
Base Length:	5.47798	m	Left Side Resultant Force:	1124.33	kN
Angle of Slice Base:	23.4236	degrees	Left Side Force Angle:	28.5005	degrees
Slice Weight:	1026.82	kN	Right Side Normal Force:	704.457	kN
Frictional Strength:	5.85352	kPa	Right Side Shear Force:	363.776	kN
Cohesive Strength:	14.71	kPa	Right Side Resultant Force:	792.838	kN
Shear Strength:	20.5635	kPa	Right Side Force Angle:	27.3115	degrees
Mobilized Shear Resistance:	96.3154	kPa	Horizontal Seismic Force:	328.582	kN
Base Shear Force:	527.614	kN	Vertical Seismic Force:	328.582	kN
Base Normal Force:	1080.4	kN	Resultant Seismic Force:	464.686	kN
Base Normal Stress:	197.226	kPa	M-Alpha:	0.971747	
Effective Normal Stress:	197.226	kPa	Thrust Line Elevation:	5.02827	m
Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Bottom:	4.01196	m
Positive Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Top:	19.1581	m

Fuente: Software Slide v5.014.

CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD PARA LA DOVELA N°7					
(Método GLE/MORGENSTERN-PRICE)					
Slice Number:	7		Matric Suction:	0	kPa
Factor of Safety:	0.213502		Excess Pore Pressure:	0	kPa
Base Friction Angle:	1.7	degrees	Initial Pore Pressure:	0	kPa
Base Cohesion:	14.71	kPa	Left Side Normal Force:	704.457	kN
Slice Width:	5.02655	m	Left Side Shear Force:	363.776	kN
Base Length:	5.92312	m	Left Side Resultant Force:	792.838	kN
Angle of Slice Base:	31.9368	degrees	Left Side Force Angle:	27.3115	degrees
Slice Weight:	1002.31	kN	Right Side Normal Force:	320.358	kN
Frictional Strength:	4.88206	kPa	Right Side Shear Force:	140.723	kN
Cohesive Strength:	14.71	kPa	Right Side Resultant Force:	349.903	kN
Shear Strength:	19.5921	kPa	Right Side Force Angle:	23.7143	degrees
Mobilized Shear Resistance:	91.7652	kPa	Horizontal Seismic Force:	320.739	kN
Base Shear Force:	543.537	kN	Vertical Seismic Force:	320.739	kN
Base Normal Force:	974.317	kN	Resultant Seismic Force:	453.594	kN
Base Normal Stress:	164.494	kPa	M-Alpha:	0.920696	
Effective Normal Stress:	164.494	kPa	Thrust Line Elevation:	4.65026	m
Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Bottom:	6.1896	m
Positive Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Top:	20.447	m

Fuente: Software Slide v5.014.

CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD PARA LA DOVELA N°8					
(Método GLE/MORGENSTERN-PRICE)					
Slice Number:	8		Matric Suction:	0	kPa
Factor of Safety:	0.213502		Excess Pore Pressure:	0	kPa
Base Friction Angle:	1.7	degrees	Initial Pore Pressure:	0	kPa
Base Cohesion:	14.71	kPa	Left Side Normal Force:	320.358	kN
Slice Width:	5.02655	m	Left Side Shear Force:	140.723	kN
Base Length:	6.69722	m	Left Side Resultant Force:	349.903	kN
Angle of Slice Base:	41.3626	degrees	Left Side Force Angle:	23.7143	degrees
Slice Weight:	1019.96	kN	Right Side Normal Force:	-217.466	kN
Frictional Strength:	4.37017	kPa	Right Side Shear Force:	-69.4036	kN
Cohesive Strength:	14.71	kPa	Right Side Resultant Force:	228.272	kN
Shear Strength:	19.0802	kPa	Right Side Force Angle:	17.7003	degrees
Mobilized Shear Resistance:	89.3676	kPa	Horizontal Seismic Force:	326.387	kN
Base Shear Force:	598.515	kN	Vertical Seismic Force:	326.387	kN
Base Normal Force:	986.142	kN	Resultant Seismic Force:	461.581	kN
Base Normal Stress:	147.246	kPa	M-Alpha:	0.840568	
Effective Normal Stress:	147.246	kPa	Thrust Line Elevation:	-2.18056	m
Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Bottom:	9.32284	m
Positive Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Top:	23.3732	m

Fuente: Software Slide v5.014.

CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD PARA LA DOVELA N°9					
(Método GLE/MORGENSTERN-PRICE)					
Slice Number:	9		Matric Suction:	0	kPa
Factor of Safety:	0.213502		Excess Pore Pressure:	0	kPa
Base Friction Angle:	1.7	degrees	Initial Pore Pressure:	0	kPa
Base Cohesion:	14.71	kPa	Left Side Normal Force:	-217.466	kN
Slice Width:	5.02655	m	Left Side Shear Force:	-69.4036	kN
Base Length:	8.26511	m	Left Side Resultant Force:	228.272	kN
Angle of Slice Base:	52.5431	degrees	Left Side Force Angle:	17.7003	degrees
Slice Weight:	919.586	kN	Right Side Normal Force:	-831.148	kN
Frictional Strength:	3.32753	kPa	Right Side Shear Force:	-139.455	kN
Cohesive Strength:	14.71	kPa	Right Side Resultant Force:	842.766	kN
Shear Strength:	18.0375	kPa	Right Side Force Angle:	9.52471	degrees
Mobilized Shear Resistance:	84.4841	kPa	Horizontal Seismic Force:	294.268	kN
Base Shear Force:	698.271	kN	Vertical Seismic Force:	294.268	kN
Base Normal Force:	926.653	kN	Resultant Seismic Force:	416.157	kN
Base Normal Stress:	112.116	kPa	M-Alpha:	0.716307	
Effective Normal Stress:	112.116	kPa	Thrust Line Elevation:	41.7491	m
Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Bottom:	13.7485	m
Positive Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Top:	28.6465	m

Fuente: Software Slide v5.014.

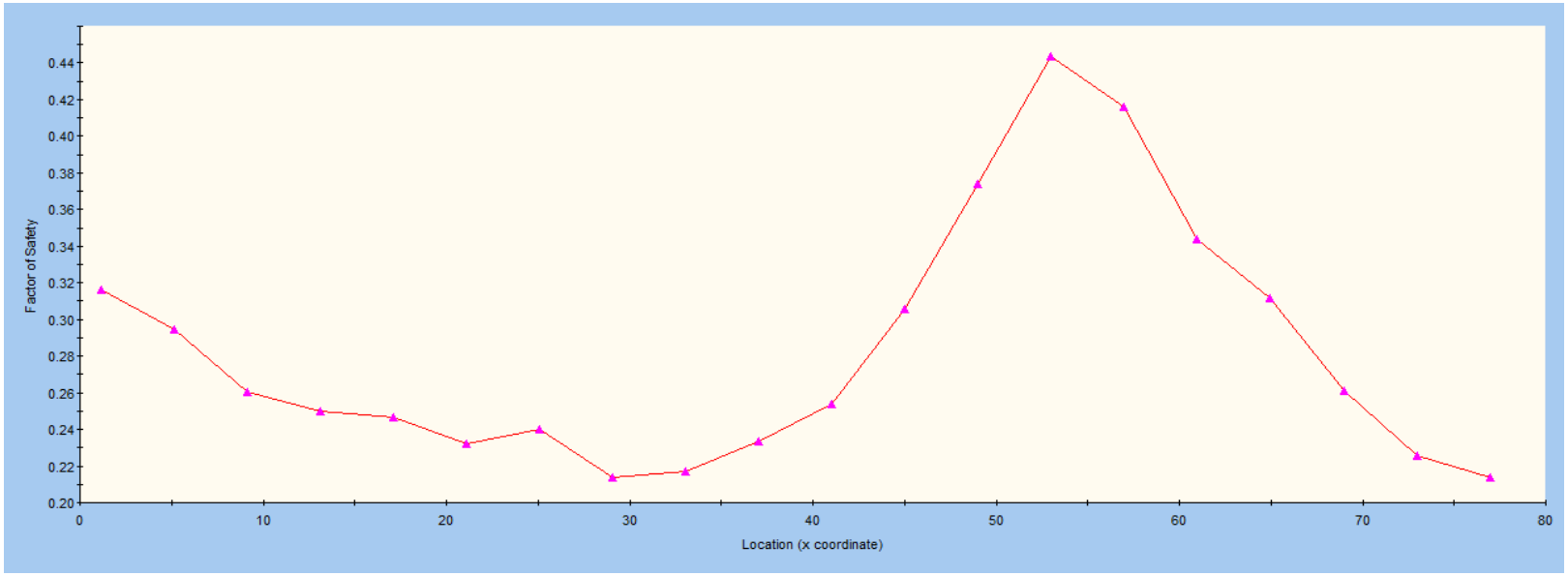
CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD PARA LA DOVELA N°10					
(Método GLE/MORGENSTERN-PRICE)					
Slice Number:	10		Matric Suction:	0	kPa
Factor of Safety:	0.213502		Excess Pore Pressure:	0	kPa
Base Friction Angle:	1.7	degrees	Initial Pore Pressure:	0	kPa
Base Cohesion:	14.71	kPa	Left Side Normal Force:	-831.148	kN
Slice Width:	5.02655	m	Left Side Shear Force:	-139.455	kN
Base Length:	14.3421	m	Left Side Resultant Force:	842.766	kN
Angle of Slice Base:	69.4836	degrees	Left Side Force Angle:	9.52471	degrees
Slice Weight:	394.481	kN	Right Side Normal Force:	0	kN
Frictional Strength:	-1.22889	kPa	Right Side Shear Force:	0	kN
Cohesive Strength:	14.71	kPa	Right Side Resultant Force:	0	kN
Shear Strength:	13.4811	kPa	Right Side Force Angle:	0	degrees
Mobilized Shear Resistance:	63.1428	kPa	Horizontal Seismic Force:	126.234	kN
Base Shear Force:	905.598	kN	Vertical Seismic Force:	126.234	kN
Base Normal Force:	-593.844	kN	Resultant Seismic Force:	178.522	kN
Base Normal Stress:	-41.4057	kPa	M-Alpha:	0.478067	
Effective Normal Stress:	-41.4057	kPa	Thrust Line Elevation:	26.3809	m
Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Bottom:	20.3094	m
Positive Pore Pressure:	0	kPa	Y coordinate - Top:	31.3215	m

Fuente: Software Slide v5.014.

Finalmente, el factor de seguridad (FS) calculado para el talud N°01 para un análisis pseudo-estático es de 0.214.



Figura 37. Vista del factor de seguridad a lo largo de la superficie topográfica del talud N°01 (análisis pseudo-estático).



- **Análisis:** Como el factor de seguridad para el talud N°01 es de 0.214, entonces se puede afirmar lo siguiente:
    - Desde el punto de vista conceptual (físico).

      FS < 1, por lo que **la condición de estabilidad del talud es inestable.**
    - Según la norma CE.020 estabilización de suelos y taludes.

      FS < 1.25 (para solicitaciones sísmicas), por lo que **la condición de estabilidad del talud es inestable.**

- **Resumen:** Para un análisis pseudo-estático, la condición de estabilidad del talud N°01 será inestable. Quedando sustentada y afirmada la premisa de la hipótesis general.

- Respecto a la condición inestable de estabilidad del talud obtenida, se sustenta en lo siguiente: topográficamente, la geometría del talud es bastante crítica; ya que los mismos pobladores de la localidad alteraron la topografía realizando trabajos de excavación para la apertura de una trocha que ellos mismos vienen realizando sin ninguna dirección y asesoramiento técnico, de ésta manera el talud en la actualidad presenta una pendiente promedio de 50.24% y 28° de inclinación. Hidrológicamente, se debe considerar que los niveles de precipitación en el Área de Investigación son muy elevados en temporadas de octubre-marzo y frecuentes en los demás meses del año, ello genera la formación de torrentes y escorrentías superficiales, debilitando considerablemente la estabilidad y resistencia del suelo. Geológicamente, se encontró presencia de rocas metamórficas (esquistos y gneises) con ligantes de arcillas y limos en su mayoría que por procesos de meteorización se van fracturando y disgregando formando depósitos que por acción de la gravedad se van arrastrando y generando sobrecargas al talud. Geotécnicamente las propiedades geo-mecánicas del suelo (peso unitario, densidad seca y húmeda, límites de Atterberg, parámetros de resistencia cortante, etc.) son bajas y críticas, por lo que requiere el material (terreno) del área de investigación ser reforzado.

4.2.6. Fenómenos geotécnicos y problemas técnico-ingenieriles encontrados.

- En la primera visita realizada por el tesista en el año 2017, se pudo observar la erosión y falla del pavimento flexible (fenómeno de piel de cocodrilo, baches y hundimientos) de un carril de la carretera central, también el deterioro y falta de mantenimiento de las obras de drenaje longitudinal (cunetas), transversal (alcantarillas) y algunas fisuras y agrietamientos en las viviendas aledañas al área de investigación. Cabe resaltar que en esa época no hubo ninguna intervención técnica ingenieril por parte de las autoridades, ni de las entidades competentes en resolver dichos problemas (INDECI, PROVIAS NACIONAL, DRTC, Gobierno Regional y Local). Por ello el tesista realizó coordinaciones

con los pobladores y autoridades locales, informándoles sobre el desarrollo de la tesis. Para el año 2018 la empresa CONCAR S.A realizó los trabajos de mantenimiento y reparación del pavimento flexible y cunetas en el área de investigación; sin embargo, en poco tiempo de haberse realizado los trabajos mencionados se pudo observar nuevamente el hinchamiento de la carpeta asfáltica de un carril de la carretera central y agrietamientos tensionales en las cunetas, lo cual generó una gran incomodidad y frustración por parte de la población. Por ello el tesista realizó diversos estudios multidisciplinarios para llegar a determinar la causa principal de dichos fenómenos técnico-ingenieriles. Todas las actividades realizadas (inspecciones, estudios y demás trabajos) se informaron a la Municipalidad Distrital de Chinchao en el año 2018 (entidad competente en su jurisdicción del área de investigación), obteniendo un reconocimiento mediante resolución municipal para el tesista y Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco (ver en los anexos).

- Como resultados analizados en base a las asesorías técnicas de especialistas en el rubro Geotécnico y Vial, finalmente se determinó que es necesario evaluar el potencial de expansividad de las arcillas, potencial de colapso en el suelo y determinar la ubicación de la napa freática que probablemente se encuentra a grandes profundidades (>10m.).

4.2.7. Evaluación del potencial de expansión del suelo

- Respecto al potencial de expansividad de las arcillas: Olatz y Gibbs (1956) demostraron que el índice de plasticidad y el límite líquido son índices de utilidad para determinar las características de expansión de la mayoría de las arcillas. El potencial de expansión se define como el porcentaje de aumento de volumen en una muestra confinada lateralmente, la cual se satura bajo una sobrecarga de 6.9 kN/m2 (0.07kg/cm2), después de ser compactada a su peso volumétrico máximo en la humedad óptima, de acuerdo a la prueba AASHTO

estándar. Puesto que el límite líquido y la expansión de las arcillas dependen de la cantidad de agua que la arcilla trata de absorber, no es sorpresa que estén relacionados. La relación entre el potencial de expansión de las arcillas y el índice de plasticidad puede establecerse como a continuación se indica en la tabla 10.

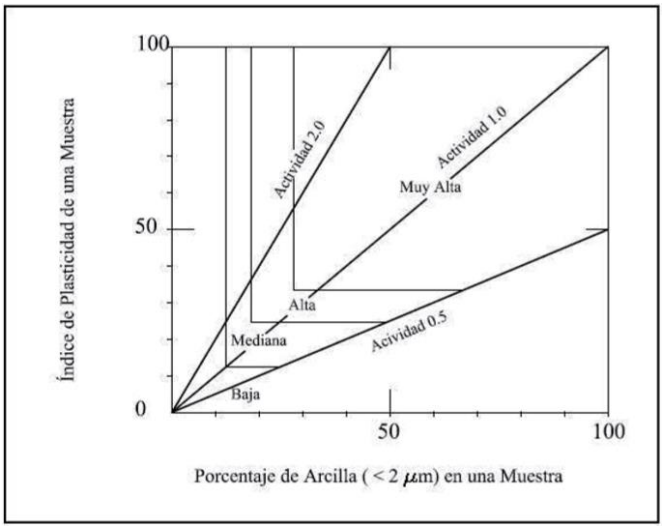
Tabla 10. Relación entre el potencial de expansión e índice de plasticidad.

Potencial de expansión	Índice de Plasticidad
Bajo	0-15
Medio	10-35
Alto	20-55
Muy Alto	35 ó más

Fuente: Beltrán, R. (2009). *Tabla 1.4. Relación entre potencial de expansión e índice de plasticidad* (p.23).

Además, según la norma técnica RNE - E050 Suelos y Cimentaciones (2018) respecto a los suelos expansivos, considera "*los suelos expansivos son suelos cohesivos con bajo grado de saturación que aumentan de volumen al humedecerse o saturarse*". En la figura 38 se indicará la clasificación de cambio potencial de volumen.

Figura 38. Clasificación de cambio de potencial de volumen.



Fuente: Norma técnica RNE E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES. (2018). *Figura 8. Clasificación de cambio de potencial de volumen* (p.49).

$$\text{Actividad (A)} = \frac{IP}{\%<2\mu m}$$

- En base a la caracterización geotécnica realizada en las instalaciones del laboratorio geotécnico del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) para la muestra representativa del material analizado en la estabilidad de talud, presenta un índice de plasticidad de 20% y un % de finos menores a 2µm de 23.96% (ver ANEXO A.4. ESTUDIO GEOTECNICO), que según la tabla 10 nos indica un **potencial de expansión alto de las arcillas**. Además, presenta una actividad con los siguientes datos:

IP = 20% ⇒ $A = \frac{20}{23.96} = 0.8$

%<2µm = 23.96%

- Para el potencial de expansión de las arcillas, se deben realizar pruebas de expansión, entre ellas: prueba de expansión libre y pruebas de presión de expansión.

  - En las del primer tipo, se coloca una muestra en el anillo de consolidación tan ajustadamente como sea posible y con el contenido de agua que se prevé para el suelo en el momento de la construcción; esta muestra se sujeta a una pequeña presión vertical del orden de 701 gr. por cm2. Las piedras porosas que se colocan arriba y debajo de la muestra deben haberse secado al aire al iniciar la prueba. Después se permite el paso del agua a la muestra a través de esas piedras y se mide su expansión vertical como función del tiempo, hasta que prácticamente cesa. El aumento del espesor, expresado como porcentaje del espesor original, se designa como expansión y es la medida del máximo porcentaje de aumento en volumen, puede expresarse que experimente el material como consecuencia de su contenido

de agua, un cambio de volumen menor que 1.5 por ciento se considera bajo; entre 1.5 y 5 porciento, medio; entre 5 y 25 por ciento, alto y superior a 25 por ciento, muy alto.

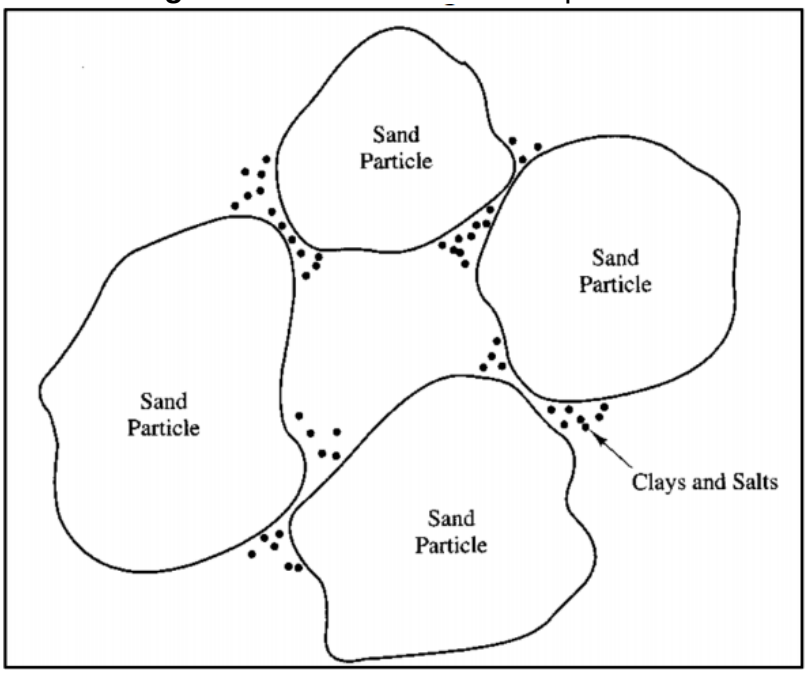
- La prueba de presión de expansión se efectúa con un equipo semejante, pero impidiendo la expansión vertical al humedecerse la muestra. La fuerza necesaria para impedir la expansión se determina como función del tiempo. La presión de expansión que se obtenga al final es la medida de la fuerza máxima por unidad de área que pueda producir el suelo en las condiciones de expansión extrema. Las presiones de expansión inferiores a 2ton/m2 se consideran bajas; presiones superiores a 200 ton/m2 se encuentran ocasionalmente. La norma ASTM 4546-96 presenta los métodos estandarizados para determinar la presión de expansión, a partir de pruebas en el odómetro.

- Además, según la norma técnica “E 050 SUELOS Y CIMENTACIONES 2018”, Capítulo VI. Problemas Especiales de Cimentación, artículo 37.3. Evaluación del Potencial de Expansión. Considera “*cuando el PR encuentre evidencias de la existencia de suelos expansivos, sustenta su evaluación mediante los resultados del ensayo para la Determinación del Hinchamiento Unidimensional de suelos cohesivos según NTP 339.170”.* Por lo tanto, se debe considerar realizar el ensayo mencionado para la progresiva Km 37+700 al Km 37+800 (Ruta Nacional PE+18A) en Pachachupán, y de verificar y encontrar suelos expansivos o medianamente expansivos a profundidades bajas deben ser retirados en su totalidad y ser reemplazados por otros materiales de mejores características y propiedades geo mecánicas (rellenos controlados o de ingeniería) debidamente compactados.

4.2.8. Evaluación del potencial de colapso del suelo

- Para el potencial de colapso en los suelos: algunos suelos aluviales (suelos transportados por el agua) y suelos coluviales (suelos transportados por gravedad) pueden ser altamente colapsables. En estos casos, cortas pero intensas precipitaciones inducen un rápido movimiento del suelo causando el flujo de agua y suelo, en este movimiento, el suelo se encuentra saturado y tiene alta relación de vacíos y baja densidad, luego el rápido secado por evaporación tensión capilar extrae el agua, causando con ello que los puntos de contacto entre las partículas tengan arcilla, limo y las sales solubles, según se aprecia de la siguiente figura 39, formando la estructura colapsable.

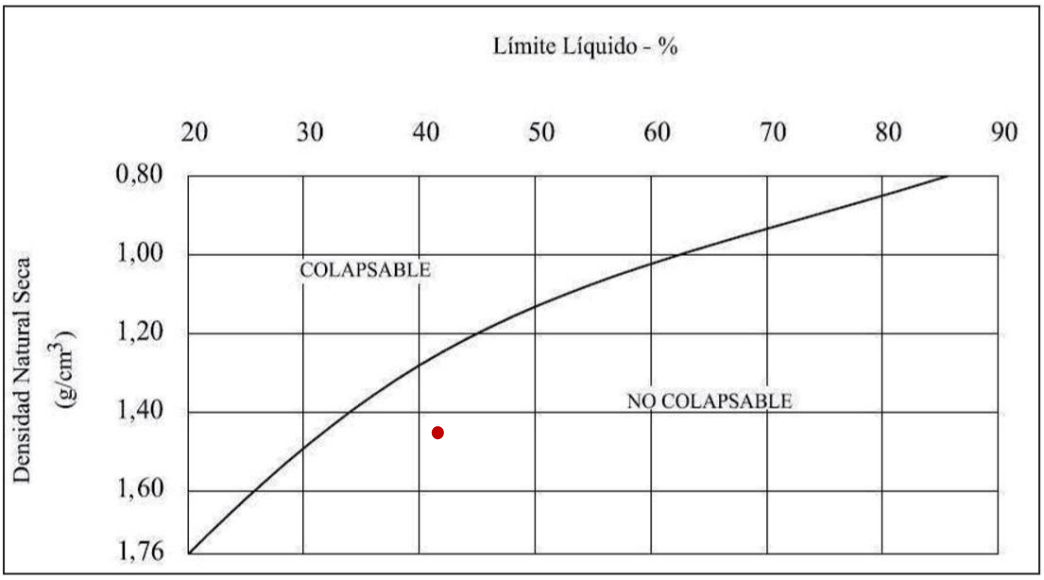
Figura 39. Vista de suelo colapsable.



Fuente: Flores, A. (2017). *Gráfico N°8. Vista de suelo colapsable* (p.40).

- Además, según la norma técnica RNE - E050 Suelos y Cimentaciones (2018) considera “los suelos colapsables son suelos que cambian violentamente de volumen por la acción combinada o individual de las siguientes acciones: al ser sometidos a un incremento de carga o al humedecerse o saturarse”. En la figura 40 se indicará los criterios de potencial de colapso en base a la densidad natural seca (g/cm3) y el límite líquido (%).

Figura 40. Criterios del potencial de colapso.



Fuente: Norma técnica RNE E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES. (2018). *Figura 7. Criterios del potencial de colapso* (p.47).

- En base a la caracterización geotécnica realizada en las instalaciones del laboratorio geotécnico del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) para la muestra representativa del material analizado en la estabilidad de talud, presenta una densidad natural seca de 1.44g/cm3 y un límite líquido de 42% (ver ANEXO A.4. ESTUDIO GEOTECNICO), que según la figura 40 nos indica un suelo no colapsable.

- Respecto al potencial de colapso del suelo, en base a los resultados indicados anteriormente no requiere la evaluación del Índice de Colapso. Debido a que los suelos colapsables se presentan en su mayoría de veces en suelos áridos y semiáridos, estos suelos son secos, es decir presentan contenidos bajos de humedad. De esta manera teniendo información que en el área de investigación los niveles de precipitación son permanentes ello genera la saturación e infiltración del agua en el material (suelo) formando torrentes y escorrentías superficiales. Por todo ello no se debe considerar la evaluación del potencial de colapso en el área de investigación.

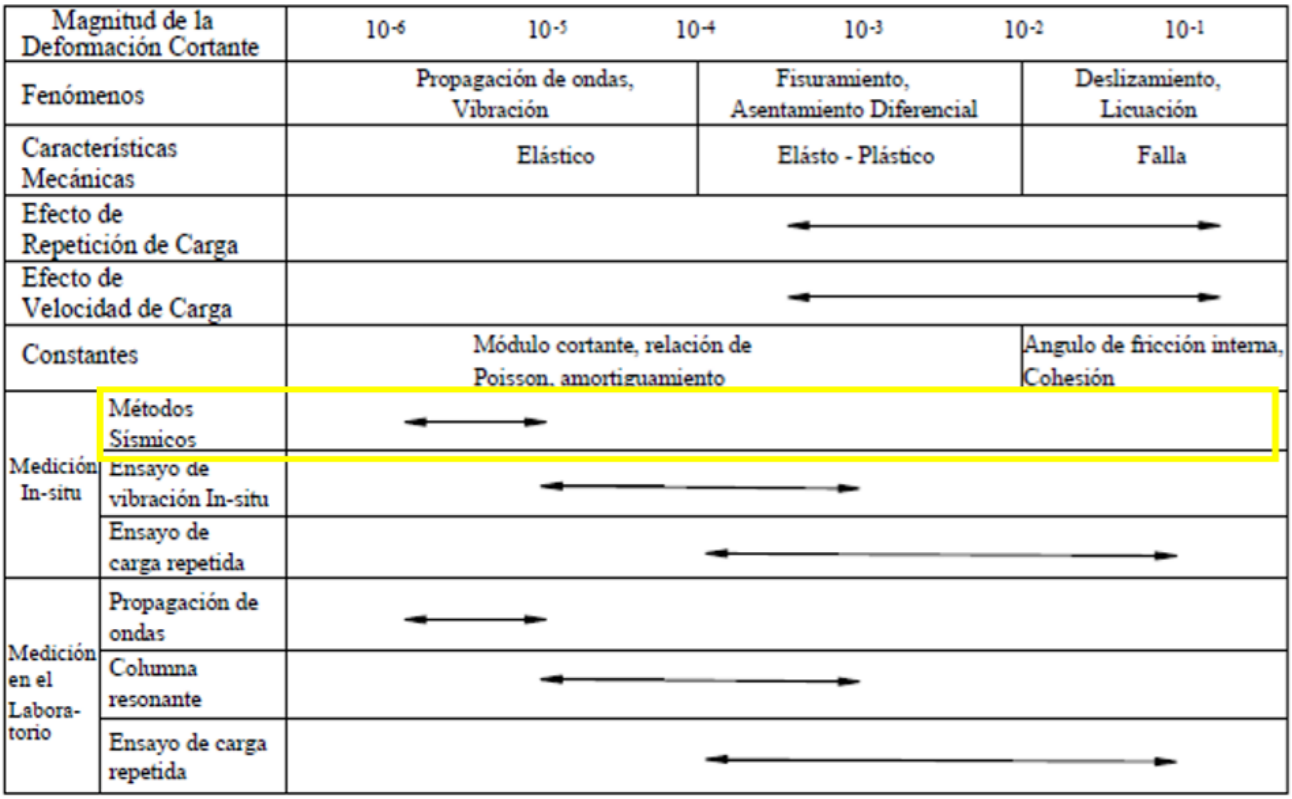
4.2.9. Alternativas de solución ingenieriles y geotécnicas.

- En el planeamiento de medidas efectivas de estabilización de taludes es importante entender las causas de la inestabilidad. Las causas más comunes son: talud muy empinado por corte o relleno, exceso de presión de poros causado por niveles freáticos altos o interrupción de la trayectoria de drenaje, socavación debido a la erosión de agua superficial y pérdida de resistencia con el tiempo debido a procesos de reptación e intemperismo.

- Existen diversos métodos y alternativas para la estabilización de taludes y deslizamientos: excavación, drenaje, contrafuerte de tierra o roca (bermas de relleno), estructuras de retención y técnicas especiales. Por ello se planteará dos alternativas: una será en base al criterio geotécnico-profesional y otra será en base al criterio costo-beneficio a favor de la población.

    - **Criterio geotécnico-profesional.** Adicionalmente a los estudios multidisciplinarios elaborados (topográfico, hidrológico, geológico, geotécnico y de amenaza y riesgo). Se debe realizar una evaluación hidrogeológica con auscultaciones de perforaciones profundas que permitan determinar un perfil estratigráfico completo e identificar la presencia y profundidad de aguas subterráneas, nivel freático o afloramientos. Para ello se recomienda realizar exploración del subsuelo por métodos geofísicos. Existen diversos tipos de ensayo: Métodos geo eléctricos (SEV), métodos electromagnéticos (GEORADAR), métodos gravimétricos y métodos sísmicos. Los métodos sísmicos son ensayos que inducen pequeñas deformaciones cortantes (Y_S<10^{-4}%).

Figura 41. Métodos sísmicos como medición in-situ.



Fuente: Calderón, D. (2018). *Métodos sísmicos* (p.5).

Los métodos sísmicos se basan en el registro de ondas P y/o S, así como de ondas superficiales. Entre ellos tenemos: ensayo de refracción sísmica, ensayo de medición de ondas superficiales, ensayo Down-Hole, etc.

Una vez determinado la presencia y profundidad del nivel freático en el área de investigación con los métodos sísmicos y ensayos indicados, se debe abatirlo disminuyendo su potencial de acción con un buen sistema de subdrenaje, debe colocarse una tubería perforada en el fondo de la zanja y la parte superior deberá impermeabilizarse o hacer una remoción del material por rellenos controlados o de ingeniería debidamente compactados, también se puede reforzar la estructura interna del suelo con inyección química y otros agentes estabilizantes.

Debido a la presencia de aguas subterráneas encontradas, éstas son más agresivas al ataque químico al concreto de

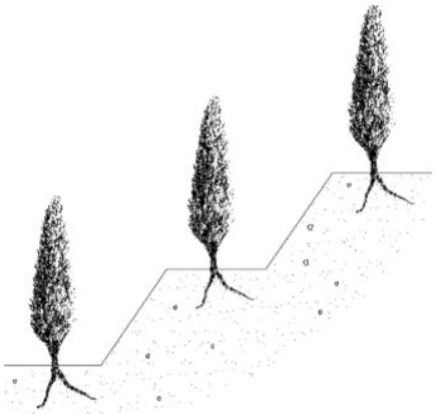
cimentaciones y demás estructuras, debilitando la resistencia del material, para lo cual es necesario realizar ensayos químicos del suelo y agua encontrados frente al ataque ácido, por sulfatos y cloruros. Estos trabajos deben ser realizados por personal altamente calificado y por expertos y especialistas en Geotecnia.

- **Criterio costo-beneficio.** Este criterio es muy factible de poder realizarlo en coordinación con las autoridades de la jurisdicción y pobladores. Entre ellos tenemos:

  a) Estabilización de taludes con métodos de bioingeniería, es decir utilizando diversas formas y técnicas de siembra en vegetación; evitando impactos ambientales negativos colaborando con el ecosistema y medio ambiente.

  Al respecto Quezada (2015) indica los siguientes métodos de Bioingeniería:

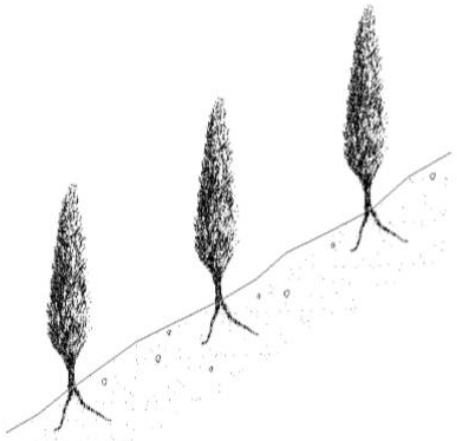
  - ✓ **Siembra de vegetación arbórea con bermas.** Este método tiene como finalidad, la de abatir la pendiente del talud con las bermas y vegetación arbórea colocada a una profundidad específica, anclándose al talud.



Fuente: Quezada, E. (2015). *Figura N°10. Siembra de vegetación arbórea con bermas* (p.4).

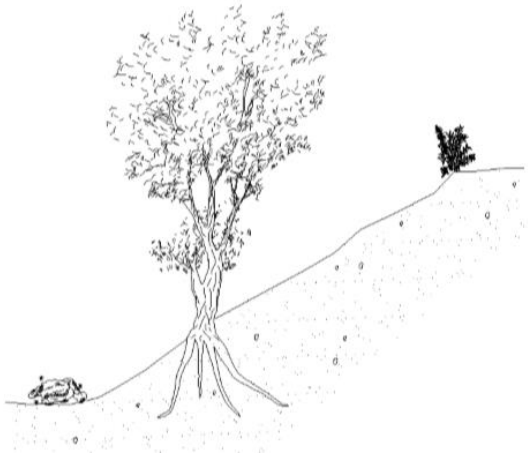
  - ✓ **Siembra de vegetación arbórea a lo largo del talud.** Éste método no abate la pendiente del terreno natural, posee vegetación arbórea colocada a una

profundidad específica a lo largo de la pendiente del talud para anclarse al mismo



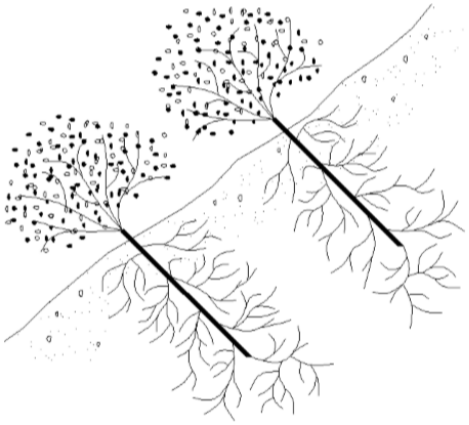
Fuente: Quezada, E. (2015). *Figura N°11. Siembra de vegetación arbórea a lo largo del talud* (p.4).

- ✓ **Siembra de vegetación arbórea en el pie del talud.** En éste método la vegetación debe de ser frondosa y pesada con una estructura de raíces alargada para ejercer la función de un contrafuerte al pie del talud.



Fuente: Quezada, E. (2015). *Figura N°12. Siembra de vegetación arbórea con función de contrafuerte* (p.4).

- ✓ **Estacas vegetadas.** La vegetación presente en éste método tiene la función de ancla mediante las estacas de madera que a su vez dan guía a que las raíces crezcan con una estructura alargada muy desarrollada.



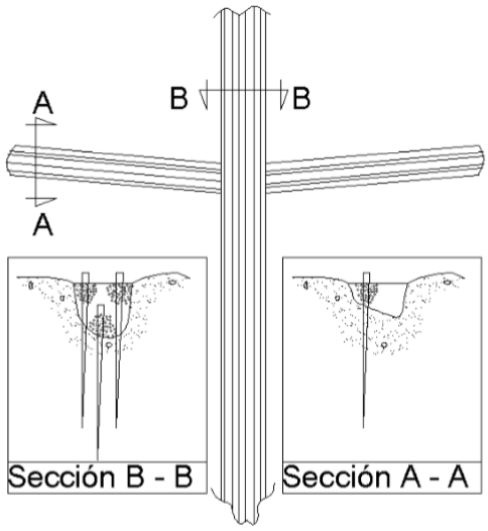
Fuente: Quezada, E. (2015). *Figura N°13. Esquema de una estaca vegetada* (p.4).

- ✓ **Haz de ramas vegetadas.** Las anclas de madera son de menor longitud, dando oportunidad a las raíces de crecer con una estructura equilibrada y desarrollada, los haces de ramas se colocan en filas a lo largo del talud en diferentes niveles para conducir el agua de lluvia hacia la vegetación donde será absorbida evitando la infiltración hacia el talud.



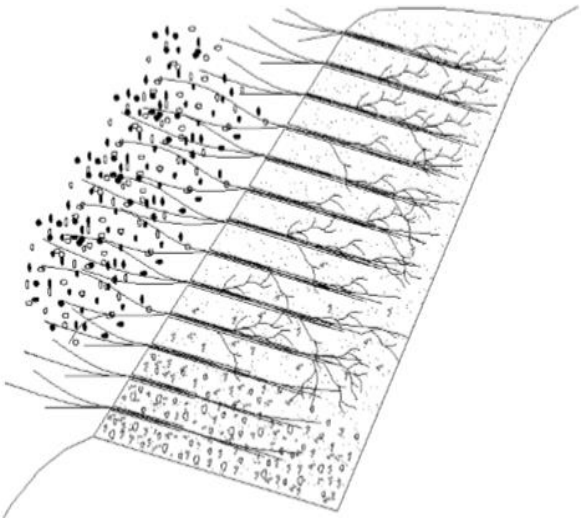
Fuente: Quezada, E. (2015). *Figura N°14. Haces de ramas vegetadas* (p.5).

- ✓ **Haz de ramas en drenes.** Al presentarse la precipitación, esta se verá dirigida a través de los drenes superficiales de los haces de ramas hacia el pie del talud, con esto se reduce la capacidad de infiltración del talud, además que las estacas trabajan como anclas



Fuente: Quezada, E. (2015). *Figura N°15. Haces de ramas vegetadas en drenes* (p.5).

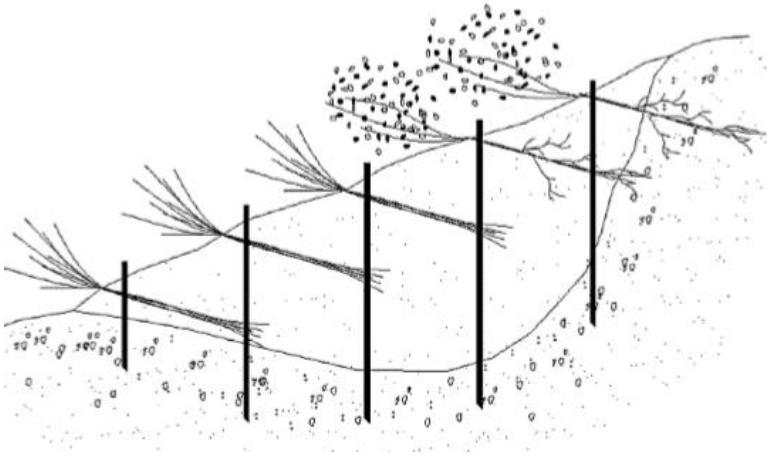
- ✓ **Estratificación con ramas.** La vegetación de esta metodología opera como una malla gracias al amplio desarrollo de las raíces de los distintos niveles de la estratificación propuesta para el talud en cuestión. La variación de éste método incluye una geo malla para el recubrimiento superficial de los estratos y asimismo prever que la erosión no causará daños a la superficie de los estratos.



Fuente: Quezada, E. (2015). *Figura N°16. Estratificación con ramas* (p.5).

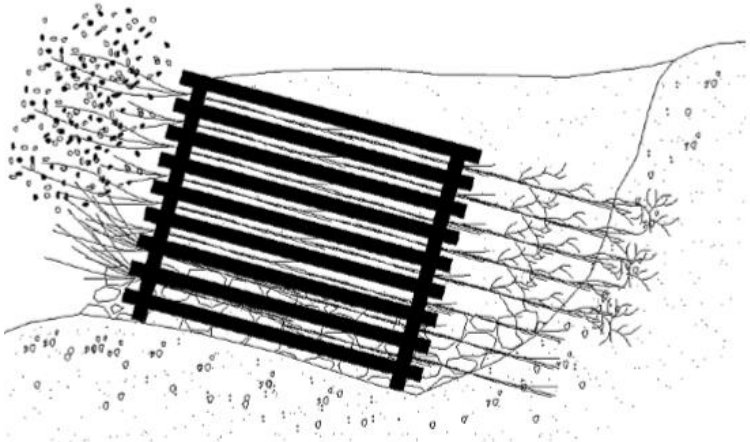
- ✓ **Barranca viva.** Éste método ofrece doble anclaje; el de las estacas verticales que llegan directo al fondo

de la barranca, como el anclaje de la vegetación hacia el talud.



Fuente: Quezada, E. (2015). *Figura N°17. Barranca viva* (p.5).

- ✓ **Muro criba vegetado.** Cada nivel de la criba (de madera) se rellena con la vegetación y suelo estabilizado, para darle anclaje al muro criba hacia el talud que por naturaleza trabaja como contrafuerte por su tamaño y peso. Se instalan rocas en los primeros niveles del muro criba aportando firmeza.

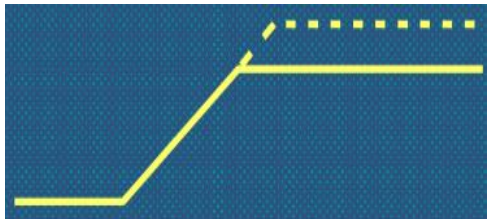
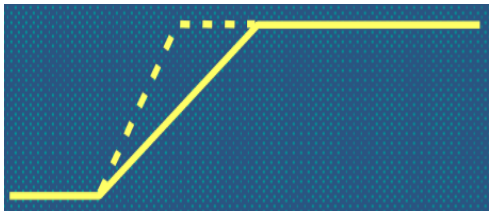


Fuente: Quezada, E. (2015). *Figura N°18. Muro criba vegetado* (p.5).

Con respecto a los métodos de bioingeniería, se debe considerar en el área de investigación por recomendación del tesista el uso del bambú (guadua angustifolia) como un muro de contención ecológico y barrera para el talud. (ver ANEXO A.5. ESTUDIO DE AMENAZA Y RIESGO, ítem 6.3 Análisis y medida de control adoptada para mayor referencia).

b) Trabajos de excavación, es decir actualmente existen aludes y otros depósitos de rellenos en la parte superficial del talud y esto puede generar la formación de fenómenos de geodinámica externa debido a la frecuencia de las precipitaciones. Por la cual se puede alterar y mejorar la geometría del talud reduciendo la altura del talud con excavaciones en la parte superior, reduciendo el ángulo de inclinación del talud, excavando banquetas de corte en la parte superior del talud o excavando completamente la masa del deslizamiento. A continuación, se detallará en la figura 42.

Figura 42. Métodos de estabilización de taludes y deslizamientos - excavación (Turnbull y Hvorslev, 1968).

ESQUEMA	MÉTODO APLICABLE	COMENTARIOS
	1° Reducir el talud con excavaciones en la Parte superior.	El área debe ser accesible al equipo de construcción. Se requiere de un lugar apropiado para colocar el suelo excavado. Alguna veces se incorpora drenaje a este método.
	2° Tendido del ángulo del talud.	
	3° Excavar banqueta en la parte superior del talud.	
	4° Excavar completamente la masa del deslizamiento.	

Fuente: Alva, J. (2012). *Métodos de estabilización de taludes y deslizamientos.* (p.225).

Además, según la tabla 304.10 del Manual de Carreteras: Diseño Geométrico Revisada y Corregida a enero de 2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, establece el requerimiento o no de banquetas de corte en base a la altura de corte como se indica a continuación en la figura 43.

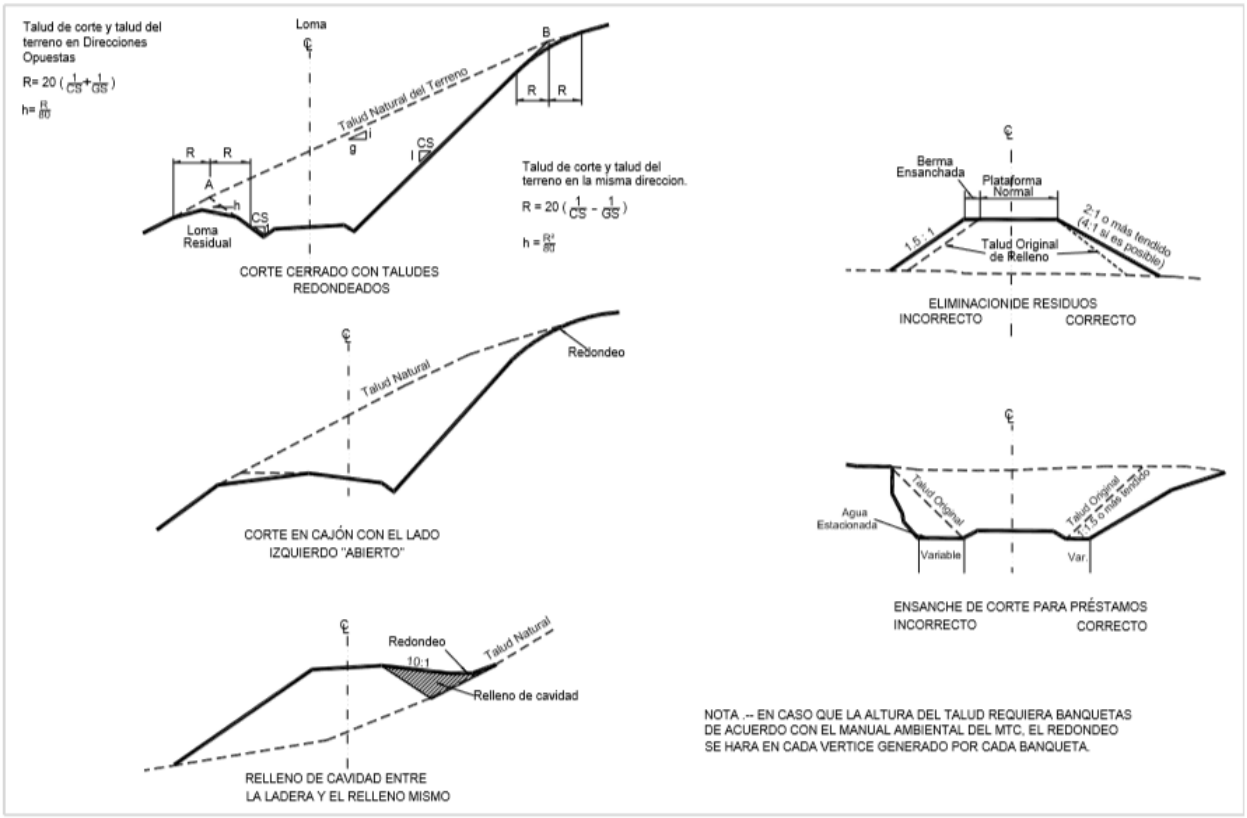
Figura 43. Valores referenciales para taludes en corte (relación H:V)

Clasificación de materiales de corte		Roca fija	Roca suelta	Material		
				Grava	Limo arcilloso o arcilla	Arenas
Altura de corte	<5 m	1:10	1:6-1:4	1:1 - 1:3	1:1	2:1
	5–10 m	1:10	1:4–1:2	1:1	1:1	*
	>10 m	1:8	1:2	*	*	*

(*) Requerimiento de banquetas y/o estudio de estabilidad.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Tabla 304.10. Valores referenciales para taludes en corte.* (p.204).

Figura 44. Tratamiento de taludes tipo.



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Tabla 304.08. Tratamiento de taludes tipo.* (p.205).

En base a la figura 44, se puede considerar el requerimiento de banquetas de corte para el talud, considerando las medidas del talud en el área de investigación:

- ✓ Ancho del cabezal o corona del talud = 10m.
- ✓ Ancho del pie del talud = 60m.
- ✓ Longitud inclinada del talud = 42m.

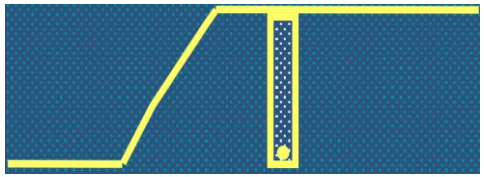
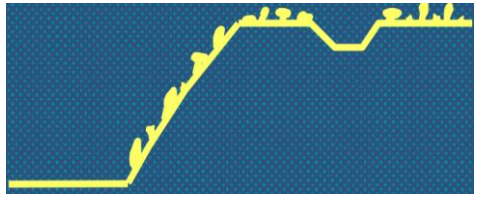
Además de construir zanjas de coronación como sistemas de drenaje para las escorrentías superficiales que se puedan generar.

b) Sistemas de drenaje. También es considerado como otro método de estabilización del talud utilizando:

- ✓ Drenes de pequeño diámetro
- ✓ Zanjas de sub drenaje profundas y continuas. Generalmente a profundidades de 5 a 15 pies.
- ✓ Pozos verticales perforados, generalmente de 18 a 36 pulgadas de diámetro.
- ✓ Mejora en el drenaje superficial a lo largo de la parte superior con cunetas abiertas o canales pavimentados. Sembrar plantas en el talud con raíces profundas y resistentes a la erosión (hidrosiembra).

A continuación, se detallará en la figura 45. El esquema de los métodos de estabilización de taludes y deslizamientos a través de sistemas de drenajes.

Figura 45. Métodos de estabilización de taludes y deslizamientos - drenaje (Turnbull y Hvorslev, 1968).

ESQUEMA	MÉTODO APLICABLE	COMENTARIOS
	1° Drenes horizontales de pequeño diámetro.	1°Más efectivo si llega al acuífero natural. Los drenes son usualmente de flujo libre.
	2° Zanjas de subdrenaje profundas y continuas. Generalmente a profundidades de 5 a 15 pies.	2°El fondo de las zanjas debe tener pendiente para drenar y ser conectado con tubería de salida. Debe colocarse tubería perforada en el fondo de las zanjas.
	3° Pozos verticales perforados, generalmente de 18 a 36 pulgadas de diámetro.	3°Puede ser bombeado o conectado con una salida de gravedad. Varios pozos en fila unidos al fondo pueden formar una galería de drenaje.
	4° Mejora en el drenaje superficial a lo largo de la parte superior con cunetas abiertas o canales pavimentados. Sembrar plantas en el talud con raíces profundas y resistentes a la erosión.	4°Buena práctica para la mayoría de los taludes. Dirigir la descarga fuera de la masa deslizante.

Fuente: Alva, J. (2012). *Drenaje.* (p.225).

c) Estabilización de suelos mediante métodos químicos. En base a la norma CE.020 ESTABILIZACIÓN DE SUELOS Y TALUDES, ítem 6.1. Estabilización de suelos mediante métodos químicos, considera *"se aplican métodos químicos en la estabilización de suelos, en casos que: no cumpla con los requisitos mínimos de resistencia o deformación para sustentar obras de ingeniería civil, no pueda ser empleado en condiciones naturales y no pueda ser eliminado o reemplazado por otro.* Los métodos químicos se aplican a través de un aditivo estabilizador, éste debe emplearse en el tratamiento de superficies de suelos con materiales orgánicos o de granulometrías muy finas. A continuación, en la figura 46 se mostrará los diferentes agentes estabilizadores.

Figura 46. Agentes estabilizadores químicos.

TIPO DE SUELO	Arcillas Finas	Arcillas Gruesas	Limos finos	Limos Gruesos	Arenas Finas	Arenas Gruesas
Tamaño de partícula (mm)	< 0,0006	0,0006 - 0,002	0,002 - 0,01	0,01 - 0,06	0,06 - 0,4	0,4 - 2,0
Estabilidad volumétrica	Muy pobre	Regular	Regular	Bueno	Muy bueno	Muy bueno
CAL	SI	SI	SI			
CEMENTO	NO	NO	NO	NO	SI	SI
ASFALTO					SI	SI

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones. CE.020. (2012). *Aditivo estabilizador* (p.8)

En base a la caracterización geotécnica realizada en las instalaciones del laboratorio geotécnico del CISMID el suelo presenta una cantidad de gravas [N°4<ϕ<3"] de 4%; una cantidad de arenas [N°200<ϕ<N°4] de 27.2% y una cantidad de finos [ϕ<N°200] de 68.7% (ver ANEXO A.4. ESTUDIO GEOTECNICO), en vista a ello el material predominante es de materiales finos por lo que según la figura 75 se pueden utilizar como estabilizantes químicos la cal. Para aplicar dicho método químico el profesional responsable deberá sustentar mediante un estudio técnico, que el suelo alcanzará la estabilidad volumétrica, adecuada resistencia, permeabilidad, compresibilidad y durabilidad.

CAPÍTULO V
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

5.1. FALLA GEOLÓGICA.

- En el desarrollo de la presente tesis se obtuvo como resultados que la falla geológica se encuentra actualmente inactiva, además es perjudicial en la estabilización del talud ya que altera su topografía (geometría) por el traslado y acarreo de material (roca o suelo); por procesos erosivos y de intemperización. También genera fisuras y agrietamientos tensionales a lo largo de su recorrido afectando terrenos de cultivo, y la estructura interna del talud. Es importante considerar que la falla geológica puede volver a reactivarse por permanentes eventos sísmicos cercanos al lugar, siendo así un detractor muy crítico en la formación permanente de fenómenos de geodinámica externa.

  Al respecto, estudios como el de Beltrán (1993), han señalado que en la cuenca del río Shullcas hay presencia de falla geológica activa que cruza con los nevados y está compuesta de dos tramos separados por una brecha de 4km y la ruptura de ásta separando los dos segmentos que produciría un terremoto de buena intensidad que ocasionaría un desastre de mayores proporciones.

  De igual manera Lira et al. (2010), han señalado que tras el megaterremoto de subducción Mw 8.8. del 27 de febrero del 2010, una secuencia de sismos de intraplaca en la región del antearco andino, dominada por dos eventos principales (Mw 6.9 y 7.0) ocurridos el 11 de marzo, puso de manifiesto la reactivación de la falla Pichilemu.

  Por otro lado Farias et al. (2011), han señalado que la elevada actividad sísmica en forma de microsismicidad estaría apoyando la hipótesis de la etapa inter-sísmica donde los esfuerzos tectónicos asociados son de menor magnitud que en la etapa co-sísmica.

5.2. ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD.

- Para la presente tesis se realizó el ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (UU) para la muestra más representativa y crítica encontrada (calicata N°02 - E02) “Arcilla delgada arenosa - CL”, obteniendo como resultados:

  Propiedades físicas.

  Peso unitario seco (ɣ) = 1.44g/cm3 ≈ 14.1216 kN/m3.

  Parámetros de resistencia de corte.

  Cohesión (c) = 0.15 kg/cm2 ≈ 14.71 kN/m2.

  Ángulo de fricción (ϕ)= 1.7°

  Al respecto estudios como el de Mora, R., y Rojas E. (2012), han señalado que para analizar la estabilidad de talud durante un período de intensas lluvias se debe determinar el efecto de la saturación en la estabilidad de taludes, utilizando los conocimientos sobre el flujo de agua, la resistencia y la estabilidad de taludes en suelos no saturados. Para ello se realizaron ensayos triaxiales consolidados-drenados (CD), con suelo saturado, de esta manera, se utilizaron 3 especímenes de suelo de 3.5 cm de diámetro y 9 cm de alto, a cada muestra se le aplicaron esfuerzos confinantes de 49.03 kN/m2, 98.07 kN/ m2 y 147.10 kN/m2. Obteniendo como resultados: **Para las propiedades físicas** de: ɣ=16.37 kN/m3. Y para los **parámetros de resistencia cortante** para los ensayos triaxiales saturados de: c=3.63 KN/m2 (cohesión), ϕ=29° (ángulo de fricción).

  En conformidad con las investigaciones precedentes, en ambas se realizaron los ensayos de compresión triaxial para evaluar y determinar las propiedades geo mecánicas del suelo (propiedades físicas y parámetros de resistencia cortante) en el talud. Sin embargo, los resultados de las mencionadas propiedades geo mecánicas difieren. Ello se debe a las diferentes características del material obtenidas en su clasificación SUCS, a las condiciones de saturación o

no saturación evaluadas, así como al tipo de ensayo triaxial elegido. Para nuestra investigación por ejemplo se utilizó el ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (UU) por no encontrar ningún tipo de afloramiento, agua subterránea o nivel freático en las prospecciones de campo, además de presentar como material característico y determinante suelos arcillosos, a diferencia de la otra investigación que para este caso evaluó las condiciones de saturación en el talud.

- Para la determinación de la condición de estabilidad del talud, se realizó los análisis estático y pseudo-estático obteniendo como factores de seguridad de: 0.381 y 0.214 respectivamente. De ésta forma se determinó la condición de inestabilidad del talud en el área de investigación.

  Al respecto, estudios como el de Mendoza (2016), evaluaron el análisis de estabilidad de taludes de suelos de gran altura en la mina Antapaccay eligiendo secciones que superaban ligeramente los criterios de aceptabilidad obteniendo como factores de seguridad a nivel de banco resultan 1.937 y 1.419 a nivel global en condiciones estáticas; mientras que, en condiciones pseudoestáticas 1.525 a nivel de banco y 1.084 global.

  En conformidad con las investigaciones precedentes, en ambas se realizaron los análisis estático y pseudoestático para evaluar la condición de estabilidad del talud, así como el uso del mismo software computacional Slide para el modelado físico y cálculo. Sin embargo, se debe considerar que para la presente tesis utilizó la sección más crítica del talud (talud N°01) en base al estudio topográfico (ver ANEXO A.1 ESTUDIO TOPOGRÁFICO) evaluando de esta forma resultados en condiciones extremas y máximas del área de estudio, a diferencia de la otra investigación en la cual consideró una sección que superaba los criterios de aceptabilidad.

- Como alternativa de solución técnico ingenieril a criterio de costo-beneficio se considera entre ellas aplicar técnicas de bioingeniería, utilizando el bambú (guadua angustifolia) como muro de contención ecológico por su comportamiento estructural y por la factibilidad en cuanto a costo, proceso constructivo y tiempo de ejecución en beneficio de los pobladores que radican aledaños al área de investigación. Además de estar normado por la E.100 en nuestro reglamento nacional de edificaciones (RNE).

  Al respecto, estudios como el de Carmiol (2009), han señalado que el bambú guadua es un material que por sus características físicas y alta resistencia se utiliza como material de construcción en infinidad de obras. Las que se proponen aquí son nuestra recomendación para zonas rurales y casos de bajo impacto, donde los pobladores no solo tienen la posibilidad de sembrar el bambú en sus fincas, sino también de aprovecharlo para prevenir la erosión, los deslizamientos y las inundaciones que periódicamente suelen afectar sus parcelas.

CONCLUSIONES

- La condición de estabilidad de talud en la falla geológica en el área de investigación para un análisis estático y pseudo-estático es inestable.

- La falla geológica se encuentra inactiva, no representando un riesgo potencial crítico en la formación de fenómenos de geodinámica externa (deslizamientos, flujos de tierra, flujos de detritos).

- El factor de seguridad (FS) para el análisis estático del talud N°01 es de 0.381 y para un análisis pseudo-estático, de 0.214.

- Los parámetros utilizados por el método de equilibrio límite en el análisis de estabilidad del talud son: propiedades físicas (granulometría, límites de consistencia, peso unitario seco, gravedad específica y contenido de humedad) y parámetros de resistencia cortante (cohesión y ángulo de fricción).

- El método de análisis utilizado por el método de equilibrio límite en el análisis de estabilidad del talud fue el GLE/Morgenstern Price.

- Se utilizó como herramienta computacional el software Slide v5.014 para obtener el modelo físico del talud N°01 y calcular el factor de seguridad.

- Se realizaron en total 5 estudios multidisciplinarios (topográfico, hidrológico, geológico, geotécnico y de amenaza y riesgo) para el desarrollo de la presente tesis. Cada uno se adjuntará en los anexos para su evaluación y estudio.

- Como alternativas de solución ingenieriles y geotécnicas se plantearon en base a 2 criterios: **criterio geotécnico profesional** (realizar una evaluación hidrogeológica con auscultaciones de perforaciones profundas a través de métodos sísmicos como el ensayo de refracción sísmica,

ensayo de medición de ondas superficiales y ensayo Down Hole; se debe ubicar la presencia de napa freática en el subsuelo para drenarla o bombearla, luego hacer una remoción del material por rellenos controlados o de ingeniería debidamente compactados o sino reforzar la estructura interna del suelo con inyección química y otros agentes estabilizantes; finalmente, debido a la presencia de aguas subterráneas encontradas se debe de realizar ensayos químicos de suelo y agua frente al ataque de ácido, sulfatos y cloruros), **criterio costo beneficio** (Se debe de aplicar métodos de bioingeniería para la estabilización del talud, utilizando diversas formas y técnicas de siembra en vegetación; utilizando el bambú guadua angustifolia como muro de contención ecológico. Además de realizar trabajos de excavación con la finalidad de alterar su topografía para mejorarla; también se debe de considerar sistemas de drenaje como drenes de pequeño diámetro, zanjas de sub drenajes profundas y continuas para el escurrimiento de las permanentes precipitaciones que hay en el área de investigación y finalmente se puede considerar la estabilización de los suelos mediante métodos químicos como cal y cemento en base al tipo de material encontrado, para aplicar dicho método el profesional responsable deberá sustentar mediante un estudio técnico, que el suelo alcanzará la estabilidad volumétrica, adecuada resistencia, permeabilidad, compresibilidad y durabilidad).

RECOMENDACIONES

- Para analizar y evaluar la condición de estabilidad de un talud es imprescindible realizar estudios multidisciplinarios (topográfico, hidrológico, geológico, geotécnico, amenaza y riesgo, entre otros) para determinar todos los parámetros necesarios (geométrico, geológico, hidrológico e hidrogeológico, geotécnico, ambiental y antrópico, etc.).

- Se recomienda contar con la opinión y asesoría de expertos y especialistas en el rubro metodológico, en la parte técnica y en el rubro geotécnico fundamentalmente por ser el área de la investigación para el desarrollo de la presente tesis.

- Se deben de revisar y aplicar todas las disposiciones normativas nacionales posibles para realizar los estudios, plantear las alternativas y soluciones, determinar los criterios técnicos-profesionales, etc. Además, se deben utilizar fuentes internacionales de ser el caso en temas poco revisados (artículos científicos, tesis, proyectos ingenieriles, entre otros.).

- Se recomienda a todos los estudiantes, bachilleres, profesionales de ingeniería civil y público involucrado en temas de vulnerabilidad en riesgos naturales (línea de investigación) del rubro geotécnico profundizar sus conocimientos, considerando que hoy en distintos departamentos del país, incluyendo la región de Huánuco se viene suscitando diferentes fenómenos de geodinámica externa (deslizamientos, flujos de tierra, de piedra, de lodos, de detritos, etc.) tomando en cuenta que las autoridades locales, provinciales y regionales hacen poco o nada por afrontar estos problemas que se frecuentan por falta de proyectos y estudios concienzudos de profesionales competentes y especializados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alaniz, S., Nieto, A., Orozco, M., Vasallo, L., Xu, S. (2002). El sistema de fallas Taxco-San Miguel de Allende: Implicaciones en la deformación post-eocénica del centro de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana,* 55(1), 12-29.

2. Anampa, D. (Sin fecha), *Problemas de estabilidad de taludes en caminos rurales*, Lima, Perú: Instituto de Construcción y Gerencia.

3. Alva, J. (2010). Los suelos en lima y su comportamiento frente a sismos. En ACI Perú (Presidencia), *adecuación de las edificaciones existentes a las normas de diseño sismoresistentes.* Seminario de actualización profesional llevado a cabo en la facultad de ingeniería civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

4. Alva, J. (2012). *Diseño de Cimentaciones.* Recuperado de http://www.ciplima.org.pe/cidi/cidivirtual/alerta/2013/febrero/l1.pdf.

5. Álvarez, G. (2016). *Estudio geotécnico para establecer la alternativa de cimentación y el sistema de retención para la estabilidad de un talud vertical que se proyecta dejar en Santa Fe delegación Álvaro Obregón México distrito federal* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México, México.

6. Alvino, M, & Obregón J. (2015). *Estudio de los procesos erosivos avanzados en los Km. 63+500 y 72+800 de la ruta nacional PE+18A, sector Huánuco – Tingo María, provincia de Huánuco 2015* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco, Perú.

7. Barrientos, D. (2017). *Estabilización de deslizamientos rotacionales dinámicos mediante sistemas de anclaje en suelos en la carretera Canta-Huayllay entre las progresivas 103+280 y 103+500* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

8. Beltrán, R. (2009). *Diseño geotécnico y estructural de una cimentación en arcilla expansiva* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México, México.

9. Beltrán, R. (1993). *Efectos de la falla geológica del Huaytapallana en la prevención y mitigación de desastres en la cuenca del río Shullcas-Huancayo* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

10. Borja, M. (2012). *Metodología de la investigación científica para ingenieros.* Recuperado de https://es.slideshare.net/manborja/metodologia-de-inv.cientifica-para-ing-civil.

11. Calderón, D. (2018). Ensayos geofísicos para la determinación de parámetros dinámicos del suelo. [diapositiva]. Lima: Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, 35 diapositivas.

12. Carmiol, V. (2015). Bambú guadua, en muros de contención. *Tecnología en Marcha, 22(4), 38-44.*

13. Castro, A. (2010). *Técnicas de protección de taludes viales utilizadas en la zona central de chile* (tesis de pregrado). Universidad de Chile, Santiago, Chile.

14. Das, B. (2001). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. California, USA: Thomson editores.

15. Farias, M., Comte, D., Roecker, S., Carrizo, D. & Pardo, M. (2011). *Crustal extensional faulting triggered by the 2010 Chilean Earthquake*: The Pichilemu Seismic Sequence. Tectonics, 30, TC6010, doi:10.1029/2011TC002888.

16. Flores, A. (2017). *Determinación del tipo de suelo y potencial de colapso del suelo del puesto de salud Intiorko Distrito de Ciudad Nueva, Departamento de Tacna – 2017* (tesis de pregrado). Universidad Privada de Tacna, Tacna, Perú.

17. García, J. (2017). *Estabilización de taludes de la carretera PE-3N, Km 263+100* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco, Perú.

18. Grupo de estándares para movimientos en masa. (2007). *Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas.* Recuperado de http://www.ingemmet.gob.pe/documents/73138/442884/GuiaEvaPeligros.pdf.

19. Herráiz, M. (2011). *Conceptos básicos de sismología para ingenieros*. Recuperado de https://www.cismid-uni.org/publicaciones/download/2-publicaciones/57-conceptos-basicos-de-sismologia-para-ingenieros.

20. Hernández R., Fernández C., y Baptista M. (2010). *Metodología de la investigación.* México: Mc Graw Hill.

21. Hoyos, F. (2001). *Geotecnia Diccionario Básico*. Recuperado de https://www.academia.edu/1329261/GEOTECNIA_DICCIONARIO_B%C3%81SICO.

22. Ilustre Colegio Oficial de Geólogos. (2016). *Slide la mejor aplicación de estabilidad de taludes.* Recuperado de https://www.icog.es/TyT/index.php/2016/10/slide-la-mejor-aplicacion-estabilidad-taludes/.

23. Lira, E., Sielfeld, G., Bosch, A., Castellón, R., Cumming, D., Figueroa, R., Gottreux, I., Gutierrez, A., Iturrieta, P., Maringue, J., Muñoz, J., Pérez, N., Santibañez, I., y Yañez, G. (2015). Reactivación de fallas de larga vida transversales al orogénico andino. Perspectivas desde la falla Pichilemu. En Sociedad Geológica y Colegio de Geólogos de Chile (Presidencia), *XIV Congreso geológico chileno. L*levado a cabo en el departamento de ingeniería estructural y geotécnica de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

24. López, H. (2014). *Evaluación del riesgo ante la inestabilidad de taludes en el tramo de la carretera Tecte – San Rafael* (tesis de pregrado). Universidad de Huánuco, Huánuco, Perú.

25. Mendoza, J. (2016). *Análisis de estabilidad de taludes de suelos de gran altura en la mina Antapaccay* (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

26. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018*. Recuperado de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf.

27. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma técnica E 0.50 suelos y cimentaciones*. Recuperado de http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20III%20Edificaciones/53%20E.050%20SUELOS%20Y%20CIMENTACIONES.pdf.

28. Mora, R., y Rojas, E. (2012). Efecto de la saturación en el deslizamiento de talud en la comunidad San Juan de Grijalva, Chiapas. *Ingeniería Investigación y Tecnología,* 8(1), 55-68.

29. Muñoz, M. (2017). *Evaluación de soluciones de estabilidad para deslizamientos en tres tramos críticos de la carretera Ilabaya – Cambaya – Camilaca, distrito de Ilabaya – Jorge Basadre – Tacna* (tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.

30. Niemeyer, H. (1999). *Apuntes de geología estructural*. Recuperado de http://www.ucursos.cl/usuario/c19094b1ea89f1f08e243796b671e2e5/mi_blog/r/geologia_estructural_-_hans_niemeyer.pdf.

31. Pedemonte, I. (2018). *Evaluation of open pit slope deformation using novel numerical modeling software slope model* (tesis de pregrado). Universidad de Chile, Santiago, Chile.

32. Pérez, E. (2005). *Estabilidad de taludes*. Catalunya, España: Pere Prat.

33. Portilla, M. (2014). *Reconstrucción y análisis de ocurrencias regionales de múltiples eventos de movimientos en masa generados por lluvias históricas en los Pirineos* (tesis de doctorado). Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España.

34. Reyes, A. (2015). *Análisis tridimensional de estabilidad de taludes por el método de equilibrio límite de depósitos de desmonte de mina* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

35. Reglamento Nacional de Edificaciones (2012). *Norma técnica E 0.20 suelos y taludes*. Recuperado de http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvudocs/TITULO_II_HABILITACIONES%20URBANAS/II.2%20COMPONENTES%20ESTRUCTURALES/CE.020%20SUELOS%20Y%20TALUDES%20DS%20N%C2%B0%20017-2012.pdf.

36. Rivera, H. (2011). *Geología general.* Lima, Perú: Megabyte.

37. Rojas, J, & Valverde J. (2010). *Análisis de fallas geológicas y riesgo sísmico en la zona noroeste de lima mediante imágenes de satélite* (tesis de pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.

38. Suarez, L. (2016). *Análisis de estabilidad de taludes con aplicaciones en Matlab*. Medellín, Colombia: L.O. Suárez Burgoa.

39. Suarez, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Bucaramanga, Colombia: Ingeniería de suelos Ltda.

40. Suarez, J. (2009). *Deslizamientos análisis geotécnico*. Santander, Colombia: Universidad Industrial de Santander.

41. Utria, B. (2018). Desafíos para el fortalecimiento de la resiliencia en ciudades de América Latina. En MVCS. Piqué (Presidencia). *Conferencia llevada en el III Seminario Internacional de gestión de riesgo de desastres para el desarrollo de ciudades seguras*, Lima, Perú.

ANEXOS

Anexo N°01. Resolución de aprobación del proyecto de investigación.

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 663-2018-CF-FI-UDH

Huánuco, 17 de agosto de 2018

Visto, el Oficio N° 332-C-EAPIC-FI-UDH-2018, del Coordinador Académico de Ingeniería Civil, referente al bachiller José Antonio, BUSTILLOS COTRADO, del Programa Académico Ingeniería Civil Facultad de Ingeniería, quien solicita Aprobación del Proyecto de Investigación;

CONSIDERANDO:

Que, según Resolución Nº 560-99-CO-UH, de fecha 06.09.99, se aprueba el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería, vigente;

Que, según el Expediente 1501-18, del Programa Académico de, Ingeniería Civil, Informa que el Proyecto de Investigación Presentado por el bachiller **José Antonio, BUSTILLOS COTRADO** ha sido aprobado, y

Que, según Oficio N° 332-C-EAPIC-FI-UDH-2018, del Presidente de la Comisión de Grados y Títulos del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Informa que el recurrente ha cumplido con levantar las observaciones hechas por la Comisión de Grados y Títulos, respecto al Proyecto de Investigación; y

Estando a lo acordado por el Consejo de Facultad de fecha 17 de agosto del 2018 y normado en el Estatuto de la Universidad, Art. N° 44 inc.r);

SE RESUELVE:

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

"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL METODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800(RUTA NACIONAL PE+18) EN PACHACHUPAN, 2018" representado por el bachiller José Antonio, BUSTILLOS COTRADO del Programa Académico de Ingeniería Civil

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE, ARCHÍVESE

FACULTAD DE INGENIERÍA – SECRETARIO DOCENTE – UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
CONSEJO DE FACULTAD
Ing. JOHNNY P. JACHA ROJAS
SECRETARIO DOCENTE

FACULTAD DE INGENIERÍA – DECANO – UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
Mg. Ricardo Sachun García
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

Anexo N°02. Resolución de nombramiento de asesor de tesis.

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN Nº 128-2019-D-FI-UDH

Huánuco, 28 de febrero de 2019

Visto, el Oficio N° 075-2019-C-EAPIC-FI-UDH presentado por el Coordinador de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil y el Expediente Nº 268-19, presentado por el (la) estudiante **José Antonio, BUSTILLOS COTRADO**, quién desarrollará el proyecto de Tesis, solicita cambio de Asesor de Tesis.

CONSIDERANDO:

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

Que, según el Expediente Nº 268-19, presentado por el (la) **José Antonio, BUSTILLOS COTRADO**, quién desarrollará el proyecto de Tesis, solicita cambio de Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación, y;

Que, con Resolución N° 366-2017-D-FI-UDH, de fecha 26 de Junio de 2017, en la cual se designa como Asesor de Tesis del **José Antonio, BUSTILLOS COTRADO** al Ing. Earle Tangoa Bernardo, el mismo que no tiene vínculo laboral con esta universidad, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 31 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

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

SE RESUELVE:

Artículo Primero.- DEJAR SIN EFECTO, la Resolución N° 366-2017-D-FI-UDH, de fecha 26 de Junio de 2017.

Artículo Segundo.-. DESIGNAR, como nuevo Asesor de Tesis del estudiante **José Antonio, BUSTILLOS COTRADO** al Ing. German Gastón Martínez Morales, Docente de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Regístrese, comuníquese, archívese

FACULTAD DE INGENIERÍA – SECRETARIO DOCENTE – UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CONSEJO DE FACULTAD
Ing. JOHNNY P. JACHA ROJAS
SECRETARIO DOCENTE

FACULTAD DE INGENIERÍA – DECANO – UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

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

Distribución:
Fac. de Ingeniería – EAPIA– Asesor – Exp. Graduando – Mat. y Reg.Acad. – File Personal – Interesado – Archivo.
BCR/JPJR/nto

Anexo N°03. Matriz de consistencia.

TESIS: "ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE +18A) EN PACHAHUPAN, 2018.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES
Problema general **¿**Cuál es la condición de estabilidad del talud en la falla geológica por el método de equilibrio límite de la progresiva Km 37+700 al Km 37+800 (Ruta Nacional PE+18A) en Pachachupán**?** **Problemas específicos** **1. ¿**Cuál es el factor de seguridad (FS) del talud en el área de estudio**?** **2. ¿**Cuáles son los parámetros utilizados por el método de equilibrio límite en el análisis de estabilidad del talud**?** **3. ¿**Cuáles son los métodos de análisis utilizados por el método de equilibrio límite en el análisis de estabilidad del talud**?** **4. ¿**Cuáles son las herramientas computacionales disponibles para el análisis de estabilidad del talud**?**	**Objetivo general** Determinar la condición de estabilidad del talud en la falla geológica por el método de equilibrio límite de la progresiva Km 37+700 al Km 37+800 (Ruta Nacional PE+18A) en Pachachupán. **Objetivos específicos** **1.** Determinar el factor de seguridad (FS) del talud en el área de estudio. **2.** Describir los parámetros utilizados por el método de equilibrio límite en el análisis de estabilidad del talud. **3.** Describir los métodos de análisis utilizados por el método de equilibrio límite en el análisis de estabilidad del talud. **4.** Conocer las herramientas computacionales disponibles para el análisis de estabilidad del talud.	**Hipótesis general** La condición de estabilidad del talud en la falla geológica por el método de equilibrio límite de la progresiva Km 37+700 al Km 37+800 (Ruta Nacional PE+18A) en Pachachupán será inestable. **Hipótesis Específicas** **1.** El factor de seguridad en el área de estudio será menor a la unidad. **2.** Se podrán cuantificar todos los parámetros que afectan la estabilidad del talud. **3.** El método de equilibrio límite serán el más recomendable para el análisis de estabilidad del talud en el área de estudio. **4.** Será indispensable el uso de software como herramienta en el análisis de estabilidad del talud en el área de estudio.	**Variable independiente** **1.** Falla geológica **Variable dependiente** **2.** Análisis bidimensional de estabilidad del talud.	**1.1. Indicadores directos de las fallas geológicas:** Desplazamientos. Estrías. Arrastres. Brechas de falla. **1.2. Indicadores indirectos de las fallas geológicas:** Morfología. (estratigrafía) Vegetación. Manantiales. **2.1. Determinación del factor de seguridad (FS) por el método equilibrio límite**: Geometría del talud. Propiedades del material (peso unitario, ángulo de fricción interna y cohesión). Condiciones de análisis (aceleración máxima del terreno, presencia o no del nivel freático, etc.).

Anexo N°04. Resolución municipal de Chinchao de reconocimiento y felicitación al tesista y a la Universidad de Huánuco

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CHINCHAO
DISTRITO DE CHINCHAO, PROVINCIA Y REGIÓN HUÁNUCO
"Portada de la Amazonía Peruana"

"AÑO DEL DIALOGO Y LA RECONCILIACIÓN NACIONAL"

RESOLUCIÓN DE ALCALDÍA N°386-2018-A-MDCH

Acomayo, 23 de noviembre del 2018.

VISTOS:

El Informe N° 864-2018-MDCH/JWSB-GDUR de fecha 23 de noviembre del 2018, y demás recaudos que se adjuntan como antecedentes en un total de veinticuatro (24) folios útiles;

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 194° de la Constitución Política del Perú, concordante con el Artículo II del título Preliminar de la Ley Orgánica de Municipalidades N°27972, establece que las Municipalidades, son los órganos de Gobierno Local que gozan de autonomía económica y administrativa en los asuntos de su competencia;

Que, mediante Informe N° 864-2018-MDCH/JWSB-GDUR de fecha 23 de noviembre del 2018, procedente de la Gerencia de Desarrollo Urbano y Rural, provee favorablemente la solicitud de **reconocimiento y felicitación** al **Bach. José Antonio BUSTILLOS COTRADO**, del Proyecto de Investigación Científica que viene realizando en beneficio del Centro Poblado de Pachachupán intitulado: **"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPÁN, 2018"**;

Es política de la Municipalidad Distrital de Chinchao, reconocer y agradecer a las personas que contribuyeron con sus conocimientos científicos en el desarrollo de Proyectos de Investigación, como en el presente caso la de promover educación e investigación a favor de la localidad de Pachachupán; en cumplimiento de lo establecido por el numeral 2.3 del Artículo 73 "Materias de Competencia Municipal" de la Ley N° 27972 Ley Orgánica de Municipalidades; labores efectuados como **INVESTIGADOR CIENTIFICO** en el desarrollo de su Proyecto de Investigación.

Estando a lo solicitado por el **Bach. José Antonio BUSTILLOS COTRADO**, aprobado mediante Informe N° 864-2018-MDCH/JWSB-GDUR de fecha 23 de noviembre del 2018 de la Gerencia de Desarrollo Urbano y Rural, debidamente proveído por la Gerencia Municipal; de conformidad con las atribuciones conferidas por el inciso 6), del Artículo 20° de la Ley Orgánica de Municipalidades, Ley N° 27972;

SE RESUELVE:

Artículo Primero. RECONOCER Y FELICITAR al Bach. **José Antonio BUSTILLOS COTRADO**, identificado con DNI N°71319601, por su contribución científica en el desarrollo de su Proyecto de Investigación en beneficio del Centro Poblado de Pachachupán, jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Chinchao, Región de Huánuco.

Artículo Segundo. AGRADECER al **Programa Académico de Ingeniería Civil** de la **UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO (UDH)** por la formación de profesionales con pilares en Investigación y Desarrollo Científico en beneficio de nuestra Región.

Artículo Tercero. NOTIFICAR, la presente resolución a la decana del **Programa Académico de Ingeniería Civil** de la **UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO (UDH), Mg. Bertha CAMPOS RÍOS** para su conocimiento.

Artículo Cuarto. TRANSCRIBIR, la presente resolución al interesado, y demás órganos correspondientes de la Municipalidad Distrital de Chinchao.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y CÚMPLASE

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CHINCHAO
CIPRIANO MARTINEZ PEREZ
ALCALDE

CMP/A.MDCH
JBS/SG
Archive

Anexo N°5. ESTUDIOS MULTIDISCIPLINARIOS.

ESTUDIO TOPOGRÁFICO (PARTE I)

- **TESIS:** "ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".

- **TEMA:** NIVELACIÓN CON EL MÉTODO DE DOBLE ESTACIONAMIENTO.



- **CENTRO POBLADO** : PACHACHUPAN
- **DISTRITO** : CHINCHAO
- **PROVINCIA** : HUANUCO
- **DEPARTAMENTO** : HUANUCO

HUANUCO - PERÚ

2018

INDICE

I. GENERALIDADES.
- **1.1.** Conceptos Básicos.
- **1.2.** Objetivos del Estudio Topográfico.
- **1.3.** Metodología de Trabajo.
- **1.4.** Ubicación Geográfica.
- **1.5.** Condiciones climáticas.
- **1.6.** Altitud de la zona.
- **1.7.** Recopilación de Información.

II. ALTIMETRÍA.
- **2.1.** Concepto.
- **2.2.** Nivelación.
  - **2.2.1.** Clases de Nivelación.
- **2.3.** Bench Mark (BM).

III. METODOLOGÍA DE TRABAJO EN CAMPO.
- **3.1.** Descripción.
- **3.2.** Nivelación de doble estación.
- **3.3.** Equipos y personal utilizado.
- **3.**4. Proceso de puesta en estación del nivel de ingeniero.
- **3.5.** Georeferenciación y puntos de control vertical.
- **3.6.** Procesamiento de datos y cálculo en gabinete.

IV. MONUMENTACIÓN DEL BM-01.
- **4.1.** Descripción.
- **4.2.** Materiales - herramientas.
- **4.3.** Procedimiento.

V. PANEL FOTOGRÁFICO.

VI. CONCLUSIONES.

VII. RECOMENDACIONES.

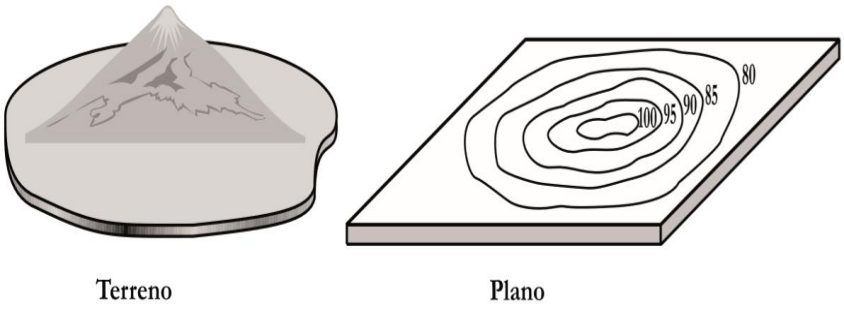
VIII. BIBLIOGRAFÍA.

I. GENERALIDADES.

1.1. Conceptos Básicos.

- **Topografía.** Es una rama de la Ingeniería que se propone determinar la posición relativa de los puntos, mediante la recopilación y procesamiento de las informaciones de las partes físicas del geoide, considerando hipotéticamente, que la superficie terrestre de observación es una superficie plana horizontal. En términos simples: la topografía se encarga de realizar mediciones en una porción de tierra relativamente pequeña. Las informaciones se obtienen de instituciones especializadas en cartografía y/o a través de mediciones realizadas sobre el terreno (levantamiento), complementando esta información con la aplicación de elementales procedimientos matemáticos.

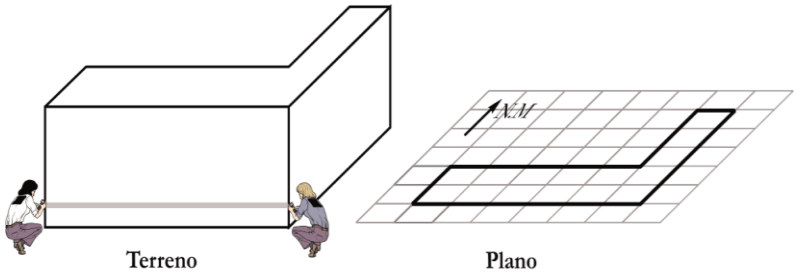
Figura. N°01. Representación del terreno en un plano.



Fuente: Mendoza J. (s.f.) *Concepto de topografía* (p.4)

La Topografía se encarga de representar en un plano, una porción de tierra relativamente pequeña de acuerdo a una escala determinada.

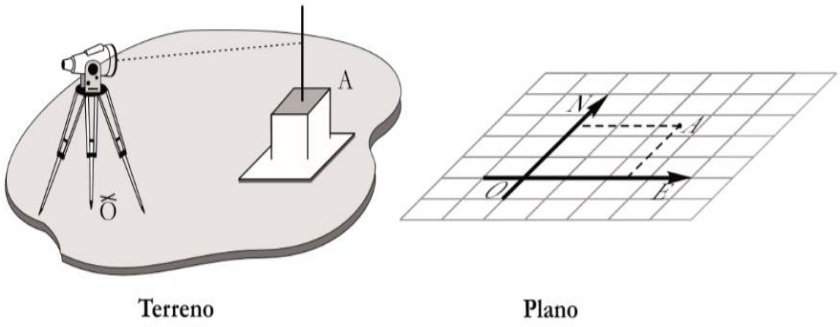
Figura. N°02. Representación de una estructura en un plano.



Fuente: Mendoza J. (s.f.) *Concepto de topografía* (p.4)

Con ayuda de la topografía, es posible representar en un plano una o varias estructuras artificiales de acuerdo a una escala establecida.

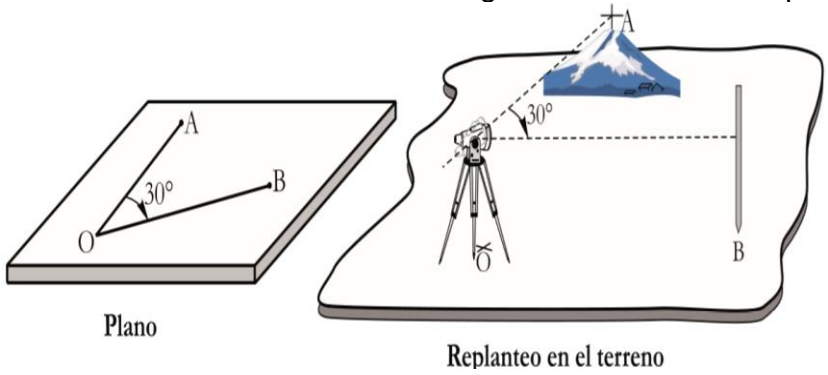
Figura. N°03. Determinación de la posición de un punto en un plano.



Fuente: Mendoza, J. (s.f.) *Concepto de topografía* (p.5)

Con la topografía podemos determinar la posición de un punto sobre la superficie de la tierra, respecto a un sistema de coordenadas.

Figura. N°04. Determinación de un ángulo horizontal en un plano.



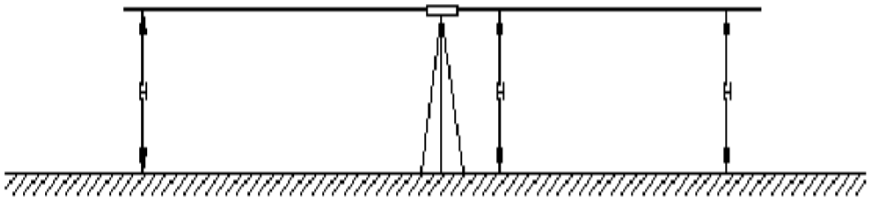
Fuente: Mendoza, J. (s.f.) *Concepto de topografía* (p.5)

La topografía de un sitio de deslizamiento produce información básica para el análisis de los movimientos. Los mapas topográficos precisos son esenciales para la elaboración de los modelos y el diseño de las obras de mitigación, remediación o estabilización. Los reconocimientos preliminares utilizan los planos topográficos existentes o las fotografías aéreas; sin embargo, se requiere un detalle topográfico para localizar muchos elementos críticos, los cuales pueden estar cubiertos por la vegetación.

- **Geodesia.** Es la ciencia que se encarga de estudiar la forma y dimensiones de la superficie terrestre, su objetivo fundamental es ubicar puntos de control en toda la superficie de la tierra y relacionarlas entre sí; para poder ser utilizadas en las demás geociencias, incluyendo las misiones militares y programas espaciales.

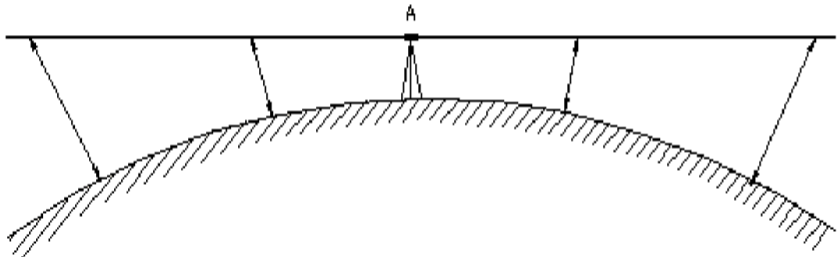
  Si se observa la superficie de la tierra la vemos como si fuera plana; sin embargo, a grandes longitudes notamos la curvatura, Fig. N°06 por lo tanto podemos decir que la tierra es una superficie cerrada Fig. N°07.

Figura. N°05. La superficie “NIVELADA” de la tierra sobre una distancia corta.



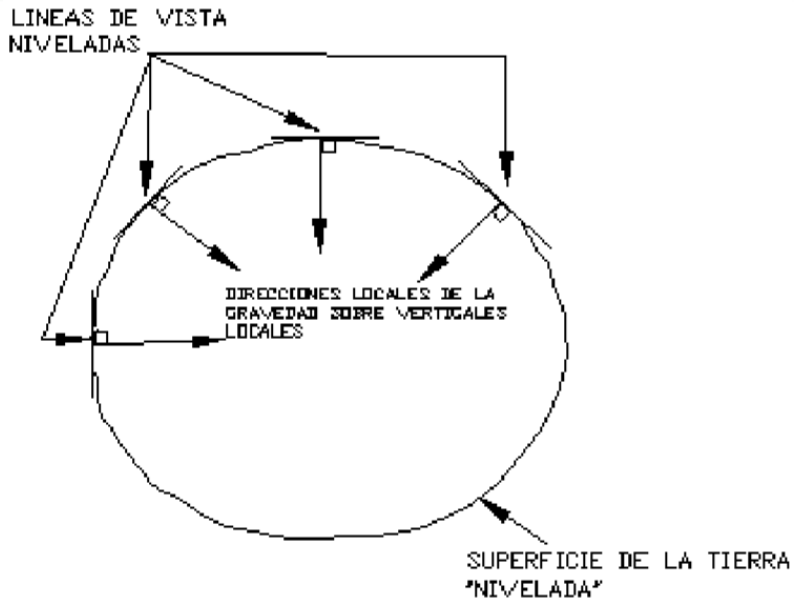
Fuente: Mendoza, J. y Herrera, R. (2015) *Fig.1 La superficie “NIVELADA” de la tierra sobre una distancia corta* (p.2)

Figura. N°06. La superficie “NIVELADA” de la tierra sobre una distancia mayor.



Fuente: Mendoza, J. y Herrera, R. (2015) *Fig.2 La superficie “NIVELADA” de la tierra sobre una distancia mayor* (p.2)

Figura. N°07. La tierra es una superficie cerrada.



Fuente: Mendoza, J. y Herrera, R. (2015) *Fig.3 La tierra es una superficie cerrada* (p.2)

- **Superficie topográfica.** Es el relieve terrestre, con sus montañas, valles y otras formas terrestres continentales y marítimos.

Figura. N°08. Vista de la superficie topográfica del área de investigación.



Fuente: Elaboración propia.

- **Geoide.** Se define como la superficie equipotencial del campo gravitacional terrestre que coincide con las aguas del mar en su

estado normal de equilibrio. Si nuestro planeta estuviese constituido tan solo por masas de agua y sin movimiento de rotación, el geoide adoptaría la forma de una esfera.

Figura. N°09. Vista del planeta tierra (constituida por agua).



Fuente: Mendoza, J. y Herrera, R. (2015) *Geoide* (p.3)

Al añadirle el movimiento de rotación respecto a su eje polar, se genera una ligera acumulación de masa de agua sobre el ecuador, por lo que el radio en las vecindades de ese lugar se hace un poco mayor que en los polos.

Figura. N°10. Vista del planeta tierra (achatada en los polos).

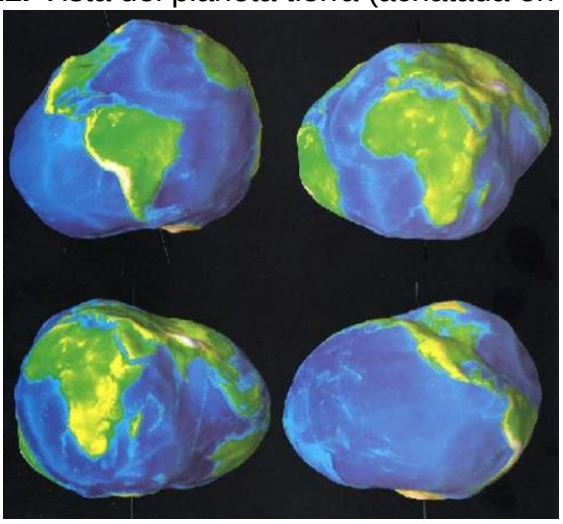


Fuente: Mendoza, J. y Herrera, R. (2015) *Geoide* (p.3)

En realidad, el globo terrestre, además de agua, está compuesto por masas sólidas distribuidas no uniformemente. Si nos ceñimos a la definición de geoide: superficie equipotencial;

la distancia radial R, tiene que variar dado que su masa no es homogénea en todos los puntos de la zona sólida. Por último, podemos complementar la definición de geoide como la superficie equipotencial definida por los mares en calma prolongada por debajo de los continentes, en donde la gravedad en todo punto es perpendicular.

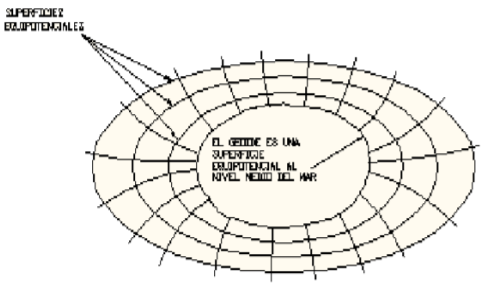
Figura. N°11. Vista del planeta tierra (achatada en los polos).



Fuente: Mendoza, J. y Herrera, R. (2015) *Geoide* (p.4)

Es necesario mencionar que el geoide, por tener una figura irregular, no es expresable matemáticamente.

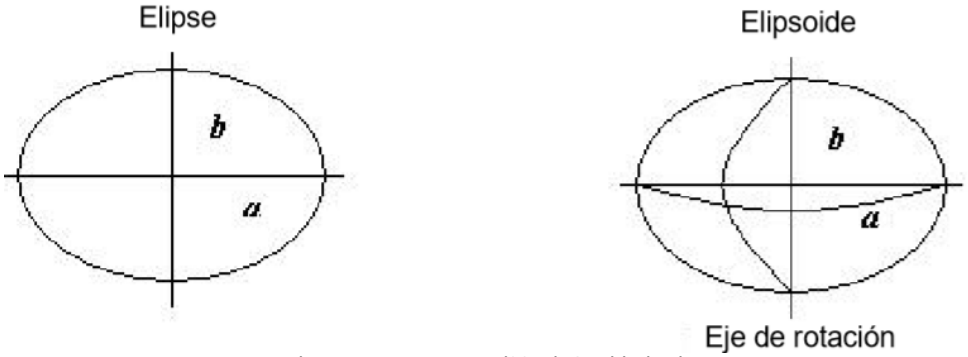
Figura. N°12. Vista de la superficie equipotencialmente.



Fuente: Mendoza, J. y Herrera, R. (2015) *Geoide* (p.4)

- **Elipsoide de revolución.** Es un volumen geométrico que proviene de una elipse que gira alrededor de su eje menor.

Figura. N°13. Elipsoide de revolución.



Fuente: Mendoza, J. y Herrera, R. (2015) *Geoide* (p.4)

A continuación, citaremos algunos elipsoides utilizados a nivel mundial:

ELIPSOIDE DE REFERENCIA	a(m)	1/f
Airy 1930	6377563.396	299.324964
Airy modificado	6377340.189	299.3249646
National Australiano	6378160	298.25
Bessel de 1941	6377397.155	299.1528128
Clarke de 1886	6378206.4	294.9786982
Clarke de 1880 modificado	6378249.145	293.4663
Everest 1830	6377276.345	300.8017
Everest modificado	6377304.063	300.8017
Fisher 1960(Mercury)	6378166	298.3
Fisher modificado(Asia del sur)	6378155	298.3
Fisher 1968	6378137	298.3
Sistema de referencia geodésico 1980	6378137	298.257222101
Helmert de 1906	6378200	298.3
Heugh	6378270	297
International 1909 (Hayford)	6378388	297
Krassovski 1940	6378245	298.3
Sudamericano de 1960	6378160	298.25
WGS 60	6378165	298.3
WGS 66	6378145	298.25
WGS 72(Doppler)	6378135	298.26
WGS 84(GPS)	6378137	298.257223563

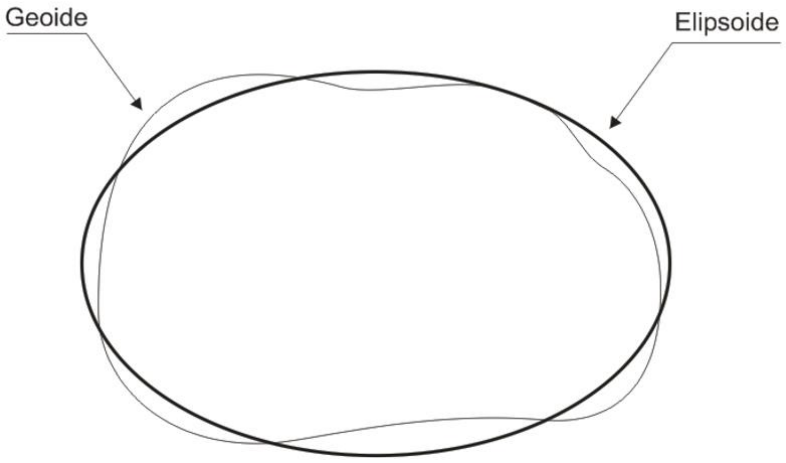
Fuente: Mendoza, J. y Herrera, R. (2015) *Notas adicionales sobre el elipsoide* (p.6)

En nuestro país, actualmente se utiliza el elipsoide WGS 84.

El elipsoide, en la geodesia aparece debido a la necesidad de expresar matemáticamente la superficie de la tierra, pues ya

sabemos que el geoide carece de dicha facultad; así pues, el elipsoide es el cuerpo geométrico que se aproxima en mayor medida a la forma real de la TIERRA.

Figura. N°14. Representación de un elipsoide.



Fuente: Mendoza, J. y Herrera, R. (2015) *Notas adicionales sobre el elipsoide* (p.7)

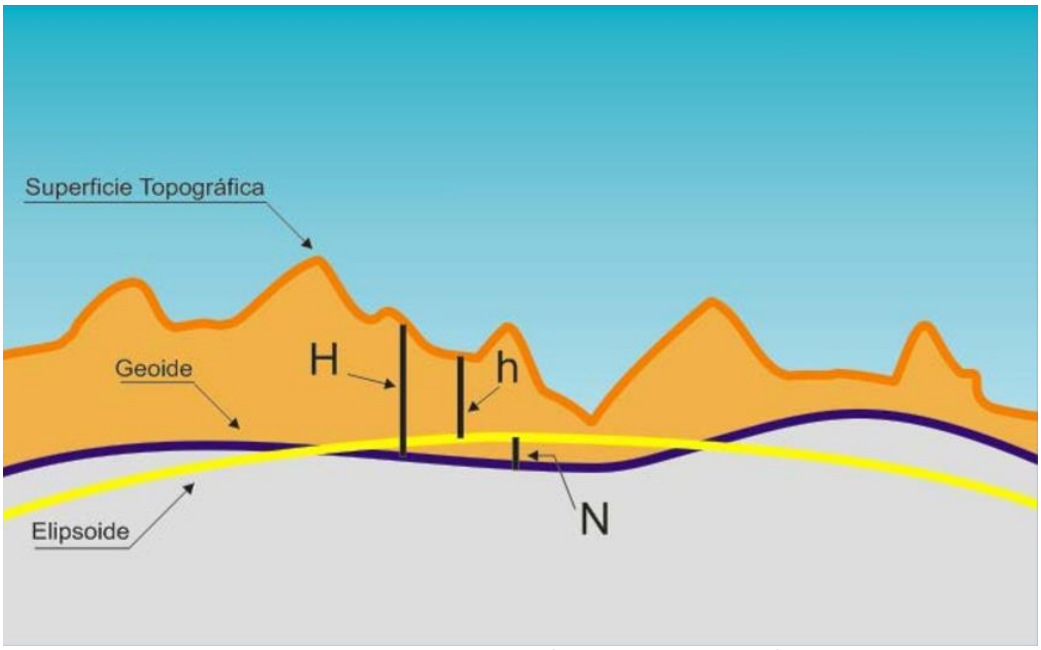
- **Ondulación geoidal (N).** Es la separación vertical entre el geoide y una referencia.

- **Altura ortométrica (H).** Es la separación vertical entre el geoide y la superficie topográfica.

- **Altura elipsoidal (h).** Es la separación vertical entre el elipsoide y la superficie topográfica.

Donde: **H = h - N**

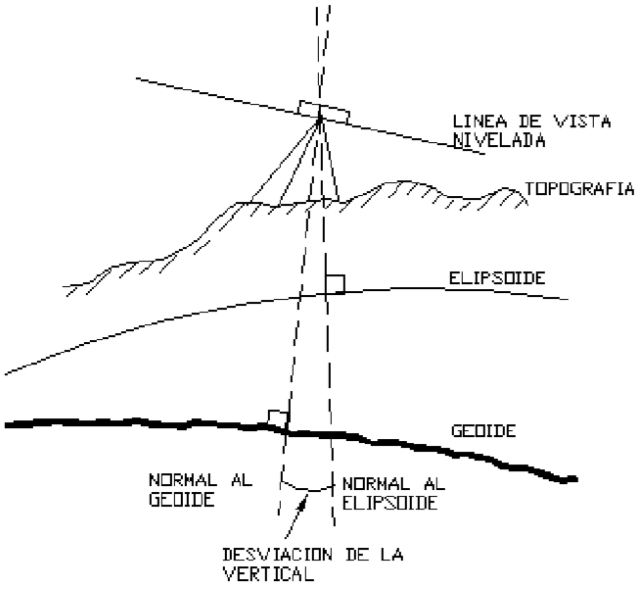
Figura. N°15. Representación de la ondulación geoidal (N), altura ortométrica (H) y altura elipsoidal (h).



Fuente: Mendoza, J. y Herrera, R. (2015) *Ondulación geoidal, altura ortométrica y elipsoidal* (p.7)

- **Desviación vertical.** Se le llama también desviación astrogeodésica y viene a estar dado por el ángulo formado entre la normal al geoide (vertical local) y la normal al elipsoide en un punto.

Figura. N°16. Ejemplificación de desviación vertical.



Fuente: Mendoza, J. y Herrera, R. (2015) *Desviación de la vertical* (p.8)

1.2. Objetivos del estudio topográfico.

- Obtener detalles topográficos, especialmente de aquellos factores ocultos por la vegetación.

- Determinar los perfiles topográficos para el análisis de estabilidad del talud.

- Establecer un marco de referencia sobre el cual puedan compararse los movimientos futuros del terreno.

- Obtener los Benchs Marks (BM´S) o puntos de control en un número suficiente como para desarrollar trabajos de verificación de cotas y tener cotas de referencia para el levantamiento topográfico en el área de estudio.

- Determinación y control tanto en planimetría como en altimetría, de puntos del terreno necesarios para la representación fidedigna del área de investigación a fin de elaborar planos topográficos a escalas adecuadas y proporcionar información de base para los estudios hidrológicos, hidrogeológicos, geológicos, geotécnicos, etc.

1.3. Metodología de trabajo. La metodología utilizada para el cumplimiento de los objetivos precitados es la siguiente:

- Recopilación y evaluación de la información topográfica existente tales como: cartas nacionales, fichas del Instituto Geográfico Nacional (IGN) de puntos geodésicos, planos topográficos realizados en el área de estudio, etc.

- Traslado de la brigada de topografía al área de investigación. Luego proceder con el reconocimiento de la zona en campo, verificando el área de trabajo, así como las zonas aledañas para su delimitación. Es importante mencionar que el levantamiento topográfico debe efectuarse en base a una poligonal de apoyo electrónica cerrada con medida directa utilizando la estación total como equipo de precisión, cuyos puntos de vértices deben ser ubicados. También deben ser monumentados los "**BM´S"** establecidos en base a un punto de control vertical absoluto obtenido del IGN. Toda la base topográfica será "enlazada" al elipsoide WGS84.

- El personal de campo (topógrafo y ayudantes), así como la logística (equipos y materiales) deberá tener la calificación adecuada para garantizar la elaboración eficaz del estudio. Se trabajó la información de campo y gabinete en función a los siguientes parámetros:

  - ✓ **Zona:** Paralelo 18 L, referido al meridiano de Greenwich.
  - ✓ **Elipsoide:** WGS-84, en Proyección Universal Transversal Mercator (U.T.M).
  - ✓ **Datum:** Alturas referidas sobre el nivel medio del mar (m.s.n.m.)

1.4. Ubicación Geográfica.

Ubicación y descripción del área de estudio.

El área de investigación se encuentra situada en la progresiva Km 37+700 al 37+800 de la carretera central, tramo Huánuco – Tingo María (ruta nacional PE+18A) en el centro poblado de Pachachupán, perteneciente geográfica y políticamente al distrito de Chinchao, provincia de Huánuco, departamento de Huánuco.

La ubicación del área de estudio políticamente y geográficamente se describe de la siguiente manera:

- ✓ **Ubicación Política:**

  Centro Poblado: Pachachupán.
  Distrito: Chinchao.
  Provincia: Huánuco.
  Departamento: Huánuco.

- ✓ **Ubicación Geográfica:**

  Este: 381326.40 E
  Norte: 8917683.90 N
  Altitud: 2156 m.s.n.m.

Figura N° 17. Vista Aérea del Área de Investigación.



Fuente: Elaboración propia.

Acceso al área de estudio. El área de estudio es accesible desde la ciudad de Huánuco detallada a continuación:

La ruta entre Huánuco capital del departamento hasta el centro poblado de Pachachupán pasa por la carretera central (red vial nacional), a través de la ruta nacional PE+18A. El tiempo total empleado para llegar al centro poblado de Pachachupán desde Huánuco capital del departamento es de 55 minutos, en auto.

Cuadro Nº 1. Vías y medios de acceso

Desde	A	Tipo de vía	Estado de la vía	Medio de transporte	Km	Tiempo
Huánuco	Pachachupán	Asfaltada	Asfaltada	Automóvil	35.8	55 min
					35.8 km	**55 min**

Fuente: Elaboración propia.

1.5. Condiciones climáticas

Presenta una diversidad de microclimas en función a las épocas del año, entre ellas: clima semicálido, cálido, lluvioso, muy lluvioso y frío lluvioso, lo cual permite el desarrollo de varios tipos de cultivo en base al piso altitudinal y ecosistemas propios de cada zona. Existe una estación donde las lluvias o precipitaciones pluviales se presentan con mayor intensidad, ocurriendo esto generalmente en los meses de octubre - marzo y los meses de mayor escasez de lluvia corresponden a los meses de mayo - agosto. Su menor temperatura es de 13.8°C y la máxima llega hasta 26.1°C tiene una temperatura promedio anual de 19.5ºC.

I.6. Altitud de la zona

El área de estudio se encuentra ubicada a una altitud promedio de 2156 m.s.n.m.

I.7. Recopilación de información

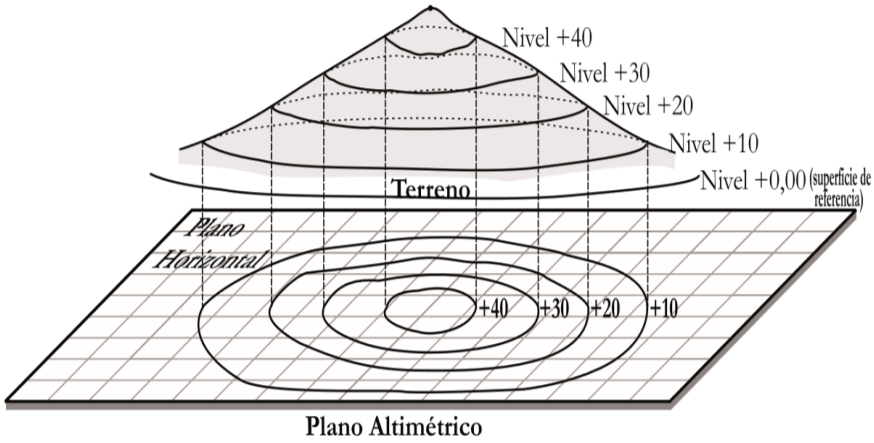
Para el desarrollo del estudio topográfico se ha recopilado información cartográfica de campo de las siguientes instituciones y fuentes de información virtuales:

- Instituto Geográfico Nacional (IGN).
- Instituto Geológico Minero Metalúrgico (INGEMMET).
- Google Earth Pro, imágenes panorámicas y diseño de croquis.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

II. ALTIMETRÍA.

2.1. Concepto. Es la parte de la topografía que estudia los métodos y procedimientos para representar gráficamente la altura “cota” de todos los puntos proyectados en un plano vertical para observar con facilidad las distancias verticales entre los puntos. La elevación es una distancia vertical que se mide a partir de un plano horizontal de referencia hasta un punto del terreno. El plano horizontal de referencia normalmente es el nivel medio del mar, en función de observaciones del comportamiento del mar en largos períodos de tiempo.

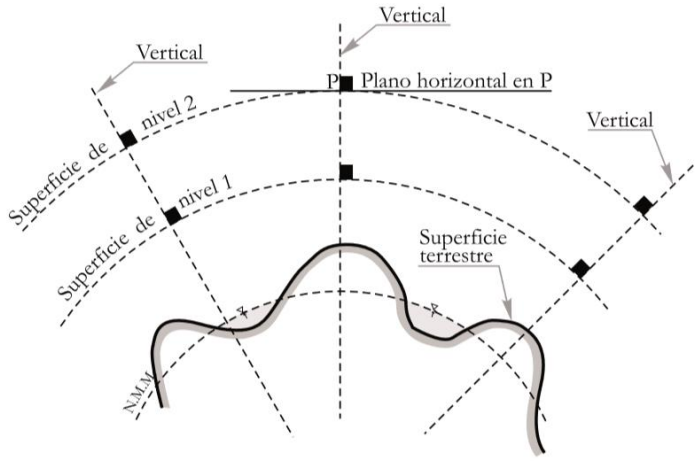
Figura N° 18. Vista de la representación altimétrica de un terreno en el plano.



Fuente: Mendoza, J. (s.f.) *Altimetría* (p.8)

2.2. Nivelación. La nivelación es una técnica fundamental para la ingeniería, tanto para poder realizar un proyecto como para poder replantearlo. Cualquier tipo de obra civil en su proyecto, replanteo, construcción y mantenimiento requiere de la altimetría, es decir de nivelaciones. Al conjunto de trabajos que se realizan en campo y gabinete para obtener la elevación de puntos del terreno se enmarca en el concepto de nivelación.

Figura N° 19. Esquema de nivelación.



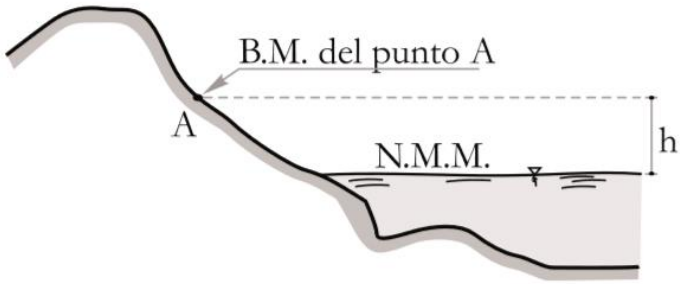
Fuente: Mendoza, J. (s.f.) *Nivelación* (p.16)

2.2.1. Clases de nivelación.

- ✓ Nivelación directa o geométrica.
- ✓ Nivelación Indirecta.
  - Nivelación trigonométrica.
  - Nivelación barométrica.

2.3. Bench Mark (BM). Es la altitud de un punto respecto al plano correspondiente al nivel medio del mar, se le llama también cota absoluta. Todos los países tienen una red de nivelación con señales permanentes. En el Perú el Instituto Geográfico Nacional (IGN) es la entidad que proporciona el B.M. de un punto cercano a la zona de trabajo.

Figura N° 20. Esquema de un B.M. de un punto.



Fuente: Mendoza, J. (s.f.) *Bench mark* (p.17)

¿Cómo se nivela un B.M.?

Generalmente para monumentar un B.M. primero se instala la placa de bronce en el lugar elegido; luego se realiza una nivelación geométrica de alta precisión de circuito cerrado partiendo de un B.M. anteriormente establecido. De este modo se determina la cota de la placa de bronce a cuyo valor se le llama en adelante B.M.

¿Cómo se sabe el valor del B.M. de una placa de bronce de interés particular para un topógrafo?

La información de dicho dato corresponde al Instituto Geográfico Nacional, el cual lo efectúa a pedido del interesado mediante un documento similar previo pago por los derechos respectivos.

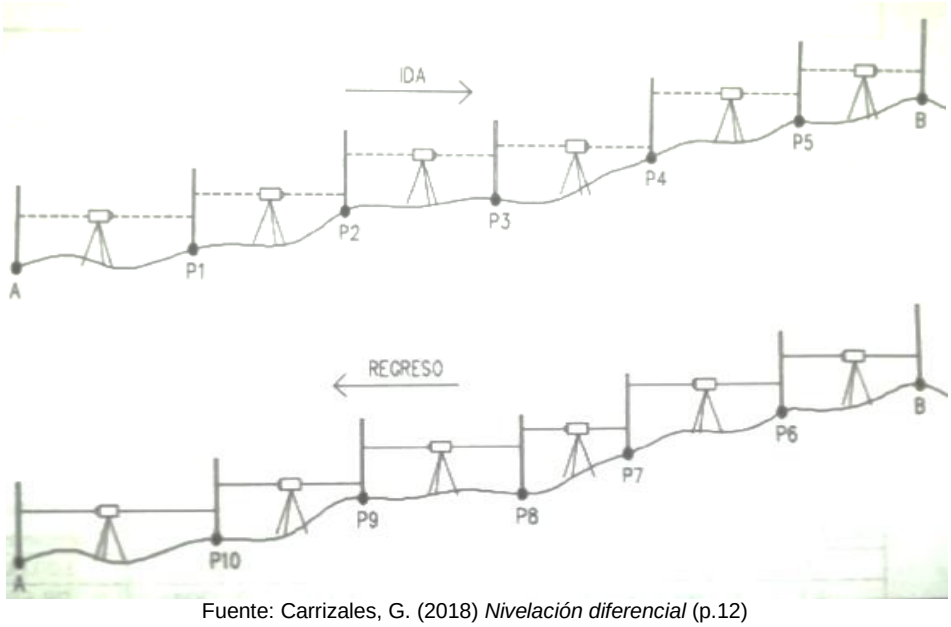
III. METODOLOGIA DE TRABAJO EN CAMPO.

3.1. Descripción: Para realizar un buen levantamiento topográfico se tiene como objetivo conocer la posición relativa o absoluta de los puntos sobre la tierra en base al sistema de coordenadas utilizadas; en nuestro caso elevación. Para el desarrollo del estudio topográfico se realizó el control vertical (altimetría) realizando el traslado de cotas de un punto de control vertical absoluto B.M. certificado por el IGN obteniendo el punto de control vertical relativo BM-01, a través del método de nivelación de doble estación.

3.2. Nivelación de doble estación.

Para trasladar una cota de un punto A hacia un punto B por el método convencional se realiza una nivelación de ida y regreso.

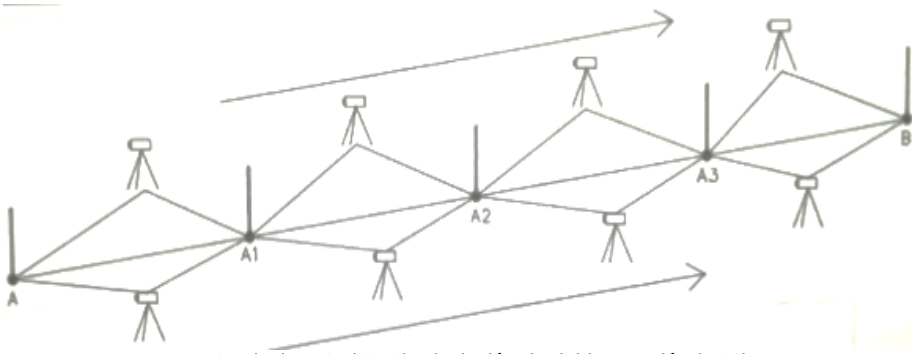
Figura N° 21. Nivelación directa por el método convencional.



Fuente: Carrizales, G. (2018) *Nivelación diferencial* (p.12)

Pero este método se puede reducir uniendo la ida y regreso y nivelando los dos a la vez en un solo sentido; a este método llamaremos doble estación.

Figura N° 22. Nivelación directa por el método de doble estacionamiento.



Fuente: Carrizales, G. (2018) *Nivelación de doble estación* (p.22)

Para este método se pueden utilizar dos topógrafos o uno sólo que realice las dos nivelaciones y las dos anotaciones a la vez.

3.3. Equipos y Personal utilizado.

Equipos Topográficos

- 01 Nivel Automático CST/berger.
- 02 Miras de aluminio.
- 01 trípode.
- 02 Equipos de radiocomunicación.
- 01 Navegador GPS garmin.
- Entre otros accesorios como: tizas, wincha, pintura, etc.

Equipo de Cómputo.

- 01 Computadora portátil (Laptop Intel Core I7).

Brigada de Campo y Gabinete.
La brigada de campo se conformó por:

- 01 Topógrafo (Tesista).
- 02 Porta Miras.

Figura N° 23. Vista de los Equipos Topográficos.



Fuente: Elaboración propia.

3.4. Proceso de puesta en estación del nivel de ingeniero.



1° Se sueltan los tornillos de las patas del trípode; se colocan las patas juntas tal como se muestra hasta que el nivel de la plataforma coincida aproximadamente con la quijada del operador. En esta posición se ajustan los tornillos nivelantes.



2° Se instala el equipo en la plataforma del trípode con ayuda del tornillo de sujeción; este proceso debe realizarse con mucho cuidado para evitar que el equialtímetro caiga al suelo. Se extienden las patas del trípode, teniendo en cuenta las siguientes condiciones: las bases de las patas del trípode deben formar aproximadamente un triángulo equilátero y la plataforma del trípode debe estar a la vista del operador en posición horizontal.



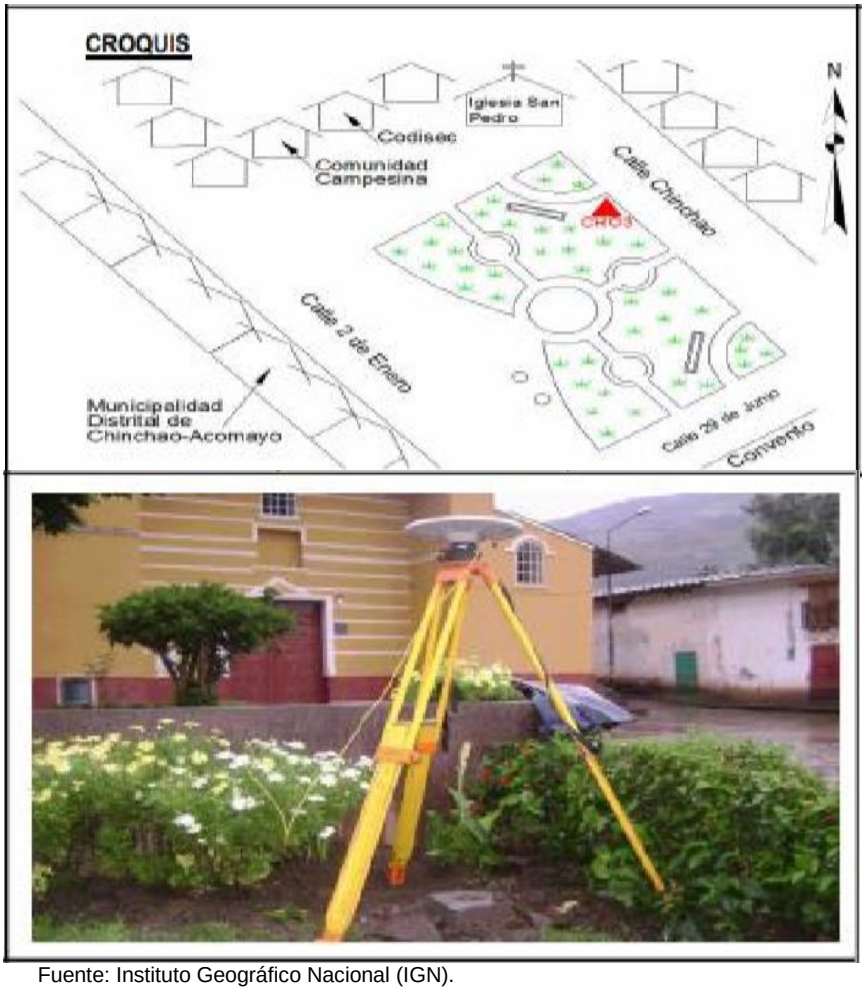
3° Se realiza el calado del nivel esférico. Se ubica el telescopio paralelo a la línea recta que une dos tornillos nivelantes cualesquiera, luego se giran simultáneamente los dos tornillos, ya sea hacia afuera o hacia adentro según sea el caso.

3.5. Georeferenciación y puntos de control vertical.

Punto geodésico base del IGN.

El Punto base utilizado para el traslado de cotas y obtención de los demás puntos de control en el área de Investigación perteneciente a la red geodésica nacional del Perú (IGN), se encuentra en la "Plaza Central de Acomayo", distrito de Chinchao, provincia de Huánuco, departamento de Huánuco.

Figura N° 24. Vista aérea del punto geodésico de Acomayo, Chinchao, Huánuco.



Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Figura N° 25. Vista de la ficha del punto geodésico de Acomayo, Chinchao, Huánuco.



INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL
DIRECCIÓN DE GEODESIA
DESCRIPCION MONOGRÁFICA

CODIGO :	LOCALIDAD :	ESTABLECIDA POR :
CHO3	ACOMAYO	INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
UBICACION : PLAZA CENTRAL DE ACOMAYO		CARACTERISTICAS DE LA MARCA : DISCO DE BRONCE 5 CM
LATITUD (S) WGS-84 09°48'05.441760"		LONGITUD (O) WGS-84 76°04'13.373780"
NORTE (Y) WGS-84 8916346.27874934		ESTE (X) WGS-84 382614.01558507
ALTURA ELIPSOIDAL 2119.4580	ZONA UTM 18 SUR	FACTOR ESCAL 0.999770486196 / ORDEN C

CROQUIS

LOCALIZACIÓN :
Distrito : CHINCHAO
Provincia : HUANUCO
Departamento : HUANUCO

DESCRIPCIÓN :
La Estación "CHO3", se encuentra ubicada en el interior del jardín norte de la Plaza Central de Acomayo, colindante a la Calle Chinchao y frente de la Iglesia San Pedro.

MARCA DE LA ESTACIÓN:
Es un disco de bronce de 5 cm de diámetro, incrustado en un bloque de concreto de 20 cm de ancho, 20 cm de largo, 40 cm de alto y lleva grabado la siguiente inscripción: "IGN - PCDPI - CHO3 - C - 2010".

REFERENCIA :
Carta Nacional Escala 1/100 000, Hoja 20-I Panao.

DESCRITA POR:	REVISADO:	JEFE PROYECTO	FECHA:
López / Ceopa	My. Ing. C. Sierra F.	Cap. Ing. H. Segura M.	Febrero 2010

USUARIO CHACON RODRIGUEZ, ROSSMERY FECHA 25/07/2018 HORA 15:44:20

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Duración de las actividades del trabajo de nivelación.

El tiempo de movilización y manejo de los equipos topográficos para el control altimétrico con nivelación fueron los días 17 y 18 de septiembre, realizando en estos días el traslado de cotas del punto de control vertical absoluto (BM) del IGN, hasta un punto de control vertical relativo determinado en campo (BM-01).

3.6. Procesamiento de datos y cálculo en gabinete.

Posteriormente al trabajo de campo se procedió a elaborar la plantilla topográfica para la nivelación por el método de doble estacionamiento. Además, se deben de tomar las siguientes consideraciones:

- ✓ Observar que en cada toma se puede ir verificando que la diferencia entre las vistas atrás y delante de ambas estaciones no varían en mas de 2mm. Esto nos asegura que llegaremos a un error dentro de los límites de tolerancia.

- ✓ Recordar que para un recorrido de 500m el error máximo permisible es 1 cm o sea 10mm.

- ✓ Para calcular la cota BM-01 bastará promediar las dos cotas obtenidas en ambas estaciones.

- ✓ En el presente trabajo de campo se consideró una nivelación precisa, utilizada en la determinación de bancos de nivel, en la elaboración de planos catastrales, en trabajos de cartografía; las visuales pueden ser hasta 100m, la lectura en la mira puede tener una aproximación hasta de 0,1cm; el equipo debe ubicarse aproximadamente equidistante entre los puntos a nivelar, para ello basta medir a pasos dichas

distancias; el punto de apoyo de la mira debe ser un cuerpo sólido.

$$E_{max} = \pm 0{,}01\sqrt{k}$$

A continuación, se presentará la plantilla topográfica de nivelación trabajada en gabinete:

	NIVELACIÓN DE DOBLE ESTACIÓN								Δ
	PRIMERA ESTACIÓN				SEGUNDA ESTACIÓN				
PUNTOS	V. ATRÁS	V.ADELANTE	DIFERENCIA	COTAS	V. ATRÁS	V. ADELANTE	DIFERENCIA	COTAS	
BM (IGN)	4.313			2119.458	4.310			2119.458	
1	3.843	0.060	4.253	2123.711	3.849	0.055	4.255	2123.713	-0.002
2	2.188	0.655	3.188	2126.899	2.143	0.659	3.190	2126.903	-0.002
3	0.971	1.359	0.829	2127.728	1.080	1.315	0.828	2127.731	0.001
4	0.409	2.968	-1.997	2125.731	0.480	3.079	-1.999	2125.732	0.002
5	0.591	4.319	-3.910	2121.821	0.576	4.389	-3.909	2121.823	-0.001
6	0.521	2.886	-2.295	2119.526	0.534	2.869	-2.293	2119.530	-0.002
7	0.015	2.640	-2.119	2117.407	0.044	2.651	-2.117	2117.413	-0.002
8	0.889	4.438	-4.423	2112.984	0.728	4.465	-4.421	2112.992	-0.002
9	3.064	1.563	-0.674	2112.310	3.111	1.400	-0.672	2112.320	-0.002
10	2.499	0.126	2.938	2115.248	2.526	0.171	2.940	2115.260	-0.002
11	2.700	0.371	2.128	2117.376	2.772	0.399	2.127	2117.387	0.001
12	1.963	0.451	2.249	2119.625	2.061	0.525	2.247	2119.634	0.002
13	2.081	0.077	1.886	2121.511	2.127	0.173	1.888	2121.522	-0.002
14	1.151	0.041	2.040	2123.551	1.377	0.089	2.038	2123.560	0.002
15	1.310	0.091	1.060	2124.611	1.311	0.315	1.062	2124.622	-0.002
16	0.961	0.207	1.103	2125.714	1.031	0.209	1.102	2125.724	0.001
17	2.182	0.103	0.858	2126.572	2.089	0.175	0.856	2126.580	0.002
18	3.860	0.800	1.382	2127.954	3.870	0.709	1.380	2127.960	0.002
19	3.950	0.999	2.861	2130.815	3.985	1.010	2.860	2130.820	0.001
20	4.982	0.452	3.498	2134.313	4.863	0.489	3.496	2134.316	0.002
21	4.911	0.401	4.581	2138.894	4.909	0.282	4.581	2138.897	0.000
22	4.126	0.920	3.991	2142.885	3.986	0.920	3.989	2142.886	0.002
23	4.367	0.949	3.177	2146.062	4.526	0.807	3.179	2146.065	-0.002
24	3.998	1.039	3.328	2149.390	4.070	1.200	3.326	2149.391	0.002
25	3.698	0.390	3.608	2152.998	3.709	0.460	3.610	2153.001	-0.002
26	4.040	0.833	2.865	2155.863	3.981	0.842	2.867	2155.868	-0.002
27	3.033	0.159	3.881	2159.744	2.969	0.101	3.880	2159.748	0.001
28	2.981	0.173	2.860	2162.604	2.949	0.111	2.858	2162.606	0.002
29	1.551	0.282	2.699	2165.303	1.563	0.252	2.697	2165.303	0.002
30	1.421	0.529	1.022	2166.325	1.421	0.539	1.024	2166.327	-0.002
31	2.182	1.141	0.280	2166.605	2.158	1.142	0.279	2166.606	0.001
32	2.371	0.863	1.319	2167.924	2.348	0.840	1.318	2167.924	0.001
33	3.323	0.745	1.626	2169.550	3.329	0.722	1.626	2169.550	0.000

34	3.708	0.289	3.034	2172.584	3.689	0.296	3.033	2172.583	0.001
35	4.889	0.020	3.688	2176.272	4.880	0.003	3.686	2176.269	0.002
36	2.772	0.085	4.804	2181.076	2.756	0.074	4.806	2181.075	-0.002
37	3.045	0.154	2.618	2183.694	2.921	0.136	2.620	2183.695	-0.002
38	3.788	0.232	2.813	2186.507	3.789	0.109	2.812	2186.507	0.001
39	3.301	0.380	3.408	2189.915	3.308	0.379	3.410	2189.917	-0.002
40	2.859	0.231	3.070	2192.985	2.881	0.236	3.072	2192.989	-0.002
41	3.264	0.161	2.698	2195.683	3.269	0.181	2.700	2195.689	-0.002
42	3.342	0.908	2.356	2198.039	3.502	0.911	2.358	2198.047	-0.002
43	3.290	1.239	2.103	2200.142	3.262	1.401	2.101	2200.148	0.002
44	3.599	1.018	2.272	2202.414	3.539	0.989	2.273	2202.421	-0.001
45	2.871	0.258	3.341	2205.755	2.961	0.199	3.340	2205.761	0.001
46	4.884	0.278	2.593	2208.348	4.949	0.366	2.595	2208.356	-0.002
47	5.090	0.301	4.583	2212.931	4.860	0.364	4.585	2212.941	-0.002
48	4.412	0.241	4.849	2217.780	4.329	0.009	4.851	2217.792	-0.002
49	3.832	1.050	3.362	2221.142	4.029	0.965	3.364	2221.156	-0.002
50	4.619	1.092	2.740	2223.882	4.709	1.287	2.742	2223.898	-0.002
51	3.800	1.159	3.460	2227.342	3.699	1.251	3.458	2227.356	0.002
52	4.849	0.333	3.467	2230.809	4.735	0.234	3.465	2230.821	0.002
53	4.711	0.555	4.294	2235.103	4.722	0.442	4.293	2235.114	0.001
54	4.383	0.316	4.395	2239.498	4.509	0.325	4.397	2239.511	-0.002
55	1.846	0.274	4.109	2243.607	1.840	0.398	4.111	2243.622	-0.002
56	2.718	0.312	1.534	2245.141	2.638	0.308	1.532	2245.154	0.002
57	4.079	0.824	1.894	2247.035	4.029	0.746	1.892	2247.046	0.002
58	3.848	0.419	3.660	2250.695	3.791	0.370	3.659	2250.705	0.001
59	2.465	0.534	3.314	2254.009	2.495	0.479	3.312	2254.017	0.002
60	2.871	0.429	2.036	2256.045	2.801	0.459	2.036	2256.053	0.000
61	3.339	0.461	2.410	2258.455	3.297	0.390	2.411	2258.464	-0.001
62	2.158	0.769	2.570	2261.025	2.239	0.729	2.568	2261.032	0.002
63	2.587	0.296	1.862	2262.887	2.669	0.379	1.860	2262.892	0.002
64	3.161	0.486	2.101	2264.988	3.152	0.566	2.103	2264.995	-0.002
65	2.702	0.862	2.299	2267.287	2.598	0.855	2.297	2267.292	0.002
66	3.157	0.929	1.773	2269.060	3.155	0.825	1.773	2269.065	0.000
67	1.969	1.955	1.202	2270.262	2.019	1.952	1.203	2270.268	-0.001
68	2.925	0.881	1.088	2271.350	2.847	0.929	1.090	2271.358	-0.002
69	2.849	0.090	2.835	2274.185	2.829	0.014	2.833	2274.191	0.002
70	2.296	0.121	2.728	2276.913	2.242	0.103	2.726	2276.917	0.002
71	1.329	0.668	1.628	2278.541	1.311	0.612	1.630	2278.547	-0.002
72	1.035	1.217	0.112	2278.653	1.045	1.199	0.112	2278.659	0.000
73	0.800	1.201	-0.166	2278.487	0.761	1.211	-0.166	2278.493	0.000
74	1.645	0.859	-0.059	2278.428	1.595	0.822	-0.061	2278.432	0.002
75	2.455	1.070	0.575	2279.003	2.510	1.021	0.574	2279.006	0.001
76	3.831	0.922	1.533	2280.536	4.267	0.979	1.531	2280.537	0.002
77	4.518	0.782	3.049	2283.585	4.570	1.218	3.049	2283.586	0.000
78	4.026	0.226	4.292	2287.877	3.919	0.276	4.294	2287.880	-0.002
79	4.074	0.970	3.056	2290.933	4.084	0.861	3.058	2290.938	-0.002
80	4.730	0.076	3.998	2294.931	4.682	0.084	4.000	2294.938	-0.002
81	3.015	0.567	4.163	2299.094	2.949	0.518	4.164	2299.102	-0.001
82	3.468	0.416	2.599	2301.693	3.464	0.352	2.597	2301.699	0.002
83	3.569	0.133	3.335	2305.028	3.549	0.129	3.335	2305.034	0.000
84	3.869	0.132	3.437	2308.465	3.831	0.110	3.439	2308.473	-0.002

85	3.850	0.742	3.127	2311.592	3.801	0.702	3.129	2311.602	-0.002
86	3.958	0.701	3.149	2314.741	3.988	0.650	3.151	2314.753	-0.002
87	3.819	0.114	3.844	2318.585	3.758	0.145	3.843	2318.596	0.001
88	3.451	0.829	2.990	2321.575	3.434	0.769	2.989	2321.585	0.001
89	3.723	1.189	2.262	2323.837	3.709	1.170	2.264	2323.849	-0.002
90	2.760	0.858	2.865	2326.702	2.652	0.842	2.867	2326.716	-0.002
91	2.308	0.386	2.374	2329.076	2.300	0.280	2.372	2329.088	0.002
92	2.788	0.051	2.257	2331.333	2.741	0.042	2.258	2331.346	-0.001
BM-01		1.841	0.947	**2332.280**		1.792	0.949	**2332.295**	-0.002
		Δ	**212.822**			**Δ**	**212.837**		-0.015

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se procedió a promediar las dos cotas obtenidas por ambas estaciones para determinar el BM-01:

$$\boldsymbol{BM-01} = \frac{2332.280 + 2332.295}{2}$$

$$\boldsymbol{BM-01} = 2332.2875\ \text{m.s.n.m}$$

Verificación del margen de error:

Por 0.5 km ⟶ 0.010m

Para 6.1 km ⟶ X

$$\boldsymbol{X} = \frac{0.010 * 6.1}{0.5} = 0.122\text{m}$$

Como:

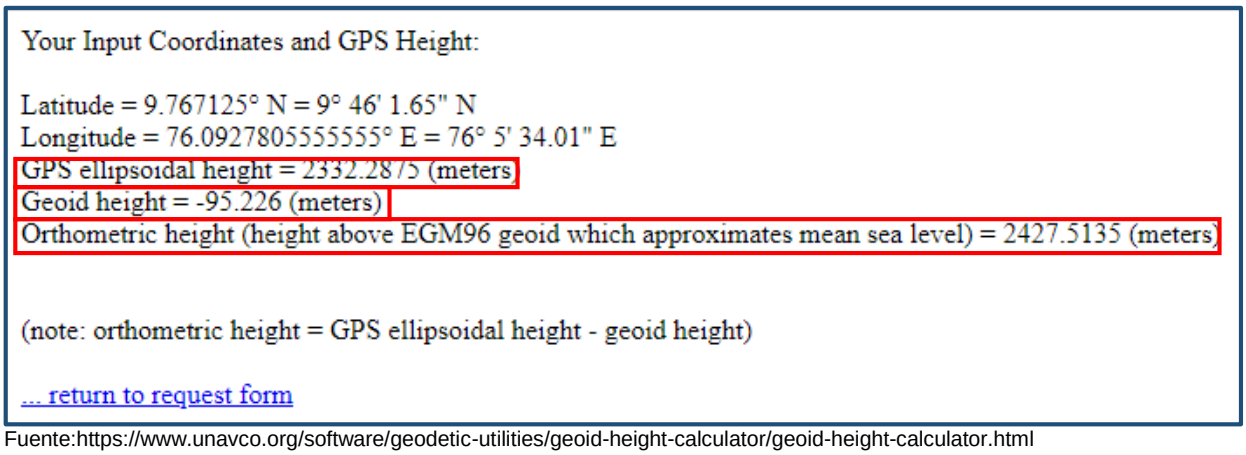
0.122m > 0.015m **Cumple el margen de error.**

NOTA IMPORTANTE: Para nuestro caso, **trabajaremos con la altura ortométrica (H) ya que se busca obtener la cota real**, **es decir la separación vertical entre el geoide y la superficie topográfica.** La altura ortométrica es el tipo de datos que los topógrafos, ingenieros y demás trabajadores de campo deben trabajar de forma práctica y precisa.

De esta manera utilizaremos una calculadora de altura geoidal digital en función a las coordenadas planimétricas (este y norte) del BM-01 y la altura elipsoidal indicada en la ficha IGN. El link de este software digital se adjuntará en la bibliografía para su verificación.

A continuación, se mostrará el resultado de cálculo de la altura geoidal como la determinación de la altura ortométrica (H) en el software digital mencionado, cota que se utilizará para el levantamiento topográfico.

Figura N° 26. Vista de los resultados de cálculo de alturas geoidal y ortométrica. En base a la altura elipsoidal calculada y las coordenadas geográficas (latitud y longitud) convertidas del BM-01 determinado inicialmente en la plantilla topográfica digital de nivelación.


Your Input Coordinates and GPS Height:

Latitude = 9.767125° N = 9° 46' 1.65" N
Longitude = 76.0927805555555° E = 76° 5' 34.01" E
GPS ellipsoidal height = 2332.2875 (meters)
Geoid height = -95.226 (meters)
Orthometric height (height above EGM96 geoid which approximates mean sea level) = 2427.5135 (meters)

(note: orthometric height = GPS ellipsoidal height - geoid height)

... return to request form

Fuente:https://www.unavco.org/software/geodetic-utilities/geoid-height-calculator/geoid-height-calculator.html

$$H = h - N = 2332.2875 - (-95.226)$$

Finalmente, la cota del BM-01 a utilizar será:

H = 2427.5135 m.s.n.m.

IV. MONUMENTACIÓN DEL BM-01.

4.1. Descripción. Una adecuada señalización o monumentación de un BM, resulta indispensable para tener conocimiento de la elevación de dicho punto a fin de realizar levantamientos topográficos.

Se utilizan para materializar un sistema de coordenadas altimétricas (elevación). Para nuestro caso se procedió a monumentar el BM-01, obtenido por el traslado de cotas de un punto de control vertical absoluto (BM del IGN).

4.2. Materiales - herramientas.

- Estaca de acero (fierro corrugado ϕ ½, l=30cm).
- Cemento.
- Hormigón.
- Balde.
- Pintura esmalte color rojo.
- Pico.
- Comba.
- Pala.
- GPS garmin.

4.3. Procedimiento.

- Reconocimiento en el terreno el lugar donde se va a monumentar el BM-01.
- Una vez ubicado el BM-01, se procede a realizar la excavación de base cuadrada de 40cmx40cm, así como el estacado de la varilla de fierro corrugado.

- Posteriormente se procede a elaborar la mezcla con hormigón, cemento, agua en el balde para obtener el concreto necesario para cubrir el hoyo.

- Finalmente se procede a cubrir la excavación y esperar el tiempo de fraguado a fin de asegurar la posición exacta del BM-01.

V. PANEL FOTOGRÁFICO.

Figura N°27. Vista del topógrafo (tesista) y del ayudante (portamira) en el punto de control vertical absoluto BM del IGN, ubicado en la plaza de armas de Acomayo.

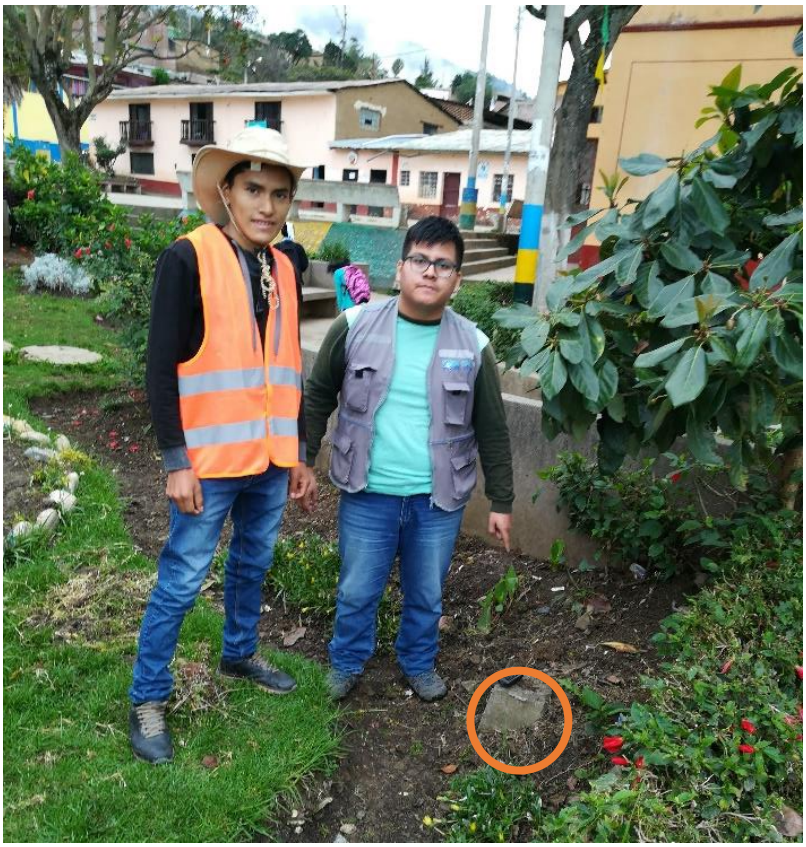


Figura N°28. Vista izquierda del tesista nivelando el equipo topográfico y vista derecha del correcto estacionamiento del nivel automático.



Figura N°29. Vista del tesista visando los pelos estadimétricos (pelo medio) en la mira, utilizando el método de nivelación por doble estacionamiento.

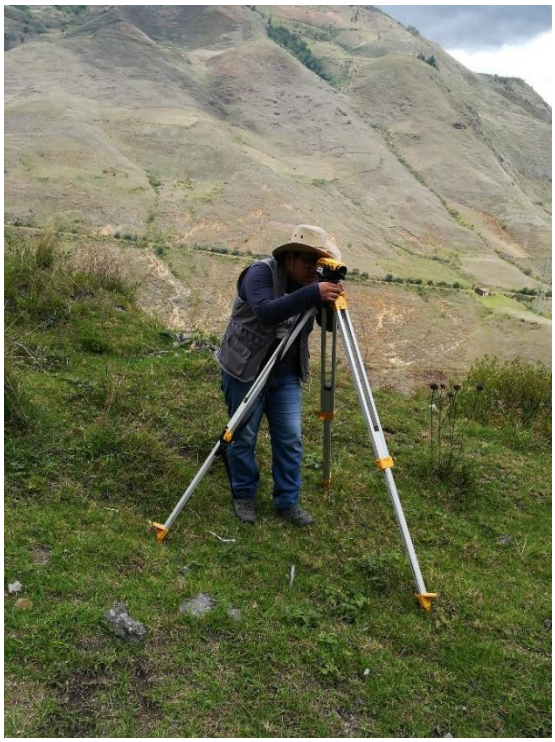


Figura N°30. Vista del tesista tomando anotación de las lecturas visadas en la paleta topográfica de nivelación en su libreta de campo.



Figura N°31. Vista del tesista estacando la varilla de fierro corrugado de ϕ ½" de 30cm de longitud en la excavación para la monumentación del BM-01.



Figura N°32. Vista del tesista con la monumentación del BM-01, excavación cubierta por la mezcla de hormigón, cemento, agua en su proceso de fraguado, tomando las coordenadas planimétricas (este y norte) con el GPS para su correcta ubicación en la elaboración del plano topográfico.



Figura N°33. Vista del marcado con pintura esmalte color rojo del BM-01.



VI. CONCLUSIONES.

- Para el desarrollo del estudio topográfico se realizó el control vertical (altimetría) realizando el traslado de cotas de un punto de control vertical absoluto B.M. certificado por el IGN obteniendo el punto de control vertical relativo BM-01.

- El método utilizado para la nivelación fue el de “DOBLE ESTACIÓN”.

- La altura elipsoidal del punto de control vertical obtenido en campo (BM-01) fue de 2332.2875 m.s.n.m.

- Se trabajó con la altura ortométrica (H) buscando obtener la cota real, es decir la separación vertical entre el geoide y la superficie topográfica**.** Cuyo valor final es de H = 2427.5135 m.s.n.m.

- Finalmente se realizó la monumentación del hito (BM-01) para considerarlo posteriormente como punto de referencia en el levantamiento topográfico.

VII. RECOMENDACIONES.

- Se recomienda considerar en todo estudio topográfico el control vertical (altimetría) a fin de obtener puntos de control verticales relativos en base a los puntos de control verticales absolutos que nos brinda el Instituto Geográfico Nacional (IGN) en las distintas zonas a trabajar. Para tener datos reales en campo (coordenadas planimétricas y altimétricas) en el levantamiento topográfico.

- Se recomienda siempre antes de iniciar un trabajo de nivelación: el reconocimiento total del terreno, la elaboración de una plantilla topográfica de trabajo en la libreta de campo y la búsqueda de la ficha del IGN del punto geodésico cercano para el traslado de cotas correspondiente.

- Se recomienda utilizar equipos de precisión y calibrados para los trabajos de nivelación a fin de obtener datos reales en campo y evitar posteriores márgenes de error.

VIII. BIBLIOGRAFÍA.

- Carrizales, G. (2018). *Nivelación Aplicada*. Lima, Perú: INGECYR E.I.R.L.

- Herrera, R. y Mendoza, J. (2015) *Curso de Geodesia Actualizado*. Recuperado de https://es.scribd.com/doc/290935099/GEODESIA SATELITAL.

- Instituto Geográfico Nacional. (2015). *Especificaciones técnicas para posicionamiento geodésico estático relativo con receptores del sistema satelital de navegación global.* Recuperado de https://www.ign.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/ESPECIFICACIONES-TECNICAS-PARA-POSICIONAMIENTO.pdf.

- Link del programa para calcular la altura ortométrica: https://www.unavco.org/software/geodetic-utilities/geoidheight-calculator/geoid-height-calculator.html

- Universidad Nacional de Ingeniería. (2018). *Manual de Topografía Básica.* Lima, Perú: Facultad de ingeniería civil.

ESTUDIO TOPOGRÁFICO (PARTE II)

- **TESIS:** "ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".

- **TEMA:** LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.



- **CENTRO POBLADO** : PACHACHUPAN
- **DISTRITO** : CHINCHAO
- **PROVINCIA** : HUANUCO
- **DEPARTAMENTO** : HUANUCO

HUANUCO - PERÚ

2018

INDICE

I. RESUMEN.

II. TÍTULO DEL PROYECTO.

III. UBICACIÓN.

IV. PERSONAL TÉCNICO Y EQUIPO TOPOGRÁFICO.
4.1. Brigada de trabajo de campo en Topografía.
4.2. Equipo Topográfico y demás herramientas.

V. OBJETIVOS.
5.1. Objetivo General.
5.2. Objetivos Específicos.

VI. METODOLOGÍA DE TRABAJO.
6.1. Proceso de estacionamiento del equipo topográfico.
6.2. Delimitación de la poligonal cerrada.
6.3. Levantamiento topográfico.

VII. PANEL FOTOGRÁFICO.

VIII. CONCLUSIONES.

IX. RECOMENDACIONES.

X. BIBLIOGRAFÍA.

I. RESUMEN.

El presente trabajo dará a conocer en forma detallada el levantamiento topográfico del terreno de un talud perteneciente al área de investigación con una topografía de pendiente moderada (5°-15°), según el **mapa N°06 "Mapa de pendientes del Instituto Geológico Minero Metalúrgico (INGEMMET)**, que será adjuntado en los anexos. ubicado en la progresiva Km 37+700 al Km 37+800 de la carretera central (Ruta Nacional PE+18A), tramo Huánuco - Tingo María, utilizando el equipo topográfico conocido como **estación total**.

En el presente trabajo se establecen las bases teóricas, pero de forma resumida de todo el procedimiento de trabajo, equipos y herramientas empleadas. También se indicará el proceso de trabajo de campo y gabinete (procesamiento de la información obtenida). Para la presentación de los resultados se adicionará con planos de levantamiento topográfico, perfil longitudinal, secciones transversales, etc.

II. TÍTULO DEL PROYECTO.

"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE +18A) EN PACHACHUPÁN. 2018".

III. UBICACIÓN.

El proyecto materia del presente estudio se sitúa en:

País : Perú
Región : Huánuco
Provincia : Huánuco
Distrito : Chinchao
Centro Poblado: Pachachupán.

Figura N° 34. Vista panorámica del área de Investigación de trabajo de campo.



Fuente: Elaboración propia en Google Earth Pro.

IV. PERSONAL TÉCNICO Y EQUIPO TOPOGRÁFICO.

4.1. Brigada de trabajo de campo en Topografía.

- Tesista (topógrafo).
- 02 asistentes (prismeros).
- 01 Chofer (traslado del personal).

4.2. Equipo Topográfico y demás herramientas.

Estación Total.

Marca: topcon
Serie: ES-105
Precisión min.: ± 05”



Dos prismas con sus respectivos bastones.





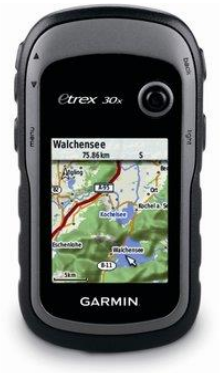
Un trípode.



Una cinta métrica.



GPS.



Herramientas manuales.









Fuente: Elaboración propia.

V. OBJETIVOS.

5.1. Objetivo General.

Realizar el levantamiento topográfico con estación total para la elaboración de planos topográficos, así como hojas de cálculo correspondientes para la representación de la superficie real del área de investigación.

5.2. Objetivos Específicos.

- Determinar la geometría del talud.
- Realizar la delimitación de la poligonal cerrada y el control de error de cierre y compensación angular.
- Procesar y utilizar la data de puntos obtenidas por el software topconlinks v7.2. para el posterior desarrollo de los planos topográficos.
- Evaluar los parámetros geométricos del talud como: quiebres, pendientes, depresiones. En función a los planos topográficos desarrollados.

VI. METODOLOGÍA DE TRABAJO.

6.1. Proceso de estacionamiento del equipo topográfico.

- Para realizar un levantamiento topográfico se necesita tener en campo mínimo 1 punto con coordenadas y un azimut de partida o de lo contrario 2 puntos con coordenadas los cuales me definen un punto y un azimut. Las coordenadas pueden ser relativas o absolutas.

Existen 2 métodos de trabajo con la estación total: método de ángulos y distancias y método de coordenadas. Para nuestro caso se procedió a elegir el método de coordenadas. En las cuales se tuvo 2 puntos con coordenadas: E-01 (Punto base) y BM-01 (Punto de referencia, así como de control vertical relativo). A continuación, se detallará las coordenadas planimetrías y altimétricas de ambos puntos:

Cuadro Nº 2. Puntos de control y trabajo en campo

PUNTOS	COORDENADAS		
	ESTE (X)	NORTE (Y)	ELEVACIÓN (Z)
E-01	380139	8920139	2426.514
BM-01	380144	8920134	2427.514

Fuente: Elaboración propia.

- Primero se debe señalar o marcar los hitos de trabajo: punto base (E-01) y referencia (BM-01). Para nuestro caso los indicados en el cuadro anteriormente mostrado.

- Instalar el trípode buscando la nivelación a simple vista de la parte superior de ésta (cabezal del trípode).

- Colocar y ajustar la estación total al cabezal del trípode para asegurar la estabilidad de ésta y evitar la descalibración o daños del equipo.

- Encender la estación total y la plomada láser del equipo para coincidir éste con el hito marcado.

- Proceder a nivelar el nivel de burbuja (ojo de pollo) con las patas del trípode, para ello se deben realizar movimientos tangenciales con 2 patas del trípode y mantener una pata fija como apoyo, para nivelar el nivel digital se debe ajustar con los tornillos nivelantes para que la nivelación sea lo más precisa

posible, el margen de error máximo en la nivelación digital de la pantalla del equipo no debe pasar de los 5”.

- Luego nivelar el nivel tubular en cada eje girando 90° el equipo buscando así la nivelación total.

- Finalmente, el equipo ya se encuentra nivelado para empezar con el trabajo de levantamiento topográfico.

Figura N° 35. Vista del equipo topográfico correctamente estacionado y nivelado.



Fuente: Elaboración propia.

6.2. Delimitación de la poligonal cerrada.

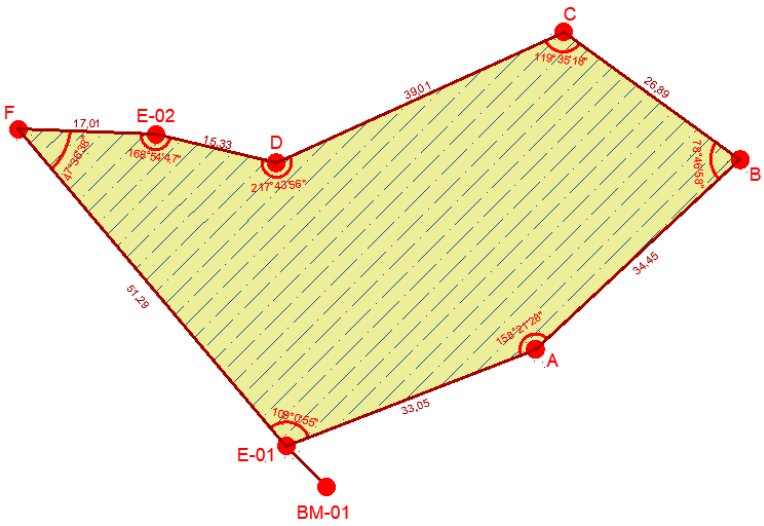
Se procedió a delimitar la poligonal cerrada en el área de trabajo para el posterior levantamiento topográfico, éste estuvo constituido por 8 puntos en total incluyendo los puntos de control y referencia (E-01 y BM-01), a continuación, se detallará las coordenadas planimétricas y altimétricas de cada uno y su respectiva representación en el plano. **Para mayores detalles, revisar en los anexos el plano topográfico N°01 (código PT-1).**

Cuadro Nº 3. Puntos de la poligonal cerrada obtenidas.

PUNTOS	COORDENADAS		
	ESTE (X)	NORTE (Y)	ELEVACIÓN (Z)
E-01	380139	8920139	2426.514
BM-01	380144	8920134	2427.514
A	380169.816	8920150.953	2430.097
B	380195.076	8920174.379	2458.859
C	380173.302	8920190.164	2457.835
D	380137.8	8920174.006	2442.622
E-02	380122.876	8920177.523	2440.994
F	380105.882	8920178.168	2440.864
G	380139.011	8920138.977	2426.466

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 36. Representación de la delimitación de la poligonal cerrada.



Fuente: Elaboración propia.

En el análisis y procesamiento de datos en gabinete se procedió a realizar el cálculo del error de cierre y compensación angular.

N=	8

MÉTODO DE COORDENADAS

E-01	380139.000	8920139.000

	COORDENADAS			PROYECCIONES		CORRECCIONES		PROYECCIONES CORREGIDAS		COORDENADAS		
EST.	E	N	DISTANCIA	DE	DN	CpE	CpN	DE	DN	E	N	EST.
E-01	380139.000	8920139.0000								380139.000	8920139.000	E-01
			33.05298875	30.816	11.953	-0.001675036	0.003502348	30.81432496	11.95650235			
A	380169.816	8920150.953								380169.814	8920150.957	A
			34.45061793	25.26	23.426	-0.001745864	0.003650443	25.25825414	23.42965044			
B	380195.076	8920174.379								380195.073	8920174.386	B
			26.89374093	-21.774	15.785	-0.001362902	0.002849704	-21.7753629	15.7878497			
C	380173.302	8920190.164								380173.297	8920190.174	C
			39.00606322	-35.502	-16.158	-0.001976722	0.004133145	-35.50397672	-16.15386686			
D	380137.800	8920174.006								380137.793	8920174.020	D
			15.33281008	-14.924	3.517000	-0.000777025	0.001624689	-14.92477703	3.51862469			
E-02	380122.876	8920177.523								380122.868	8920177.539	E-02
			17.00623594	-16.994	0.645	-0.00086183	0.001802008	-16.99486183	0.646802008			
F	380105.882	8920178.168								380105.874	8920178.186	F
			51.31729847	33.129	-39.191	-0.002600622	0.005437663	33.12639938	-39.18556234			
G	380139.011	8920138.977								380139.000	8920139.000	G

Fuente: Elaboración propia

Cálculos analizados y realizados:

- **Distancia total (Dt) =** 217.0597553m
- **Error calculado en la proyección Este (ECE) =** 0.011
- **Error calculado en la proyección Norte (ECN) =** -0.023
- **Error de dato en Este (EDE) =** 0.0
- **Error de dato en Norte (EDN) =** 0.0
- **Error en Este (EE) =** EDE – ECE = -0.011
- **Error en Norte (EN) =** EDN – ECN = 0.023
- **Error por metro en Este (EmE) =** Dt/EE = -5.06773E-05.
- **Error por metro en Norte (EmN) =** Dt/EN =0.000105962
- **Error lineal (El) =** ((Dt/EE) ^2 + (Dt/EE) ^2) ^0.5 = 0.025495098
- **Precisión (P) =** Dt/El = 8513.784048
- **Error relativo (Er) =** 1/Precisión = 0.000117457

Para ello verificamos si se cumple con el error relativo para zonas rurales en este caso:

	ERROR RELATIVO	
ZONA RURAL	ER=1/500	0.0002
ZONA URBANA	ER=1/10000	0.0001

Fuente: Elaboración propia.

Como: 0.000117457 **<** 0.0002 → **CUMPLE.**

6.3. Levantamiento topográfico.

Para el caso del levantamiento topográfico se realizó trabajando el método de coordenadas en base a los puntos de control y referencia (E-01 y BM-01). Posteriormente se procedió a visar todos los puntos topográficos necesarios para el detalle real de la superficie de la ladera en el área de investigación.

A continuación, se detallará la data de los puntos topográficos levantados en campo:

Cuadro Nº 4. Data de puntos topográficos visadas en campo.

DATA DE PUNTOS TOPOGRÁFICOS				
PUNTOS	**NORTE (Y)**	**ESTE (X)**	**COTA (Z)**	**DESCRIPCIÓN**
1	8920150.994	380169.808	2430.092	TALUD
2	8920151.717	380169.503	2430.066	TALUD
3	8920152.304	380169.164	2429.802	TALUD
4	8920152.896	380168.642	2429.937	TALUD
5	8920153.544	380167.829	2430.003	TALUD
6	8920152.874	380167.065	2429.143	TALUD
7	8920152.308	380166.186	2428.946	TALUD
8	8920151.343	380164.8	2428.804	TALUD
9	8920150.654	380163.462	2429.032	TALUD
10	8920150.187	380162.258	2428.519	TALUD
11	8920150.882	380161.384	2428.629	TALUD
12	8920151.551	380162.168	2428.858	TALUD
13	8920152.171	380163.237	2428.53	TALUD
14	8920152.937	380164.204	2428.843	TALUD
15	8920172.872	380196.841	2458.666	TALUD
16	8920173.357	380196.404	2458.632	TALUD
17	8920173.702	380196.394	2458.854	TALUD
18	8920174.354	380195.417	2458.812	TALUD
19	8920175.128	380194.753	2458.875	TALUD
20	8920175.629	380195.151	2459.156	TALUD
21	8920176.734	380194.755	2459.527	TALUD
22	8920154.386	380165.45	2429.397	TALUD
23	8920176.328	380193.801	2458.764	TALUD
24	8920179.14	380192.125	2458.236	TALUD
25	8920178.771	380191.429	2457.794	TALUD
26	8920176.976	380189.726	2456.996	TALUD
27	8920155.753	380166.383	2430.597	TALUD
28	8920155.12	380167.014	2430.587	TALUD
29	8920154.369	380167.836	2430.608	TALUD
30	8920153.895	380168.68	2430.625	TALUD
31	8920153.295	380170.05	2431.201	TALUD
32	8920175.838	380188.258	2455.736	TALUD
33	8920175.358	380187.571	2455.402	TALUD
34	8920174.901	380189.196	2455.465	TALUD
35	8920153.914	380172.297	2433.48	TALUD
36	8920154.881	380171.889	2433.753	TALUD
37	8920155.851	380171.412	2433.977	TALUD
38	8920156.572	380171.069	2433.867	TALUD

39	8920157.571	380170.523	2434.344	TALUD
40	8920158.317	380170.065	2434.934	TALUD
41	8920159.444	380169.216	2435.25	TALUD
42	8920161.01	380168.47	2435.295	TALUD
43	8920174.871	380189.582	2456.627	TALUD
44	8920169.573	380190.925	2454.373	TALUD
45	8920170.903	380190.24	2453.616	TALUD
46	8920162.772	380168.929	2437.346	TALUD
47	8920161.854	380170.129	2436.992	TALUD
48	8920161.125	380171.102	2437.326	TALUD
49	8920160.51	380172.043	2437.144	TALUD
50	8920160.174	380173.61	2437.593	TALUD
51	8920159.76	380175.195	2438.19	TALUD
52	8920157.873	380175.955	2438.742	TALUD
53	8920169.733	380188.189	2451.405	TALUD
54	8920166.811	380187.004	2449.737	TALUD
55	8920165.798	380185.579	2448.342	TALUD
56	8920163.291	380185.3	2447.299	TALUD
57	8920164.557	380183.468	2446.793	TALUD
58	8920161.476	380177.15	2440.473	TALUD
59	8920159.464	380178.187	2441.045	TALUD
60	8920158.413	380179.033	2441.056	TALUD
61	8920161.805	380183.22	2445.163	TALUD
62	8920162.778	380182.472	2445.657	TALUD
63	8920163.882	380181.246	2445.018	TALUD
64	8920160.937	380181.33	2444.221	TALUD
65	8920165.417	380179.384	2444.587	TALUD
66	8920167.434	380177.23	2444.502	TALUD
67	8920169.304	380174.982	2444.369	TALUD
68	8920162.436	380176.284	2440.904	TALUD
69	8920168.08	380173.995	2443.217	TALUD
70	8920166.003	380175.095	2442.026	TALUD
71	8920164.566	380176.729	2442.957	TALUD
72	8920161.704	380179.215	2442.31	TALUD
73	8920159.81	380179.437	2442.033	TALUD
74	8920174.075	380168.441	2445.18	TALUD
75	8920172.842	380170.945	2444.485	TALUD
76	8920172.089	380174.805	2445.812	TALUD
77	8920174.609	380172.736	2446.27	TALUD
78	8920175.709	380174.013	2447.808	TALUD

79	8920165.462	380171.619	2440.275	TALUD
80	8920167.068	380169.798	2441.099	TALUD
81	8920168.61	380163.25	2440.872	TALUD
82	8920167.338	380161.208	2439.128	TALUD
83	8920167.957	380160.215	2440.054	TALUD
84	8920166.557	380161.107	2438.282	TALUD
85	8920165.548	380164.62	2437.83	TALUD
86	8920164.165	380167.006	2437.331	TALUD
87	8920175.362	380175.803	2448.576	TALUD
88	8920174.557	380177.563	2448.351	TALUD
89	8920175.24	380178.812	2449.179	TALUD
90	8920163.113	380164.685	2436.002	TALUD
91	8920163.954	380162.325	2435.989	TALUD
92	8920164.7	380160.133	2436.081	TALUD
93	8920162.593	380161.07	2434.72	TALUD
94	8920176.11	380175.86	2450.513	TALUD
95	8920159.572	380165.814	2433.522	TALUD
96	8920160.751	380163.64	2433.733	TALUD
97	8920159.985	380162.352	2432.643	TALUD
98	8920160.917	380160.192	2432.92	TALUD
99	8920161.431	380158.716	2432.705	TALUD
100	8920177.884	380172.983	2449.883	TALUD
101	8920159.179	380160.31	2431.506	TALUD
102	8920159.924	380158.694	2431.689	TALUD
103	8920178.314	380174.499	2451.817	TALUD
104	8920176.605	380180.242	2452.05	TALUD
105	8920177.562	380168.018	2450.637	TALUD
106	8920156.227	380164.192	2430.236	TALUD
107	8920156.161	380159.642	2428.73	TALUD
108	8920153.311	380157.235	2428.637	TALUD
109	8920153.072	380153.646	2428.581	TALUD
110	8920153.975	380149.556	2428.546	TALUD
111	8920157.362	380151.616	2429.435	TALUD
112	8920156.23	380148.814	2428.509	TALUD
113	8920156.156	380143.576	2428.312	TALUD
114	8920155.638	380135.634	2427.968	TALUD
115	8920155.759	380126.977	2427.619	TALUD
116	8920157.207	380127.032	2429.204	TALUD
117	8920157.082	380125.604	2429.232	TALUD
118	8920156.915	380123.899	2429.015	TALUD

119	8920155.71	380124.174	2427.747	TALUD
120	8920153.639	380116.264	2427.611	TALUD
121	8920155.876	380115.635	2429.66	TALUD
122	8920158.269	380114.431	2431.325	TALUD
123	8920159.412	380117.393	2432.243	TALUD
124	8920158.948	380112.07	2432.56	TALUD
125	8920161.084	380112.317	2434.688	TALUD
126	8920162.497	380117.178	2434.412	TALUD
127	8920164.6	380111.225	2437.284	TALUD
128	8920168.417	380108.941	2437.574	TALUD
129	8920181.413	380103.488	2439.744	E2
130	8920181.524	380105.361	2439.406	TALUD
131	8920181.426	380107.81	2439.648	TALUD
132	8920172.423	380105.508	2438.717	TALUD
133	8920173.52	380107.764	2438.299	TALUD
134	8920174.273	380109.983	2438.513	TALUD
135	8920160.844	380112.637	2436.04	TALUD
136	8920163.381	380114.707	2436.091	TALUD
137	8920165.396	380116.817	2436.342	TALUD
138	8920155.22	380120.154	2434.395	TALUD
139	8920157.08	380121.505	2434.363	TALUD
140	8920158.931	380123.331	2434.896	TALUD
141	8920149.238	380126.112	2432.808	TALUD
142	8920151.058	380127.799	2432.847	TALUD
143	8920152.527	380129.455	2433.402	TALUD
144	8920143.337	380131.913	2431.575	TALUD
145	8920144.719	380133.379	2431.427	TALUD
146	8920146.251	380134.906	2431.557	TALUD
147	8920137.019	380136.514	2429.996	TALUD
148	8920138.37	380138.157	2430.741	TALUD
149	8920139.642	380140.18	2431.754	TALUD
150	8920130.062	380139.983	2428.679	TALUD
151	8920130.861	380141.464	2428.731	TALUD
152	8920131.973	380143.643	2429.213	TALUD
153	8920125.87	380140.792	2428.47	TALUD
154	8920126.729	380142.427	2428.415	TALUD
155	8920128.09	380145.252	2428.993	TALUD
156	8920132.205	380137.426	2428.412	CALICATA
157	8920181.431	380108.296	2441.144	TALUD
158	8920181.059	380109.564	2441.188	TALUD

159	8920180.864	380111.281	2441.502	TALUD
160	8920180.309	380113.526	2441.51	TALUD
161	8920179.438	380115.212	2441.211	TALUD
162	8920177.667	380117.239	2441.435	TALUD
163	8920175.627	380120.032	2441.553	TALUD
164	8920174.062	380117.965	2440.417	TALUD
165	8920174.874	380115.522	2440.201	TALUD
166	8920175.221	380113.11	2439.841	TALUD
167	8920175.134	380111.395	2439.503	TALUD
168	8920174.746	380109.858	2439.183	TALUD
169	8920172.761	380110.894	2438.71	TALUD
170	8920172.755	380114.202	2439.099	TALUD
171	8920170.883	380114.894	2438.603	TALUD
172	8920169.467	380113.234	2438.173	TALUD
173	8920170.095	380114.977	2438.448	TALUD
174	8920168.534	380116.704	2438.448	TALUD
175	8920166.105	380116.782	2438.521	TALUD
176	8920168.205	380114.428	2438.085	TALUD
177	8920164.312	380118.479	2438.292	TALUD
178	8920163.066	380119.463	2438.149	TALUD
179	8920163.582	380120.919	2438.509	TALUD
180	8920162.6	380123.475	2439.02	TALUD
181	8920161.195	380122.447	2438.309	TALUD
182	8920159.979	380125.219	2439.086	TALUD
183	8920161.64	380124.67	2439.097	TALUD
184	8920188.959	380126.629	2446.241	E3
185	8920180.045	380134.707	2441.863	TALUD
186	8920182.426	380132.764	2442.379	TALUD
187	8920184.822	380131.108	2443.5	TALUD
188	8920186.053	380128.818	2444.742	TALUD
189	8920186.709	380126.079	2446.063	TALUD
190	8920188.495	380122.414	2447.562	TALUD
191	8920190.698	380124.53	2446.788	TALUD
192	8920192.394	380127.043	2446.149	TALUD
193	8920190.647	380129.199	2445.587	TALUD
194	8920188.876	380130.804	2444.807	TALUD
195	8920186.727	380132.122	2444.01	TALUD
196	8920183.069	380136.291	2441.72	TALUD
197	8920186.473	380138.882	2441.789	TALUD
198	8920189.043	380136.627	2442.89	TALUD

199	8920191.419	380134.979	2443.718	TALUD
200	8920195.17	380133.384	2444.229	TALUD
201	8920198.744	380130.432	2445.001	TALUD
202	8920199.626	380126.445	2445.94	TALUD
203	8920197.128	380122.411	2446.955	TALUD
204	8920193.399	380119.939	2447.583	TALUD
205	8920205.747	380125.133	2445.876	TALUD
206	8920203.43	380128.174	2445.013	TALUD
207	8920201.408	380130.611	2444.6	TALUD
208	8920199.454	380132.528	2444.37	TALUD
209	8920197.759	380135.444	2443.662	TALUD
210	8920195.132	380137.508	2442.934	TALUD
211	8920192.774	380139.995	2441.845	TALUD
212	8920196.478	380139.778	2442.054	TALUD
213	8920199.519	380139.324	2442.102	TALUD
214	8920201.548	380138.508	2442.361	CALICATA
215	8920205.109	380137.248	2442.706	TALUD
216	8920207.668	380134.877	2443.64	TALUD
217	8920209.87	380131.676	2445.006	TALUD
218	8920213.2	380128.8	2446.57	TALUD
219	8920213.159	380136.801	2444.269	TALUD
220	8920212.35	380139.244	2443.144	TALUD
221	8920214.224	380141.59	2442.58	TALUD
222	8920215.058	380139.787	2443.348	TALUD
223	8920216.029	380137.552	2444.31	TALUD
224	8920217.922	380139.626	2443.415	TALUD
225	8920217.488	380141.976	2442.522	TALUD
226	8920218.521	380144.025	2442.242	TALUD
227	8920220.171	380144.938	2441.813	TALUD
228	8920219.21	380142.356	2442.626	TALUD
229	8920220.094	380139.688	2443.707	TALUD
230	8920218.515	380133.713	2446.107	TALUD
231	8920218.705	380129.222	2447.067	TALUD
232	8920217.106	380124.825	2447.823	TALUD
233	8920194.308	380136.611	2443.101	TALUD
234	8920224.348	380124.275	2448.566	E4
235	8920218.319	380122.617	2448.533	TALUD
236	8920220.504	380120.259	2449.004	TALUD
237	8920226.871	380119.927	2449.751	TALUD
238	8920230.659	380122.865	2450.23	TALUD

239	8920231.176	380125.29	2449.65	TALUD
240	8920230.841	380128.006	2448.817	TALUD
241	8920228.273	380129.351	2447.716	TALUD
242	8920225.252	380128.257	2447.78	TALUD
243	8920229.78	380130.87	2447.451	TALUD
244	8920234.655	380131.481	2448.532	TALUD
245	8920236.213	380131.948	2448.337	E5
246	8920236.539	380126.308	2450.928	TALUD
247	8920239.772	380127.261	2451.026	TALUD
248	8920242.672	380128.056	2450.908	TALUD
249	8920245.898	380127.377	2451.225	TALUD
250	8920244.06	380129.006	2449.796	TALUD
251	8920243.989	380130.17	2448.685	TALUD
252	8920241.593	380129.901	2449.431	TALUD
253	8920242.598	380131.553	2447.66	TALUD
254	8920243.801	380133.613	2446.143	TALUD
255	8920240.35	380133.953	2446.282	TALUD
256	8920238.957	380135.558	2445.501	TALUD
257	8920242.091	380136.366	2444.759	TALUD
258	8920247.437	380134.496	2445.776	TALUD
259	8920246.724	380130.597	2448.529	TALUD
260	8920246.401	380129.58	2449.229	TALUD
261	8920248.866	380129.571	2449.842	TALUD
262	8920252.739	380125.007	2452.203	TALUD
263	8920268.719	380120.716	2456.155	TALUD
264	8920274.521	380124.326	2456.678	TALUD

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en el cuadro N°04 de data de puntos topográficos, son un total de 264 puntos visados, éstos fueron obtenidos por el software topcon link v7.2 para posteriormente ser procesados al excel. Están en formato: Punto, Norte, Este, Cota y Descripción (PNEZD) y fueron procesados en el software AutocadCivil3D para la generación de la superficie y el análisis de los parámetros topográficos (elevaciones, pendientes, quiebres, etc.). Respecto a las elevaciones se constató grandes desniveles en los puntos más críticos del área de investigación. A continuación,

se puede observar en la figura la representación de los desniveles en la superficie topográfica, con su respectiva leyenda:

Figura N° 37. Vista de la superficie topográfica detallando las elevaciones.

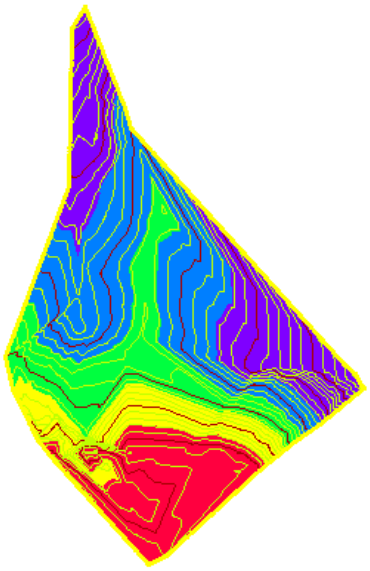


TABLA DE ELEVACIONES				
Número	Elevación mínima (msnm)	Elevación Máxima (msnm)	Área (m2)	Color
1	2427.61	2432.24	1112.20	
2	2432.24	2438.71	661.09	
3	2438.71	2443.22	1153.81	
4	2443.22	2447.78	1984.69	
5	2447.78	2459.53	1412.41	

Fuente: Elaboración propia en el AutocadCivil3D.

Figura N° 38. Vista de la superficie topográfica detallando las pendientes.

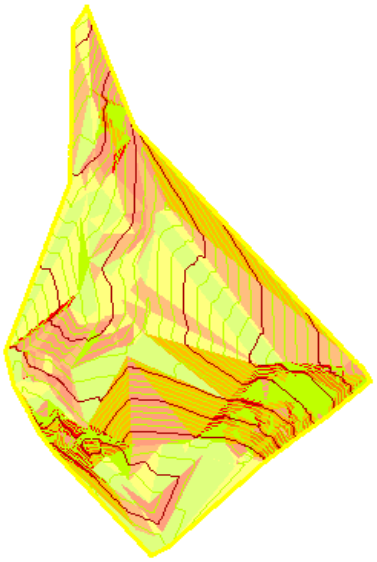
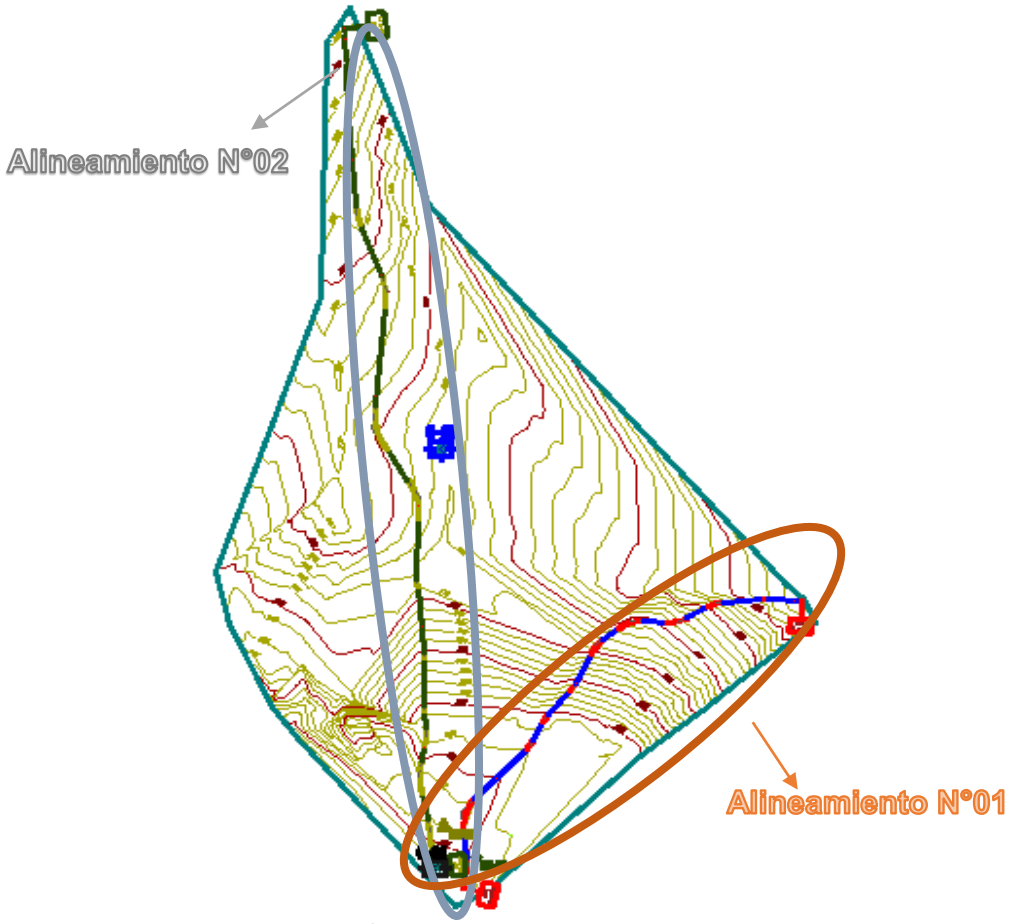


TABLA DE PENDIENTES				
Número	Pendiente Mínima (%)	Pendiente Máxima (%)	Área (m2)	Color
1	2.73%	23.58%	1272.23	
2	23.58%	34.10%	1193.99	
3	34.10%	41.67%	1023.72	
4	41.67%	63.03%	906.41	
5	63.03%	80.78%	364.08	
6	80.78%	94.31%	1068.92	
7	94.31%	113.92%	238.09	
8	113.92%	5927.83%	256.74	

Fuente: Elaboración propia en el AutocadCivil3D.

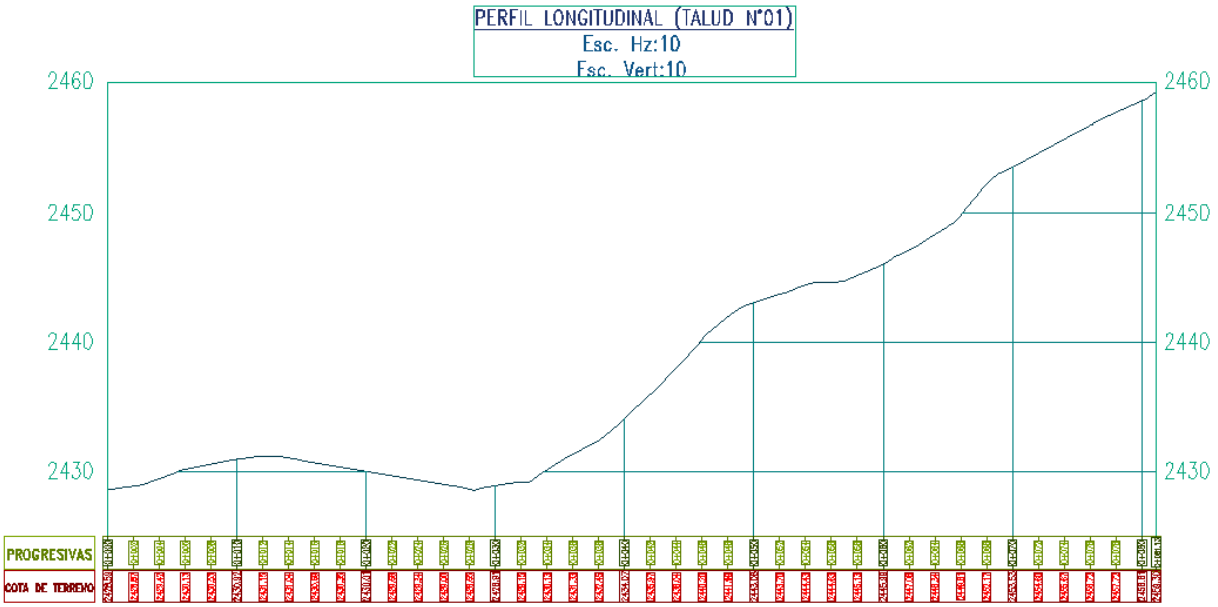
También se procedió en base a la superficie topográfica generada desarrollar 2 alineamientos en las áreas más críticas de mayor elevación a fin de generar los perfiles longitudinales de 2 laderas del área de investigación. Con el propósito de determinar la pendiente promedio de la ladera más crítica para su posterior análisis de estabilidad del talud. **Para mayores detalles se recomienda revisar en los anexos el plano topográfico N°03 de superficies y perfiles longitudinales (código PT-3).** A continuación, se detallará las vistas en el plano de la generación de los 2 alineamientos, así como el desarrollo de los perfiles longitudinales:

Figura N° 39. Vista de la generación de los 2 alineamientos en la superficie topográfica.



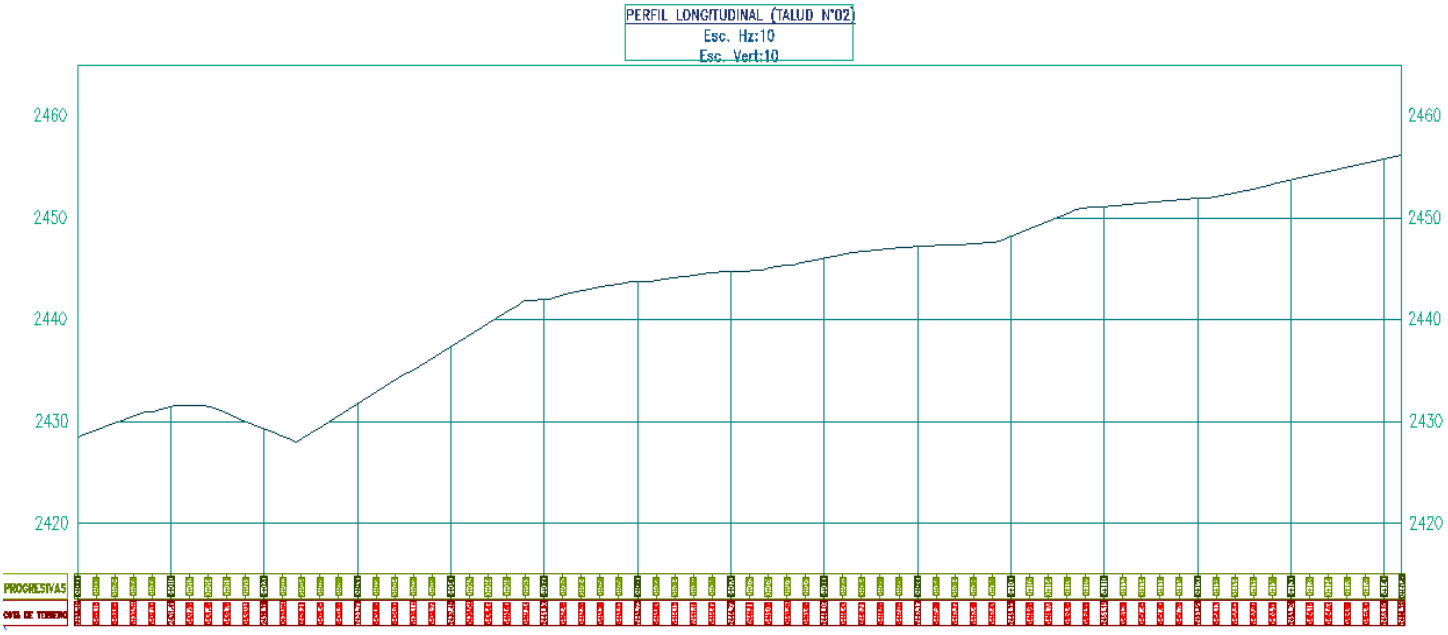
Fuente: Elaboración propia en el AutocadCivil3D.

Figura N° 40. Vista del perfil longitudinal del talud N°01.



Fuente: Elaboración propia en el AutocadCivil3D.

Figura N° 41. Vista del perfil longitudinal del talud N°02.



Fuente: Elaboración propia en el AutocadCivil3D.

Como se puede observar en la figura N°40 y N°41 de los perfiles longitudinales indicados. **El talud más crítico es el Talud N°01**. Finalmente se procedió a determinar la pendiente promedio general del mencionado talud en una hoja de cálculo excel que a continuación será mostrada:

Cuadro Nº 5. Cálculo final del promedio general de pendientes del talud N°01.

N°	Progresiva	Elevación (msnm)	Pendiente (%)
1	0+000.00m	2428.592m	
2	0+000.31m	2428.614m	7.11%
3	0+001.41m	2428.776m	14.73%
4	0+002.26m	2428.911m	15.98%
5	0+002.37m	2428.928m	15.37%
6	0+003.00m	2429.121m	30.59%
7	0+003.74m	2429.347m	30.42%
8	0+004.27m	2429.505m	29.97%
9	0+004.48m	2429.600m	43.98%
10	0+005.23m	2429.910m	41.72%
11	0+005.56m	2430.044m	40.46%
12	0+009.65m	2430.862m	19.96%
13	0+010.34m	2430.985m	17.88%
14	0+011.03m	2431.079m	13.59%
15	0+011.72m	2431.142m	9.13%
16	0+012.41m	2431.173m	4.55%
17	0+013.10m	2431.173m	-0.07%
18	0+013.38m	2431.160m	-4.70%
19	0+013.79m	2431.080m	-19.36%
20	0+014.48m	2430.952m	-18.54%
21	0+015.17m	2430.832m	-17.51%
22	0+026.70m	2428.881m	-16.92%
23	0+027.32m	2428.774m	-17.45%
24	0+027.93m	2428.661m	-18.39%
25	0+028.39m	2428.573m	-19.16%
26	0+028.55m	2428.609m	22.58%
27	0+029.33m	2428.787m	22.87%
28	0+031.09m	2429.103m	17.94%
29	0+031.83m	2429.141m	5.11%
30	0+032.33m	2429.164m	4.66%

31	0+032.50m	2429.170m	3.75%
32	0+032.84m	2429.402m	67.58%
33	0+033.34m	2429.725m	63.99%
34	0+035.36m	2430.976m	62.05%
35	0+038.05m	2432.475m	55.77%
36	0+038.53m	2432.837m	74.86%
37	0+038.99m	2433.196m	78.80%
38	0+039.07m	2433.254m	67.96%
39	0+039.41m	2433.519m	77.44%
40	0+039.61m	2433.708m	94.49%
41	0+040.16m	2434.222m	94.97%
42	0+041.98m	2435.950m	94.97%
43	0+042.14m	2436.074m	75.62%
44	0+044.13m	2438.170m	105.51%
45	0+044.23m	2438.268m	91.51%
46	0+044.51m	2438.558m	104.40%
47	0+045.54m	2439.621m	103.64%
48	0+045.58m	2439.679m	127.14%
49	0+046.16m	2440.396m	123.88%
50	0+046.32m	2440.581m	116.66%
51	0+046.74m	2440.963m	90.89%
52	0+047.32m	2441.457m	85.26%
53	0+047.90m	2441.914m	78.91%
54	0+048.48m	2442.330m	71.87%
55	0+049.21m	2442.832m	68.14%
56	0+051.71m	2443.636m	32.18%
57	0+052.30m	2443.777m	23.90%
58	0+052.40m	2443.784m	7.20%
59	0+052.89m	2444.010m	45.38%
60	0+053.48m	2444.249m	40.51%
61	0+054.07m	2444.457m	35.22%
62	0+054.42m	2444.560m	29.56%
63	0+054.66m	2444.590m	12.27%
64	0+055.25m	2444.627m	6.38%
65	0+055.84m	2444.630m	0.44%
66	0+056.25m	2444.620m	-2.55%
67	0+056.93m	2444.684m	9.39%
68	0+059.36m	2445.698m	41.70%
69	0+059.94m	2445.958m	44.99%
70	0+060.04m	2446.018m	61.16%
71	0+060.42m	2446.277m	68.75%
72	0+060.71m	2446.466m	63.25%

73	0+060.89m	2446.586m	69.87%
74	0+061.39m	2446.787m	39.81%
75	0+062.07m	2447.109m	47.73%
76	0+062.08m	2447.118m	54.99%
77	0+062.74m	2447.540m	64.00%
78	0+063.58m	2448.090m	65.45%
79	0+064.93m	2448.885m	58.78%
80	0+065.08m	2448.983m	68.55%
81	0+065.30m	2449.152m	74.87%
82	0+065.48m	2449.267m	65.63%
83	0+065.94m	2449.725m	99.97%
84	0+066.43m	2450.364m	128.81%
85	0+067.09m	2451.176m	123.73%
86	0+067.74m	2451.914m	112.53%
87	0+068.40m	2452.570m	99.88%
88	0+068.93m	2453.025m	85.95%
89	0+069.06m	2453.083m	46.32%
90	0+069.85m	2453.451m	46.42%
91	0+075.44m	2456.438m	53.42%
92	0+075.96m	2456.702m	51.10%
93	0+076.05m	2456.737m	36.76%
94	0+076.23m	2456.796m	33.35%
95	0+076.28m	2456.948m	300.71%
96	0+078.52m	2457.960m	45.13%
97	0+080.15m	2458.670m	43.71%
98	0+080.24m	2458.720m	55.26%
99	0+080.87m	2459.159m	69.29%
100	0+081.13m	2459.302m	55.01%

Fuente: Elaboración propia.

Cálculos analizados y realizados:

- **Pendiente general (PG)=** $\frac{\Delta\, Cotas}{\Delta\ Distancia} * 100$

$$PG = \frac{2459.302-2428.592}{81.13} * 100 = \mathbf{37.85\%}$$

- **Pendiente promedio general de la data de puntos del software AutocadCivil3D (PPG).**

$$PPG = \frac{\sum pendientes}{100} = \mathbf{50.24\%}$$

VII. PANEL FOTOGRÁFICO.

Figura N°42. Vista del topógrafo (tesista) estacionando el equipo topográfico en el punto base E-01 para orientarlo respectivamente al punto de referencia BM-01.



Figura N°43. Vista del topógrafo (tesista) a punto de realizar el enlace del punto base y de referencia con la ayuda del asistente (prismero).



Figura N°44. Vista de la superficie real del área de trabajo para levantar en campo.



Figura N°45. Vista del topógrafo (tesista) visando los puntos de la ladera en la zona crítica del área de investigación.



Figura N°46. Vista del topógrafo (tesista) realizando el cambio de estación.



Figura N°47. Vista del tesista realizando la sección de las calicatas (C-01 y C-02) y tomando sus coordenadas planimétricas (Este y Norte)



Figura N°48. Vista del asistente (prismero) ubicándose en los puntos críticos del talud (ladera) en el área de investigación.



Figura N°49. Vista del topógrafo (tesista) culminando el trabajo de levantamiento topográfico en la parte superior (cabezal) del talud en el área de investigación.



VIII. CONCLUSIONES.

- Para el levantamiento topográfico se utilizó el método de coordenadas.

- Para realizar un levantamiento topográfico se necesita tener en campo mínimo 1 punto con coordenadas y un azimut de partida o de lo contrario 2 puntos con coordenadas los cuales me definen un punto y un azimut.

- Se delimitó la poligonal cerrada constituido por 8 puntos en total incluyendo los puntos de control y referencia (E-01 y BM-01). Además, se procedió a realizar el cálculo del error de cierre y compensación angular.

- Para el levantamiento topográfico se visó un total de 264 puntos, éstos fueron obtenidos por el software Topcon link v7.2 para posteriormente ser procesados al excel.

- En el análisis de elevaciones en el software AutocadCivil3D la superficie topográfica presenta una elevación máxima de 2459.53 m.s.n.m y una mínima de 2427.61 m.s.n.m.

- En el análisis de pendientes en el software AutocadCivil3D la superficie topográfica presenta una pendiente máxima de 5927.83% y una mínima de 2.73%.

- Se desarrolló 2 alineamientos en la superficie topográfica, evaluando en función de los perfiles longitudinales el más crítico, de los cuales el del 1er talud fue el más crítico obteniendo **finalmente la pendiente promedio general del talud es de 50.24%.**

IX. RECOMENDACIONES.

- Para realizar un levantamiento topográfico primero se debe señalar o marcar los hitos de trabajo: punto base (ET-01) y referencia (BM-01).

- Es necesario e imprescindible empezar delimitando la poligonal cerrada o abierta en un proyecto de levantamiento topográfico, a fin de definir el área de trabajo y para posteriores trabajos de replanteo. Además de realizar el cálculo del error de cierre y compensación angular.

- Se recomienda utilizar equipos de precisión y calibrados para los trabajos de levantamiento topográfico a fin de obtener datos reales en campo y evitar posteriores márgenes de error.

X. BIBLIOGRAFÍA.

- Mendoza, J. (2017). *Manejo de estación total Topcon Serie GPT 3000.* Recuperado de http://www.jorgemendozaduenas.com
- Mendoza, J. (2017*). Manejo de estación total Topcon Serie ES*. Recuperado de http://www.jorgemendozaduenas.com
- Universidad Nacional de Ingeniería. (2018). Curso de Estación Total [diapositiva]. Lima: Facultad de ingeniería civil, centro de educación continua, 36 diapositivas.

ESTUDIO HIDROLÓGICO

- **TESIS:** “ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018”.



- **CENTRO POBLADO** : PACHACHUPAN
- **DISTRITO** : CHINCHAO
- **PROVINCIA** : HUANUCO
- **DEPARTAMENTO** : HUANUCO

HUANUCO - PERÚ

2018

INDICE

I. GENERALIDADES.

1.1. Conceptos básicos.

II. OBJETIVOS.

2.1. Objetivo general.

2.2. Objetivos específicos.

III. METODOLOGÍA DE TRABAJO.

3.1. Cálculo de la precipitación promedio en el área de investigación.

3.2. Cuenca tributaria.

3.3. Análisis de consistencia.

3.3.1. Análisis de doble masa.

3.4. Determinación de la ecuación de Imáx y las curvas IDT, cuando hay datos de precipitaciones diarias totales.

3.4.1. Construir curvas de intensidad-duración-período de retorno (IDT) utilizando el modelo de Dyck y Peschke.

3.4.2. Proceso de estimación de las curvas IDT, a partir de datos de precipitación máximas diarias, con el criterio de Grobe o de Dyck y Peschke.

IV. ESTADÍSTICA HIDROLÓGICA.

4.1. Distribuciones de probabilidad para las variables hidrológicas (Prueba de bondad de ajuste Smirnov-Kolmogorov).

4.1.1. Distribución normal.

4.1.2. Distribución log-normal.

4.1.3. Distribución log-pearson tipo III.

4.1.4. Distribución gumbel.

V. CONCLUSIONES.

VI. RECOMENDACIONES.

VII. BIBLIOGRAFÍA.

I. GENERALIDADES.

1.1. Conceptos Básicos.

Hidrología. La hidrología es la ciencia natural que estudia el agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos.

La hidrología proporciona al ingeniero o hidrólogo, los métodos para resolver los problemas prácticos que se presentan en el diseño, la planeación y la operación de las estructuras hidráulicas.

Procesos hidrológicos. Los procesos hidrológicos transforman la distribución espacial y temporal del agua a través del ciclo hidrológico. El movimiento del agua es un sistema hidrológico influenciado por las propiedades físicas del sistema, tales como el tamaño y la forma de sus líneas de corriente, y por la interacción del agua con otros medios como el aire y el calor. Los cambios de fase del agua entre fases líquida, sólida y de vapor son importantes en algunos casos. Muchas leyes físicas rigen la operación de sistemas hidrológicos.

Precipitación. Es toda forma de humedad que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie del suelo; de acuerdo a esta definición la precipitación puede ser en forma de: lluvias, granizadas, garúas y nevadas.

Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, la precipitación es la fuente primaria del agua, de la superficie terrestre, y sus

mediciones y análisis, forman el punto de partida de los estudios concernientes al uso y control del agua.

- **Origen de la precipitación.** Una nube está constituida por pequeñísimas gotas de agua, que se mantienen estables gracias a su pequeño tamaño, algunas características de las gotitas de las nubes son:

  - ✓ Diámetro aproximado de las gotitas 0.02mm.
  - ✓ Espaciamiento entre gotitas 1mm.
  - ✓ Densidad de 0.5 a 1 gr/cm3.

  Por el contrario, las gotas de lluvia tienen un diámetro de 0.5 a 2 mm; es decir, un aumento en el volumen de las gotitas de las nubes, de 100,000 a 1´000,000 de veces. En este sorprendente aumento, está el origen de las precipitaciones y se asume principalmente gracias a dos fenómenos:

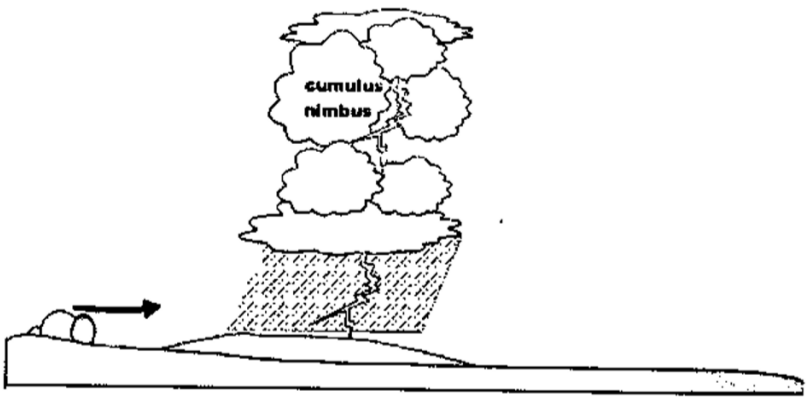
  - ✓ Unión entre sí de numerosas gotitas.
  - ✓ Engrosamiento de una gota por la fusión y condensación de otras.

- **Clasificación de la precipitación.** La formación de la precipitación, requiere la elevación de una masa de agua en la atmósfera, de tal manera que se enfríe y parte de que su humedad se condense. Atendiendo al factor que provoca la elevación del aire en la atmósfera, la precipitación se clasifica en:

- ✓ **Precipitación de convección.**

  En tiempo caluroso, se produce una abundante evaporación a partir de la superficie del agua, formando grandes masas de vapor de agua, que por estar más calientes, se elevan sufriendo un enfriamiento de acuerdo a la adiabática seca o húmeda. En el curso de su ascenso, se enfrían según el gradiente adiabático seco (1°C/100m), o saturado (0.5°C/100m). Las masas de vapor se acumulan en los puntos llamados células de convección. A partir de este punto, estas masas pueden seguir elevándose hasta llegar a grandes alturas, donde encuentran condiciones que provocan la condensación y la precipitación. Generalmente viene acompañada de rayos y truenos. Son precipitaciones propias de las regiones tropicales, donde las mañanas son muy calurosas, el viento es calmo y hay una predominancia de movimiento vertical en el aire.

Figura N°1. Precipitación por convección.

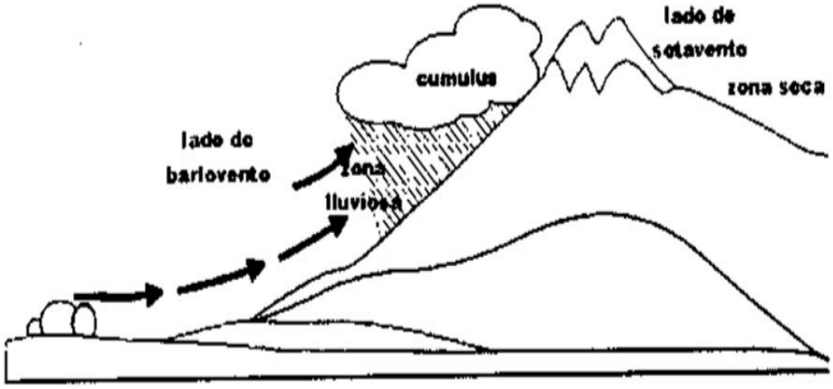


Fuente: Villón, M. (2002). *Figura 3.1. Precipitación de convección* (p.71)

- ✓ **Precipitación orográfica.**

  Se producen cuando el vapor de agua que se forma sobre la superficie de agua es empujado por el viento hacia las montañas, aquí las nubes siguen por las laderas de las montañas, y ascienden a grandes alturas, hasta encontrar condiciones para la condensación y la consiguiente precipitación.

Figura N°2. Precipitación orográfica.

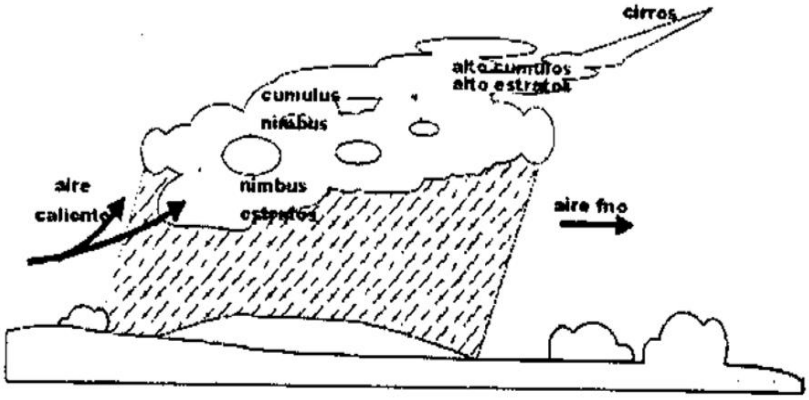


Fuente: Villón, M. (2002). *Figura 3.2. Precipitación orográfica* (p.72)

- ✓ **Precipitación ciclónica.**

  Se producen cuando hay un encuentro de dos masas de aire, con diferente temperatura y humedad, las nubes más calientes son violentamente impulsadas a las partes más altas, donde pueden producirse la condensación y precipitación. Están asociadas con el paso de ciclones o zonas de baja presión. Todas estas formas de originarse las lluvias, en la naturaleza se presentan combinadas, de modo que una lluvia determinada puede provenir de cualquiera de las formas o de la combinación de ellas.

Figura N°3. Precipitación orográfica.



Fuente: Villón, M. (2002). *Figura 3.3. Precipitación ciclónica* (p.73)

- **Medición de precipitación.** La precipitación se mide en términos de la altura de lámina de agua (hp), y se expresa comúnmente en milímetros. Esta altura de lámina de agua, indica la altura del agua que se acumularía en una superficie horizontal, si la precipitación permaneciera donde cayó. Los aparatos de medición, se basan en la exposición a la intemperie de un recipiente cilíndrico abierto en su parte superior, en el cual se recoge el agua producto de la lluvia u otro tipo de precipitación, registrando su altura. Los aparatos de medición, se clasifican de acuerdo con el registro de las precipitaciones, en pluviómetros y pluviógrafos.

  - ✓ **Pluviómetro.** Consiste en un recipiente cilíndrico de lámina, de aproximadamente 20cm de diámetro y de 60 cm de alto. La tapa del cilindro es un embudo receptor, el cual se comunica con una probeta de sección 10 veces menor que la de la tapa. Esto permite medir la altura de lluvia en la probeta, con una aproximación hasta décimos de milímetro, ya que cada centímetro medido en la probeta, corresponde a un milímetro de altura de lluvia; para medirla se saca

la probeta y se introduce una regla graduada, con la cual se toma la lectura; generalmente se acostumbra hacer una lectura cada 24 horas.

Figura N°4. Pluviómetro.



Fuente:https://www.tutiempo.net/meteorologia/articulos/pluviometro-y-pluviografo.html

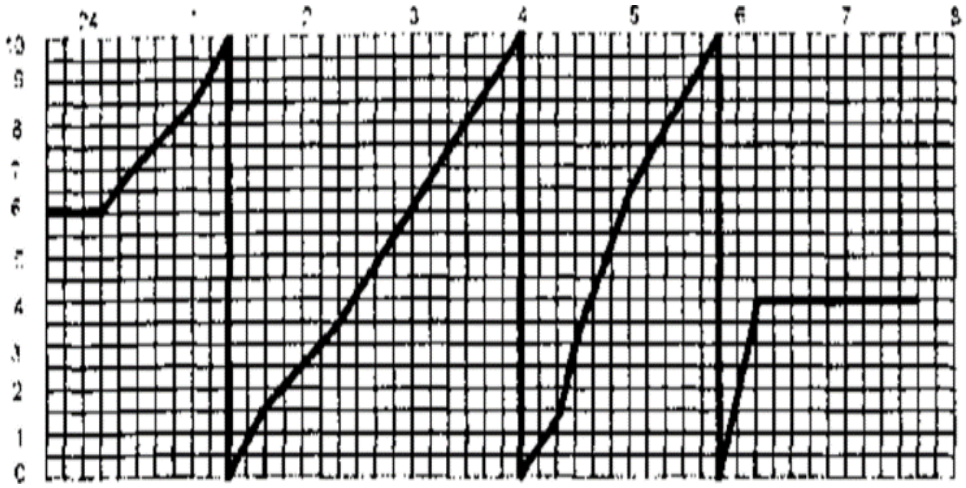
- ✓ **Pluviógrafo.** Es un instrumento, que registra la altura de lluvia en función del tiempo, lo cual permite determinar la intensidad de la precipitación, dato importante para el diseño de estructuras hidraúlicas. Los pluviógrafos más comunes son de forma cilíndrica, y el embudo receptor está ligado a un sistema de flotadores, que originan el movimiento de una aguja sobre un papel registrador, montado en un sistema de reloj. Como el papel registrador tiene un cierto rango en cuanto a la altura del registro, una vez que la aguja llega al borde superior, automáticamente regresa al borde inferior y sigue registrando. El gráfico resultante recibe el nombre de pluviograma.
- ✓

Figura N°5. Pluviógrafo.



Fuente:http://estacaometeorologicafctunesp.blogspot.com/2011/06/pluviografo.html

Figura N°6. Pluviograma de registro cuando la aguja asciende.



Fuente: http://internetprotocol.info/downloadFile/3analisis-de-tormentas_pdf

II. OBJETIVOS.

2.1. Objetivo General.

- Obtener los registros históricos de los parámetros meteorológicos externos (temperatura, precipitación, etc.) de la estación meteorológica convencional de CARPISH. Que es la más cercana al área de investigación.

2.2. Objetivos Específicos.

- Delimitar la microcuenca circundante en el área de investigación para el estudio de sus características físicas como son: superficie, topografía, altitudes características, geología y suelos, y cobertura.
- Estudio de la climatología en el área de investigación.
- Estudio de la temperatura máxima y mínima en el área de investigación.
- Estudio de la precipitación en el área de investigación, como base para el análisis matemático de precipitación-escorrentía.

III. METODOLOGÍA DE TRABAJO.

La metodología utilizada para el cumplimiento de los objetivos precitados es la siguiente:

3.1. Cálculo de la precipitación promedio en el área de investigación. En general, la altura de precipitación que cae en un sitio dado, difiere de la que cae en los alrededores, aunque sea en sitios cercanos. Los pluviómetros registran la lluvia anual, es decir, la que se produce en el punto en la que está instalada el aparato. Para muchos problemas hidrológicos, se requiere conocer la altura

de precipitación media de una zona, la cual puede estar referida a la altura de precipitación diaria, mensual, anual, media mensual, media anual.

- **Altura de precipitación diaria,** es la suma de las lecturas observadas en un día.
- **Altura de precipitación media diaria,** es el promedio aritmético de las lecturas observadas en un día.
- **Altura de precipitación mensual,** es la suma de las alturas diarias, ocurridas en un mes.
- **Altura de precipitación media mensual,** es el promedio aritmético de las alturas de precipitación mensual, correspondiente a un cierto número de meses.
- **Altura de precipitación anual,** es la suma de las alturas de precipitación mensual, ocurridas en un año.
- **Altura de precipitación media anual,** es el promedio aritmético de las alturas de precipitación anual, correspondiente a un cierto número de años.

Para calcular la precipitación media de una tormenta o la precipitación media anual, existen tres métodos de uso generalizado: promedio aritmético, polígono de Thiesen y isoyetas. **Para nuestro caso utilizaremos el método del promedio aritmético**, tal como se indica a continuación:

✓ **Promedio aritmético.** Consiste en obtener el promedio aritmético, de las alturas de precipitaciones registradas, de las estaciones localizadas dentro de la zona:

$$P_{med} = \frac{1}{n} \sum_{i=t}^{n} P_i$$

Donde:

P_{med}=precipitación media de la zona o cuenca.

P_i= precipitación de la estación i.

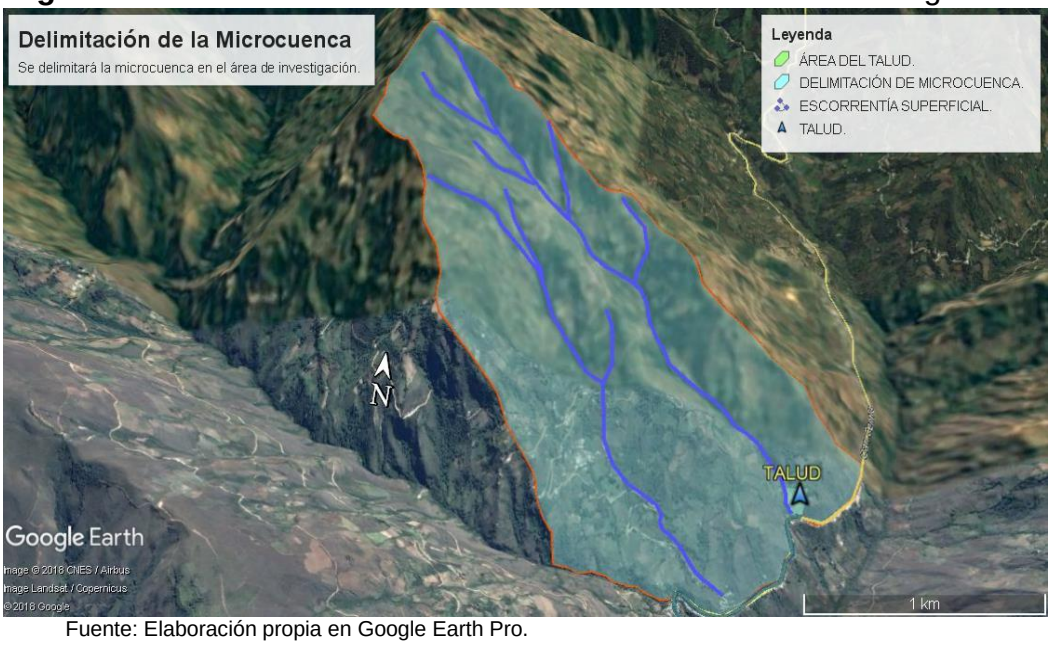
n= número de precipitaciones dentro de la cuenca.

La precisión de este criterio, depende de la cantidad de estaciones disponibles, de la forma como están localizadas, y de la distribución de la lluvia estudiada. Es el método más sencillo, pero sólo da buenos resultados cuando el número de pluviómetros es grande. A continuación, se presentará los procedimientos elaborados:

1° Delimitación de microcuenca.

Se procedió a delimitar la microcuenca circundante al área de investigación, detallando además la formación y acumulación de las escorrentías superficiales generados por las frecuentes precipitaciones. A continuación, se detallará la delimitación de la microcuenca con sus características físicas respectivas en la figura N°7.

Figura N°7. Delimitación de la microcuenca en el área de investigación.



Fuente: Elaboración propia en Google Earth Pro.

La delimitación de la microcuenca se hizo siguiendo las líneas de divortium acuarum (parteaguas), la cual es una línea imaginaria, que divide a las cuencas adyacentes y distribuye el escurrimiento originado por la precipitación, que en cada sistema de corriente, fluye hacia el punto de salida de la cuenca.

2° Registro y procesamiento de datos de precipitaciones en estaciones metereológicas cercanas al área de investigación.

En el área de investigación **se identificaron 3 estaciones metereológicas convencionales (E.M.C)** cercanas: Carpish, Huánuco, Tingo María, etc. De las cuales la más cercana de todas es la E.M.C de Carpish. A continuación, se detallará la ubicación geográfica de cada una de éstas:

- ✓ **E.M.C de Carpish.**
  Departamento: Huánuco.
  Provincia: Huánuco.
  Distrito: Chinchao.
  Latitud: 9°40´1
  Longitud: 76°5´1”
  Altitud: 1950 msnm.

- ✓ **E.M.C de Huánuco.**
  Departamento: Huánuco.
  Provincia: Huánuco.
  Distrito: Amarilis.
  Latitud: 9°57´7.24”
  Longitud: 76°14´54.8”
  Altitud: 1947 msnm.

- ✓ **E.M.C de Tingo María.**

  Departamento: Huánuco.

  Provincia: Leoncio Prado.

  Distrito: Rupa Rupa.

  Latitud: 9°18´30.6”

  Longitud: 76°0´1.59”

  Altitud: 660 msnm.

Para el registro, análisis y procesamiento de datos se recurrió a la data del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) a través de su plataforma virtual en acceso de información de datos hidrometeorológicos, cuyos links de enlace serán indicados en la bibliografía del presente estudio. De esta manera se detallarán los cuadros de trabajo obtenidos durante los últimos 5 años para cada una de las estaciones metereológicas convencionales indicadas para obtener los registros de las precipitaciones máximas, mínimas y promedio mensuales y anuales.

Cabe indicar que se trabajaron con los registros de precipitaciones (datos hidrometeorológicos) desde el año 2013 al 2018, también se pudo obtener de la data del SENAMHI otros datos meteorológicos como son: temperatura máxima y mínima, temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo y dirección del viento.

El registro de precipitaciones en las estaciones meteorológicas convencionales son tomadas 2 veces al día cada 12 horas: el primero se toma a las 07horas y el segundo a las 19horas en base a los registros del pluviómetro y pluviógrafo. A continuación, se detallará el procesamiento y análisis de datos obtenidos para cada una de las E.M.C indicadas durante los últimos 5 años:

✓ Para la Estación Meteorológica Convencional de Carpish.

PRECIPITACIÓN MÁXIMA MENSUAL EN MM (DURANTE UN PERÍODO DE 5 AÑOS).																									
N°	AÑO	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
		07h	19h	07h	19h	07h	19h	07h	19h	07h	19h	07h	19h	07h	19h	07h	19h	07h	19h	07h	19h	07h	19h	07h	19h
1	2013															82.70	55.30	10.50	16.50	124.30	51.10	42.90	69.80	136.60	108.80
2	2014	159.50	127.80	205.20	137.70	209.70	62.30	133.90	156.80	111.90	94.00	69.90	41.00	33.50	56.70	54.60	52.90	121.70	69.40	102.90	129.30	35.10	91.90	142.90	114.90
3	2015	170.60	110.10	105.60	126.90	179.90	117.60	133.20	117.10	128.10	82.20	12.10	32.80	20.80	22.80	58.10	0.80	16.80	27.10	37.70	108.20	131.50	76.80	194.50	166.20
4	2016	21.90	8.10	255.30	190.20	108.60	119.70	227.80	124.20	36.30	49.20	47.90	8.80	11.40	39.20	0.20	72.40	21.40	60.80	126.00	58.80	162.10	90.40	230.60	69.20
5	2017	76.20	146.10	122.60	90.40	69.10	153.40	53.20	73.20	36.40	118.10	38.20	45.00	71.10	53.40	68.20	13.30	68.20	92.60	119.70	81.50	67.90	103.60	173.40	112.10
6	2018	181.00	118.70	90.40	63.30	130.90	138.70	112.40	56.00	73.20	31.40	38.20	55.20	83.70	91.20	47.70	64.00	20.8	14.4	205.1	179.6	121.7	36.3	138.6	77.5

RESUMEN DE PRECIPITACIONES EN MM TOMADAS A LAS 07h y 19h.											
N°	AÑO	TOTAL		MÁXIMO		MÍNIMO		PROMEDIO		ACUMULADO	
		07h	19h	07h	19h	07h	19h	07h	19h	07h	19h
1	2013	397.00	301.50	136.60	108.80	10.50	16.50	79.40	60.30	397.00	301.50
2	2014	1380.80	1134.70	205.20	156.80	33.50	41.00	115.067	94.56	1777.80	1436.20
3	2015	1188.90	988.60	194.50	166.20	12.10	0.80	99.08	82.38	2966.70	2424.80
4	2016	1249.50	891.00	255.30	190.20	0.20	8.10	104.13	74.25	4216.20	3315.80
5	2017	964.20	1082.70	173.40	153.40	36.40	13.30	80.35	90.23	5180.40	4398.50
6	2018	1243.70	926.30	205.10	179.60	20.80	14.40	103.64	77.19	6424.10	5324.80

PRECIPITACIÓN MÁXIMA ANUAL EN MM.						
N°	AÑO	TOTAL	MÁX.	MÍN.	PROM.	PROM. ACUM.
1	2013	**698.50**	245.40	27.00	**69.85**	69.85
2	2014	**2515.50**	362.00	74.50	**104.81**	174.66
3	2015	**2177.50**	360.70	12.90	**90.73**	265.39
4	2016	**2140.50**	445.50	8.30	**89.19**	354.58
5	2017	**2046.90**	326.80	49.70	**85.29**	439.87
6	2018	**2170.00**	384.70	35.20	**90.42**	530.28

Fuente: Elaboración propia.

✓ Para la Estación Meteorológica Convencional de Huánuco.

PRECIPITACIÓN MÁXIMA MENSUAL EN MM (DURANTE UN PERÍODO DE 5 AÑOS).																								
N°	AÑO	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
		07h	19h	07h	19h	07h	19h	07h	19h	07h	19h	07h	19h	07h	19h	07h	19h	07h	19h	07h	19h	07h	19h	07h	19h
1	2013																	4.10	0.30	23.10	14.70	33.60	37.50	57.80	18.50
2	2014	56.90	15.10	78.10	8.10	69.80	14.00	33.40	9.70	22.20	7.00	6.60	0.00	1.60	1.30	0.70	0.00	23.30	5.60	30.40	19.30	22.00	8.20	49.60	36.40
3	2015	53.00	22.70	26.50	21.20	46.20	8.70	46.90	20.70	24.10	13.90	0.60	2.20	0.50	3.40	0.80	1.50	2.30	0.80	20.90	1.80	52.00	6.10	38.30	10.30
4	2016	21.90	8.10	39.80	12.00	55.50	12.10	7.00	4.80	0.10	0.10	0.50	0.30	0.20	0.00	0.60	0.50	1.00	0.70	23.90	10.40	16.80	7.70	55.20	24.20
5	2017	59.70	16.20	44.50	26.40	59.90	13.80	17.40	7.50	11.60	0.70	2.00	1.00	5.00	0.80	2.00	3.10	11.20	4.70	26.10	6.20	25.30	24.10	82.80	48.40
6	2018	68.80	20.60	68.30	16.60	82.80	1.90	43.30	21.70	2.80	7.80	5.50	5.80	1.80	0.60	4.00	5.80	12.5	5.6	57.9	35.2	43.1	7.5	46.2	5.7

RESUMEN DE PRECIPITACIONES EN MM TOMADAS A LAS 07h y 19h.											
N°	AÑO	TOTAL		MÁXIMO		MÍNIMO		PROMEDIO		ACUMULADO	
		07h	19h	07h	19h	07h	19h	07h	19h	07h	19h
1	2013	118.60	71.00	57.80	37.50	4.10	0.30	29.65	17.75	118.60	71.00
2	2014	394.60	124.70	78.10	36.40	0.70	0.00	32.88	10.39	513.20	195.70
3	2015	312.10	113.30	53.00	22.70	0.50	0.80	26.01	9.44	825.30	309.00
4	2016	222.50	80.90	55.50	24.20	0.10	0.00	18.54	6.74	1047.80	389.90
5	2017	347.50	152.90	82.80	48.40	2.00	0.70	28.96	12.74	1395.30	542.80
6	2018	437.00	134.80	82.80	21.70	1.80	0.60	36.42	11.233	1832.30	677.60

PRECIPITACIÓN MÁXIMA ANUAL EN MM.						
N°	AÑO	TOTAL	MÁX.	MÍN.	PROM.	PROM. ACUM.
1	2013	**189.60**	95.30	4.40	**23.70**	23.70
2	2014	**519.30**	114.50	0.70	**21.64**	45.34
3	2015	**425.40**	75.70	1.30	**17.73**	63.06
4	2016	**303.40**	79.70	0.10	**12.64**	75.70
5	2017	**500.40**	131.20	2.70	**20.85**	96.55
6	2018	**571.80**	104.50	2.40	**23.83**	120.38

Fuente: Elaboración propia.

✓ Para la Estación Meteorológica Convencional de Tingo María.

PRECIPITACIÓN MÁXIMA MENSUAL EN MM (DURANTE UN PERÍODO DE 5 AÑOS).																									
N°	AÑO	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
		07h	19h	07h	19h	07h	19h	07h	19h	07h	19h	07h	19h	07h	19h	07h	19h	07h	19h	07h	19h	07h	19h	07h	19h
1	2013																	181.80	8.80	358.00	133.90	142.70	129.80	327.30	95.20
2	2014	224.10	126.60	220.70	48.30	363.20	56.30	107.70	98.90	192.50	27.30	140.60	52.70	26.70	26.40	44.20	4.00	183.20	73.50	269.90	230.10	266.50	130.70	343.20	134.10
3	2015	382.40	154.80	328.20	141.10	243.20	84.30	189.00	63.80	273.40	128.10	104.00	25.40	124.90	86.60	23.80	13.80	108.90	13.20	79.50	47.00	202.60	58.50	284.60	127.50
4	2016	397.30	97.90	321.80	106.60	173.50	218.70	80.60	73.80	166.70	47.80	172.30	6.30	50.50	13.20	96.20	13.50	81.50	21.10	119.60	55.50	212.50	100.70	284.60	158.30
5	2017	174.80	213.50	332.30	120.60	342.60	99.90	90.60	114.20	257.80	62.40	113.40	33.80	31.40	2.00	120.20	23.30	159.70	55.40	250.90	72.80	392.50	217.40	322.50	116.10
6	2018	242.00	146.60	198.10	89.90	363.30	120.30	157.40	56.10	151.50	70.10	153.40	35.70	40.00	4.40	192.30	30.60	58.5	9.9	373.9	117.4	412	101.2	307	125

RESUMEN DE PRECIPITACIONES EN MM TOMADAS A LAS 07h y 19h.											
N°	AÑO	TOTAL		MÁXIMO		MÍNIMO		PROMEDIO		ACUMULADO	
		07h	19h	07h	19h	07h	19h	07h	19h	07h	19h
1	2013	1009.80	367.70	358.00	133.90	142.70	8.80	252.45	91.93	1009.80	367.70
2	2014	2382.50	1008.90	363.20	230.10	26.70	4.00	198.54	84.08	3392.30	1376.60
3	2015	2344.50	944.10	382.40	154.80	23.80	13.20	195.38	78.68	5736.80	2320.70
4	2016	2157.10	913.40	397.30	218.70	50.50	6.30	179.76	76.12	7893.90	3234.10
5	2017	2588.70	1131.40	392.50	217.40	31.40	2.00	215.73	94.28	10482.60	4365.50
6	2018	2649.40	907.20	412.00	146.60	40.00	4.40	220.78	75.6	13132.00	5272.70

PRECIPITACIÓN MÁXIMA ANUAL EN MM.						
N°	AÑO	TOTAL	MÁX.	MÍN.	PROM.	PROM. ACUM.
1	2013	**1377.50**	491.90	151.50	**172.19**	172.19
2	2014	**3391.40**	593.30	30.70	**141.31**	313.50
3	2015	**3288.60**	537.20	37.00	**137.03**	450.52
4	2016	**3070.50**	616.00	56.80	**127.94**	578.46
5	2017	**3720.10**	609.90	33.40	**155.00**	733.46
6	2018	**3556.60**	558.60	44.40	**148.19**	881.65

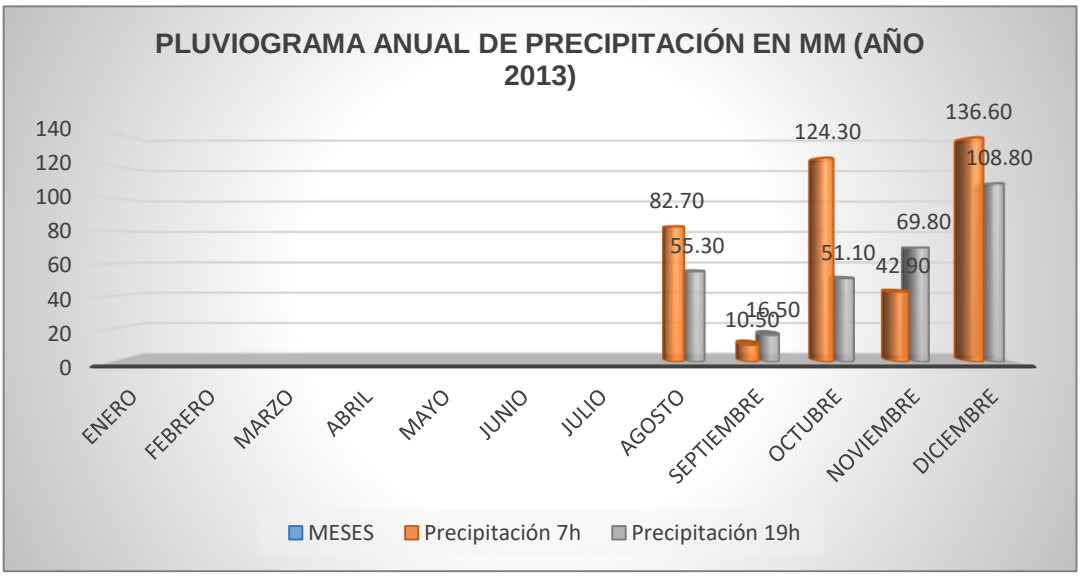
Fuente: Elaboración propia.

3° Elaboración de pluviogramas y reporte final para la EMC de Carpish.

El área de investigación se encuentra muy próxima a la EMC de Carpish, por ello se hizo un análisis más detallado indicando el flujograma de precipitaciones anuales, así como el reporte final de los 5 años (2013-2018) en dicha EMC.

✓ **Año 2013.**

AÑO 2013		
MESES	Precipitación	
	7h	19h
ENERO	-	-
FEBRERO	-	-
MARZO	-	-
ABRIL	-	-
MAYO	-	-
JUNIO	-	-
JULIO	-	-
AGOSTO	82.70	55.30
SEPTIEMBRE	10.50	16.50
OCTUBRE	124.30	51.10
NOVIEMBRE	42.90	69.80
DICIEMBRE	136.60	108.80

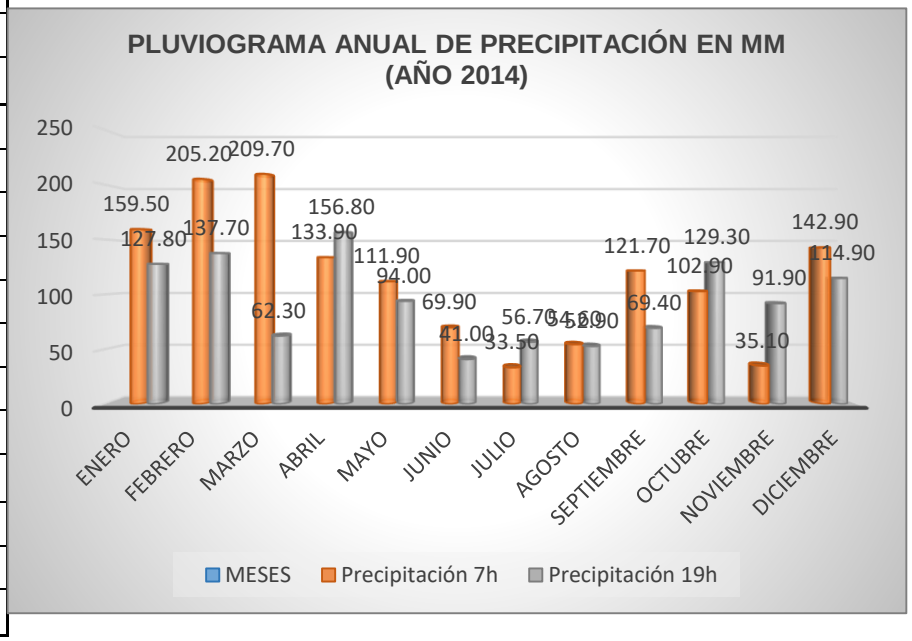


Fuente: Elaboración propia.

✓ **Año 2014.**

AÑO 2014		
MESES	Precipitación	
	7h	19h
ENERO	159.50	127.80
FEBRERO	205.20	137.70
MARZO	209.70	62.30
ABRIL	133.90	156.80
MAYO	111.90	94.00
JUNIO	69.90	41.00
JULIO	33.50	56.70
AGOSTO	54.60	52.90
SEPTIEMBRE	121.70	69.40
OCTUBRE	102.90	129.30
NOVIEMBRE	35.10	91.90
DICIEMBRE	142.90	114.90

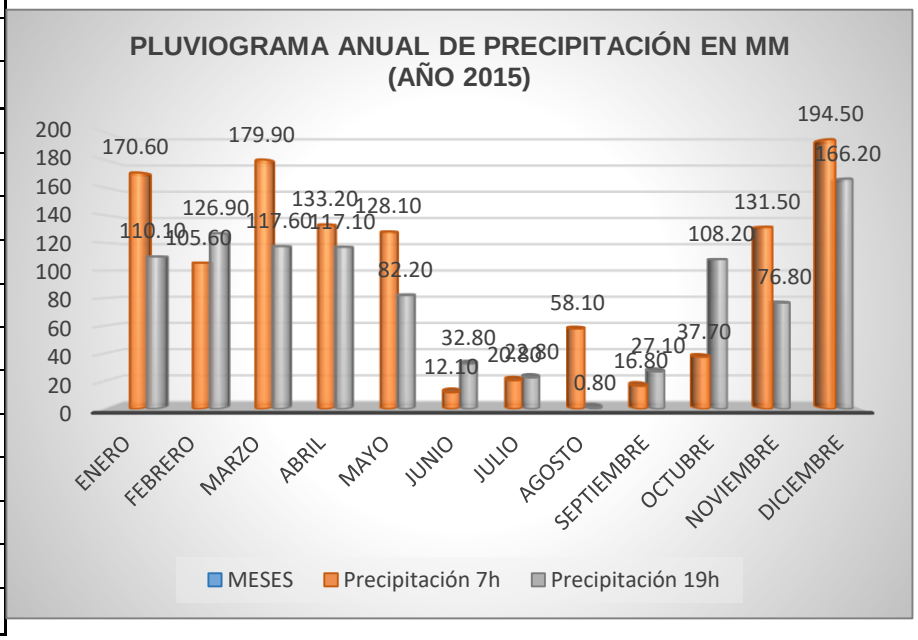
Fuente: Elaboración propia.



✓ **Año 2015.**

AÑO 2015		
MESES	Precipitación	
	7h	19h
ENERO	170.60	110.10
FEBRERO	105.60	126.90
MARZO	179.90	117.60
ABRIL	133.20	117.10
MAYO	128.10	82.20
JUNIO	12.10	32.80
JULIO	20.80	22.80
AGOSTO	58.10	0.80
SEPTIEMBRE	16.80	27.10
OCTUBRE	37.70	108.20
NOVIEMBRE	131.50	76.80
DICIEMBRE	194.50	166.20

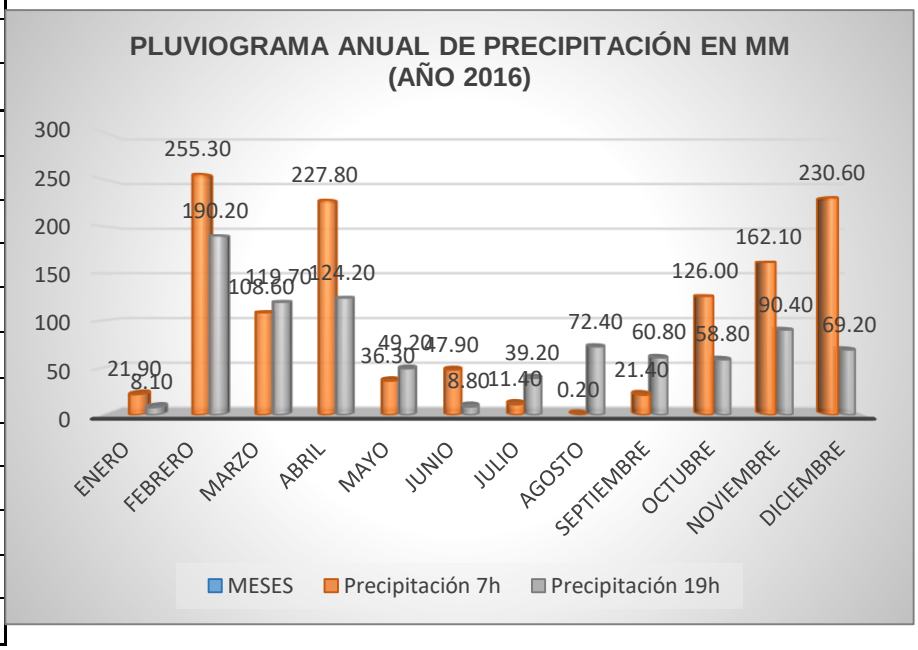
Fuente: Elaboración propia.



✓ Año 2016.

AÑO 2016		
MESES	Precipitación	
	7h	19h
ENERO	21.90	8.10
FEBRERO	255.30	190.20
MARZO	108.60	119.70
ABRIL	227.80	124.20
MAYO	36.30	49.20
JUNIO	47.90	8.80
JULIO	11.40	39.20
AGOSTO	0.20	72.40
SEPTIEMBRE	21.40	60.80
OCTUBRE	126.00	58.80
NOVIEMBRE	162.10	90.40
DICIEMBRE	230.60	69.20

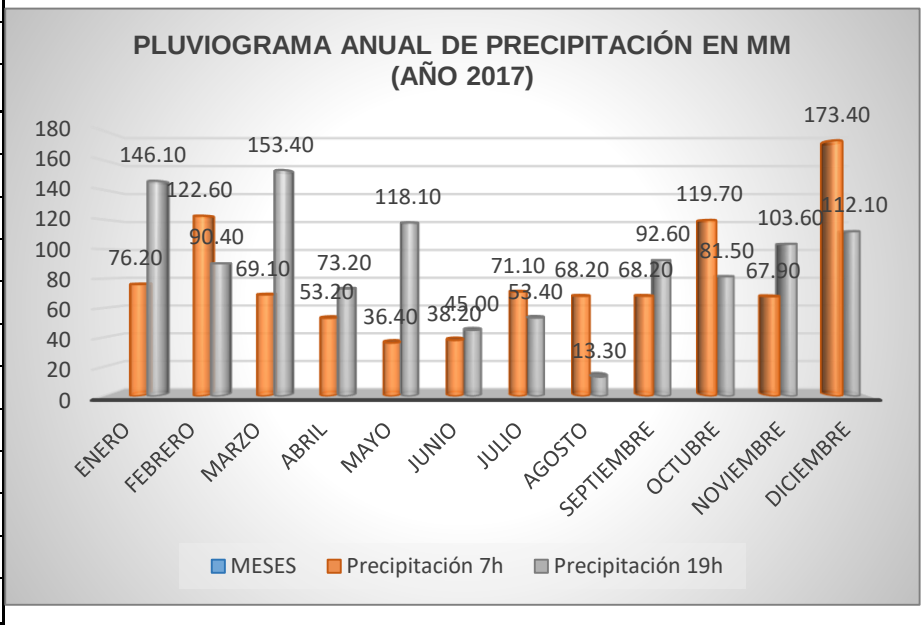
Fuente: Elaboración propia.



✓ Año 2017.

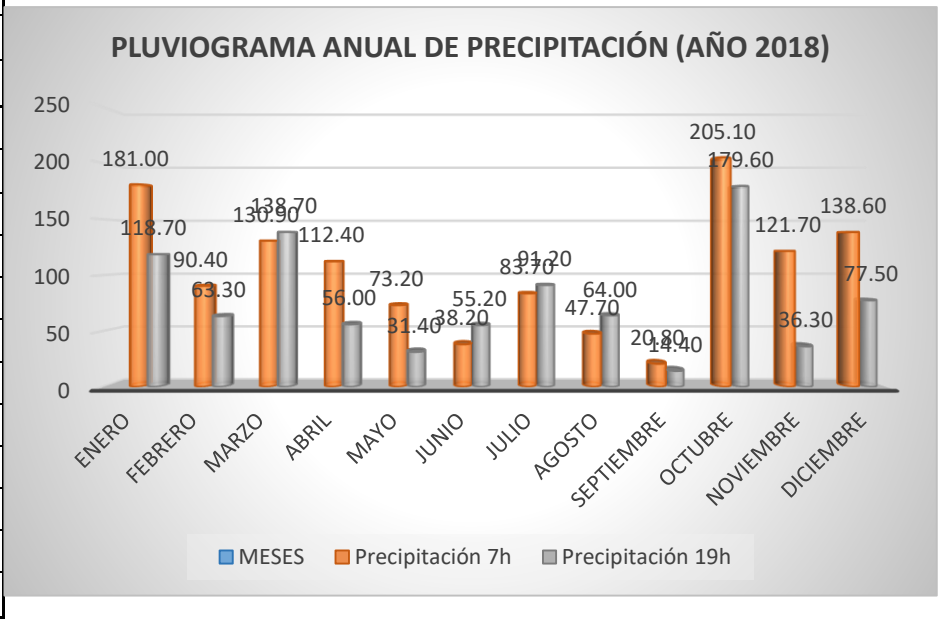
AÑO 2017		
MESES	Precipitación	
	7h	19h
ENERO	76.20	146.10
FEBRERO	122.60	90.40
MARZO	69.10	153.40
ABRIL	53.20	73.20
MAYO	36.40	118.10
JUNIO	38.20	45.00
JULIO	71.10	53.40
AGOSTO	68.20	13.30
SEPTIEMBRE	68.20	92.60
OCTUBRE	119.70	81.50
NOVIEMBRE	67.90	103.60
DICIEMBRE	173.40	112.10

Fuente: Elaboración propia.



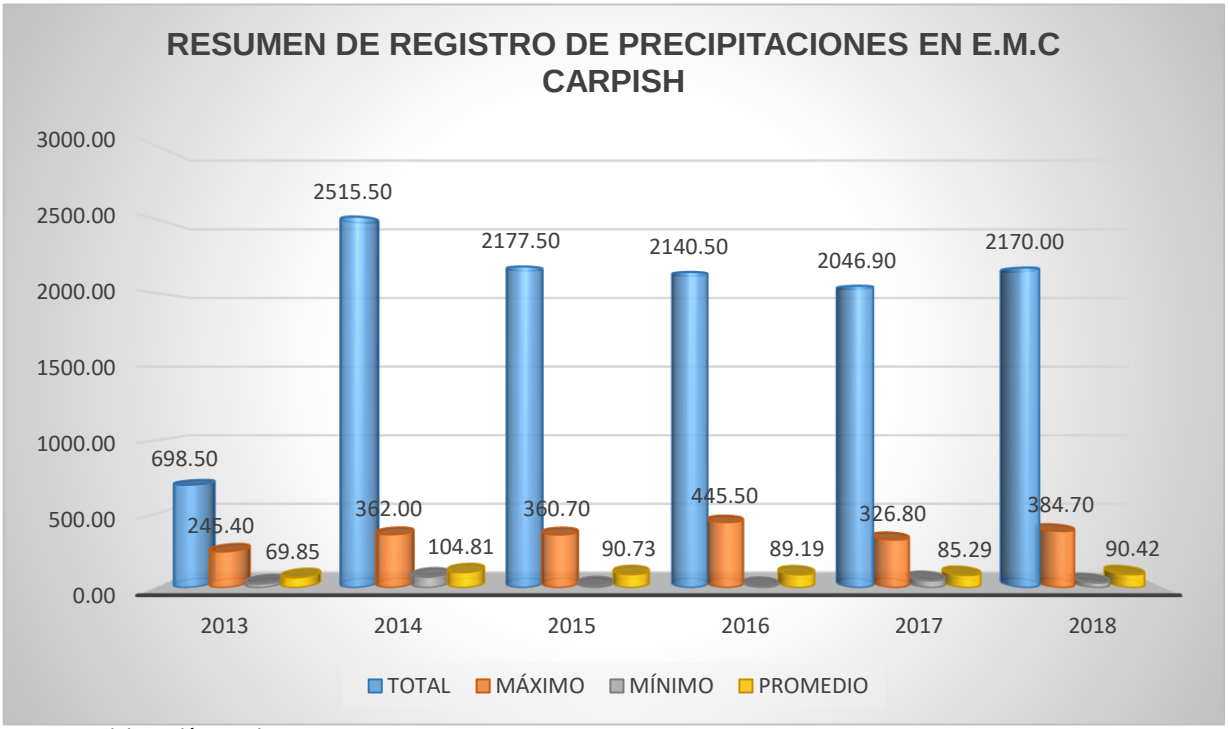
✓ **Año 2018.**

AÑO 2018		
MESES	Precipitación	
	7h	19h
ENERO	181.00	118.70
FEBRERO	90.40	63.30
MARZO	130.90	138.70
ABRIL	112.40	56.00
MAYO	73.20	31.40
JUNIO	38.20	55.20
JULIO	83.70	91.20
AGOSTO	47.70	64.00
SEPTIEMBRE	20.80	14.40
OCTUBRE	205.10	179.60
NOVIEMBRE	121.70	36.30
DICIEMBRE	138.60	77.50



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, de los registros de precipitaciones durante los años 2013-2018, se elaboró el reporte final de datos tal como detalla el cuadro N°1 y su respectivo esquema.



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N°1. Reporte final de los registros hidrometeorológicos en EMC "Carpish" (2013-2018).

REPORTE DE PRECIPITACIONES EN MM (2013-2018)						
	2013	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**
TOTAL	698.50	2515.50	2177.50	2140.50	2046.90	2170.00
MÁXIMO	245.40	362.00	360.70	445.50	326.80	384.70
MÍNIMO	27.00	74.50	12.90	8.30	49.70	35.20
PROMEDIO	69.85	104.81	90.73	89.19	85.29	90.42

Fuente: Elaboración propia.

- **Análisis.** En base al reporte de resultados de los registros pluviométricos de la estación meteorológica convencional de Carpish durante los últimos 5 años (2013-2018) se puede indicar lo siguiente:

  a) El año donde más precipitación hubo fue en el 2014 con 2515mm.

  b) En el año en que se realizó la presente tesis (2018), tuvo como mayor registro de precipitación el mes de octubre con 384.7mm en total.

  c) Según los pluviogramas anuales evaluados se puede indicar que las precipitaciones son frecuentes en los meses de: octubre, noviembre, diciembre y enero en el área de investigación.

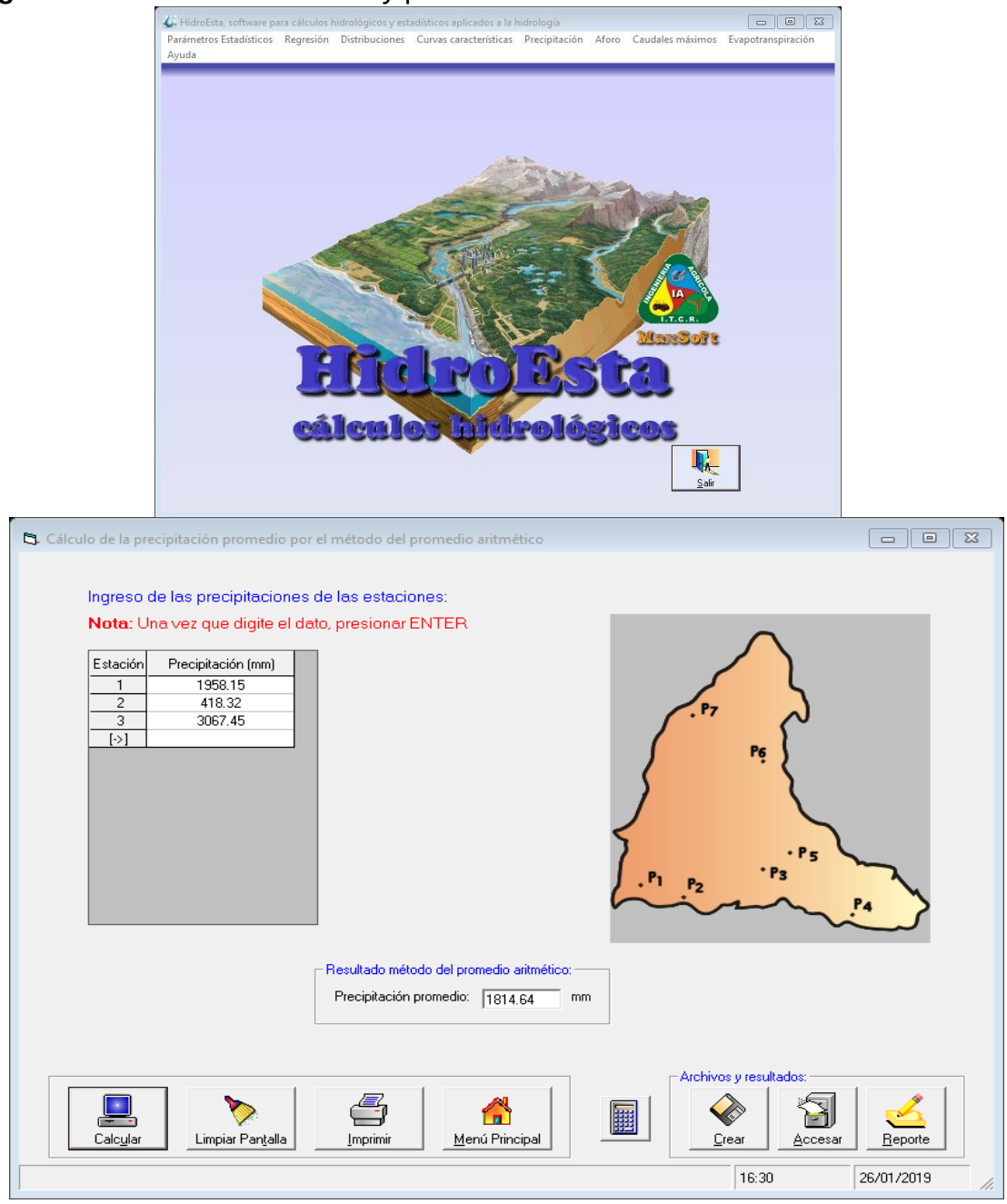
  d) Es importante resaltar que hubo cambios contundentes y críticos en los registros hidrometeorológicos durante los últimos 5 años, afectando a diferentes localidades y distritos de la región de Huánuco. Generando fenómenos de movimientos en masa (deslizamientos de suelos, de rocas, flujos de piedras, de detritos, etc.).

4° Cálculo de la precipitación promedio por el método de promedio aritmético en el programa HIDROESTA.

Finalmente, en base al promedio anual obtenido por cada una de las EMC (Carpish, Huánuco y Tingo María). Se procedió a calcular la precipitación promedio por el método de promedio aritmético en el software HIDROESTA. (Ver el cuadro N°2)

El HIDROESTA, es una herramienta que facilita y simplifica los cálculos laboriosos y el proceso del análisis de la abundante información que se deben realizar en los estudios hidrológicos. Es un software desarrollado en la Escuela de Ingeniería Agrícola del Instituto Tecnológico de Costa Rica. (ver figura N°8)

Figura N°8. Vista de la Interfaz y procesamiento de datos en el HidroEsta.



Fuente: HidroEsta.

Cuadro N°2. Cálculo de precipitación promedio por el método de promedio aritmético en el HIDROESTA.

Registro de las precipitaciones promedio en las EMC				
E.M.C	**CARPISH**	**HUANUCO**	**TINGO MARIA**	**Precipitación promedio calculado**
Precipitación promedio en mm.	1958.15	418.32	3067.45	**1814.6 mm**

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Cuenca tributaria.

Las cuencas formadas por el cauce tributario son cuencas tributarias o subcuencas. Entre mayor densidad de tributarios una cuenca responde más rápido a una precipitación o tormenta. De hecho, una de las formas como se distingue una cuenca es por el orden de tributarios que la conforman.

Un indicador del grado de bifurcación es el orden de la corriente. Una corriente de orden 1 significa que no tiene tributarios, una corriente de orden 2, está formada por 2 corrientes de orden 1; y así sucesivamente.

Otro indicador del grado de bifurcación de una corriente es la densidad de corriente, y se define como el número de corrientes perennes e intermitentes por unidad de área y la densidad de drenaje se define como la longitud de corrientes, por unidad de área:

$$D_s = \frac{N_s}{A} \quad \text{o} \quad D_d = \frac{L_s}{A}$$

Donde:

N_s: Número de corrientes perennes e intermitentes.

L_s: Longitud total de las corrientes.

Área de drenaje, la constituye el área plana en proyección horizontal de la cuenca, limitada por el parteaguas.

Forma de la cuenca. La importancia de la forma es que se define o tiene influencia en el tiempo que tarda la cuenca en concentrar la lluvia a la salida de la misma. Se utilizan varios índices o medidas.

Índice de gravelius. Relación entre el perímetro de la cuenca y la longitud de la circunferencia que encierra el área de la cuenca.

$$A=\pi r^2 \qquad K_c = \frac{P}{2\pi r} = 0.28\frac{P}{A^{1/2}}$$

Donde:

A: Área de la cuenca.

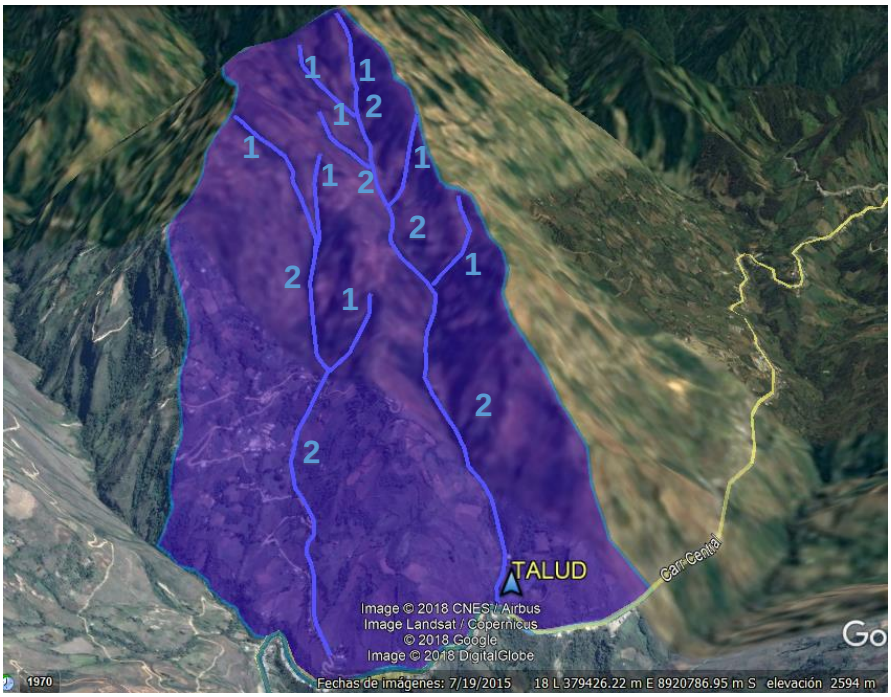
P: Perímetro de la cuenca.

r: Radio equivalente de la cuenca.

El factor de forma, es la relación que exista entre el ancho medio de la cuenca y la longitud axial de la misma.

A continuación, se detallará el cálculo de los parámetros morfométricos de la cuenca tributaria circundante del área de investigación.

1° Orden de corriente de la microcuenca (Om).



Fuente: Elaboración propia en Google Earth Pro.

Tal como se observa en la imagen el orden de corriente para la microcuenca es de 2, considerando las posibles zonas de escurriemiento superficial generado por las precipitaciones en la formación de pequeños torrentes en base a la topografía de la superficie.

2° Densidad de corriente (Dd). Para nuestro caso:

Ls = 7.82km (longitud total de corriente).

A = 3.38km2 (kilómetros cuadrados).

$$D_d = \frac{L_s}{A} = \frac{7.82}{3.38} = 2.3$$

3° Índice de gravelius (Kc). Para nuestro caso:

P = 8.28km (perímetro de la microcuenca).

A = 3.38km2 (área de la microcuenca).

$$K_c = \frac{P}{2\pi r} = 0.28\frac{P}{A^{1/2}} = 0.28\frac{8.28}{3.38^{1/2}} = 1.26$$

4° Factor de forma (Ff). Para nuestro caso:

A= 1.30km (ancho medio de la cuenca).

La= 3.02km (longitud axial de la microcuenca).

$$Ff = \frac{A}{La} = \frac{1.30}{3.02} = 0.43$$

3.3. Análisis de consistencia.

Para determinar la consistencia relativa, se comparan las observaciones a partir de una cierta estación con la media de las observaciones de varias estaciones cercanas. Este medio se llama la base o patrón es difícil decir cuántas estaciones el modelo debe de incluir. Las estaciones cuanto menor sean los datos determinados influirá en la consistencia y la validez de la media patrón.

3.3.1. Análisis de doble masa.

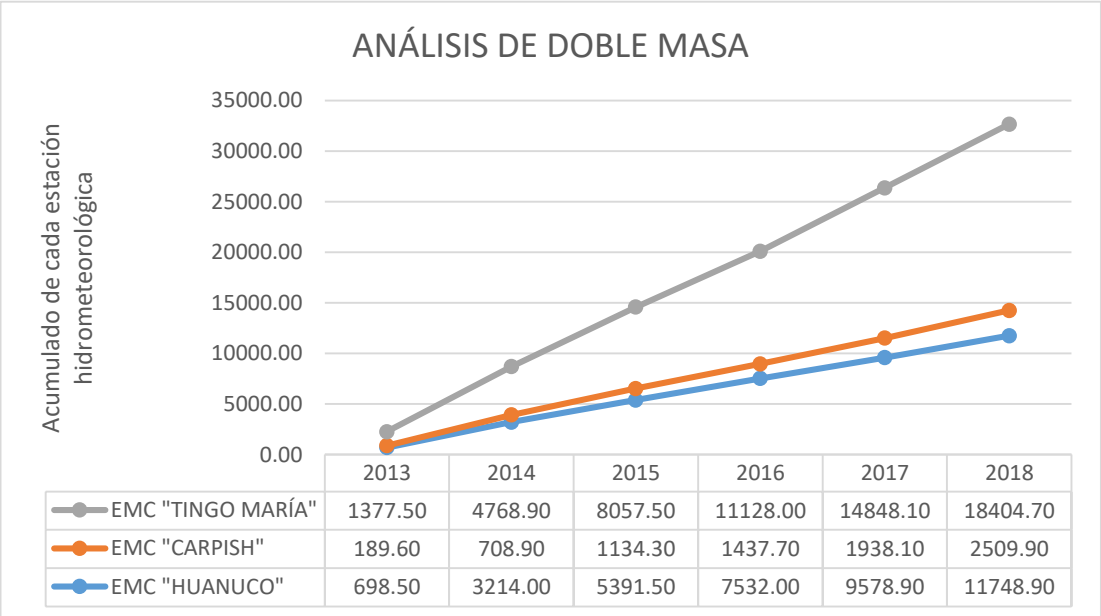
Villón (2011), dice que el análisis de doble masa relaciona la precipitación anual acumulada de una estación “X” (estación que se analiza) con el correspondiente valor de la precipitación anual acumulada de un grupo de estaciones vecinas. Si la estación que se analiza ha sido bien observada, los puntos deberán alinearse en una recta, pero si existe algún quiebre, o cambio de pendiente en la recta, ello indicará que la estadística de la estación debe ser corregida. Los registros a corregir serán, por lo general, los más antiguos y se harán con base en los registros más recientes, ya que se considera que los datos de los últimos años son realizados con una mejor técnica que la empleada en sus predecesores. A continuación, en el cuadro N°03 se podrá observar el cálculo del análisis de doble masa

con su respectivo esquema en base a los registros hidrometeorológicos de las 3 estaciones señaladas anteriormente.

Cuadro N°3. Análisis de doble masa de las EMC evaluadas.

ANÁLISIS DE DOBLE MASA						
AÑO	EMC "CARPISH"		EMC "HUÁNUCO"		EMC "TINGO MARÍA"	
	PP (mm)	Pp acum. (mm)	PP (mm)	Pp acum. (mm)	PP (mm)	Pp acum. (mm)
2013	698.50	698.50	189.60	189.60	1377.50	1377.50
2014	2515.50	3214.00	519.30	708.90	3391.40	4768.90
2015	2177.50	5391.50	425.40	1134.30	3288.60	8057.50
2016	2140.50	7532.00	303.40	1437.70	3070.50	11128.00
2017	2046.90	9578.90	500.40	1938.10	3720.10	14848.10
2018	2170.00	11748.90	571.80	2509.90	3556.60	18404.70

Fuente: Elaboración Propia.



Fuente: Elaboración Propia.

Análisis: En base al esquema del análisis de doble masa mostrado se puede indicar que las 3 estaciones meteorológicas convencionales evaluadas (Carpish, Huánuco y Tingo María) fueron bien observadas ya que los puntos se alinean en una línea recta sin ningún quiebre.

3.4. Determinación de la ecuación de Imáx y las curvas IDT, cuando hay datos de precipitaciones diarias totales.

Como frecuentemente, no se disponen de registros suministrados por pluviógrafos, se requiere establecer relaciones (fórmulas) para convertir los valores de precipitaciones diarias en alturas de precipitación para cortas duraciones.

En este caso, los datos de precipitaciones máximas en 24hr (Pmáx diarias), deben ser sometidos a un tratamiento que permita conocer su distribución temporal, para lo cual se utiliza algún algoritmo de desagregación de los datos globales diarios, en incrementales.

Hidroesta2, permite el uso de los criterios de:

- Grove, conocido como Dyck y Peschke.
- Federich Bell.

3.4.1. Construir curvas de intensidad-duración-período de retorno (IDT) utilizando el modelo de Dyck y Peschke.

Para construir la familia de curvas intensidad-duración-período de retorno (IDT), (conocidas también como Intensidad-Duración-Frecuencia IDF), de gran importancia en el diseño hidrológico, se necesita contar con registros pluviográficos continuos, los cuales, en la mayoría de los lugares, son escasos y pocos extensos, lo común es contar con bastantes registros pluviométricos, los cuales sólo entregan observaciones de lluvias diarias, lluvias medidas cada 24horas.

Según este criterio de discretización de Grove o Dyck y Peschke, las lluvias de duración corta D, P_D, es función de la precipitación de 24 horas, P_{24h}, de acuerdo con la siguiente ecuación empírica, se puede generar las curvas intensidad-duración-período de retorno (IDT):

$$P_D = P_{24h} * \left(\frac{D}{1440}\right)^{0.25} \quad en\ mm$$

Donde:

P_D = precipitación máxima de duración D>24h, en mm.

D = duración de la lluvia, en horas.

P_{24h} = precipitación máxima diaria, en mm.

3.4.2. Proceso de estimación de las curvas IDT, a partir de datos de precipitación máximas diarias, con el criterio de Grobe o de Dyck y Peschke.

Para obtener la ecuación general de las curvas IDT:

$$I_{máx} = \frac{KT^a}{D^b}$$

Donde:

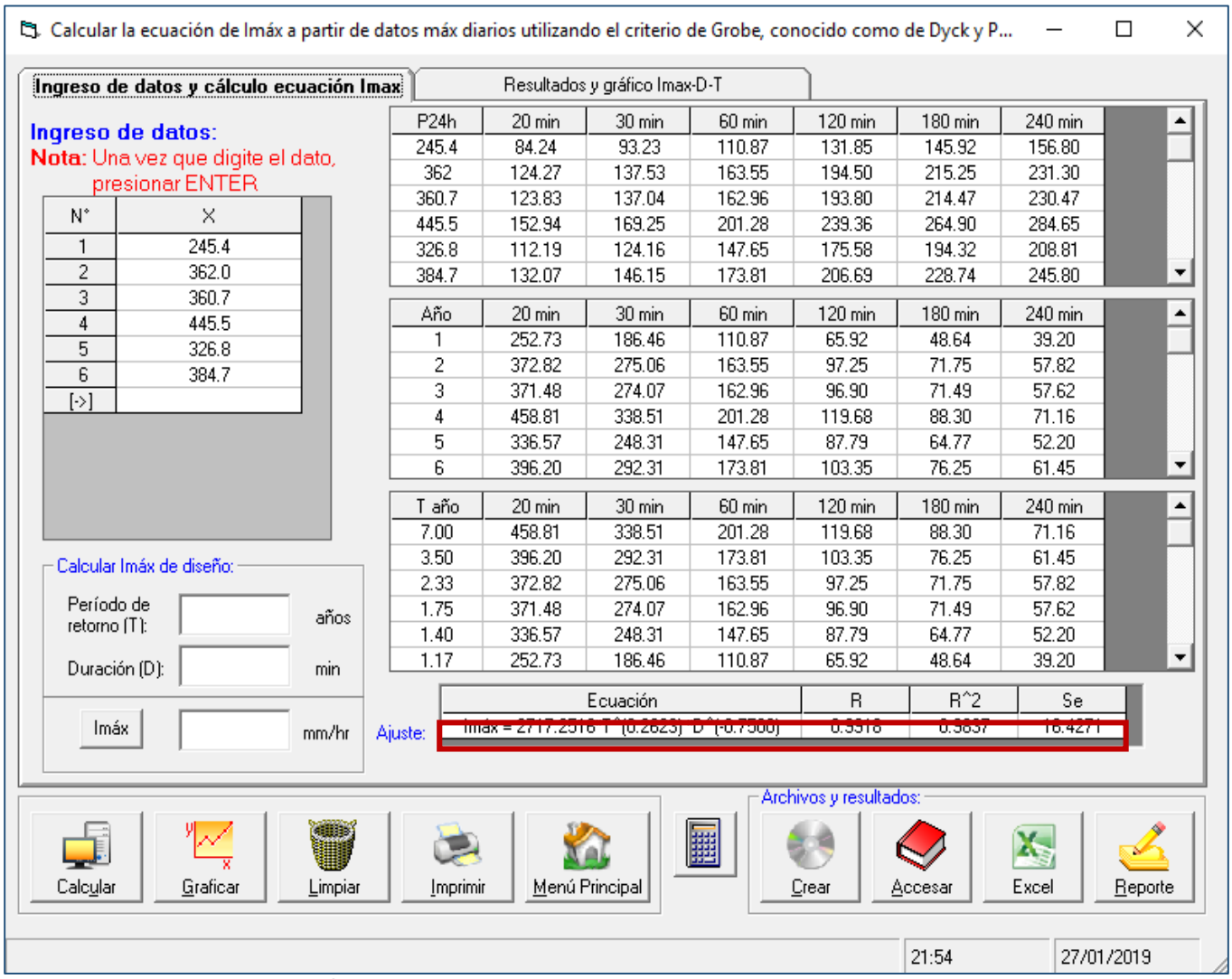
$I_{máx}$ = intensidad máxima, en mm/hr.

T = período de retorno, en años.

D = duración, en min.

Aplicación: En base a los conceptos señalados e indicados anteriormente se determinará la ecuación de $I_{máx}$ y las curvas IDT de los registros hidrometeorológicos (precipitaciones máximas anuales de 24h.) con el software HidroEsta 2 para la estación meteorológica convencional de Carpish por ser la estación más cercana al área de investigación, que se muestran a continuación en la figura N°9.

Figura N°9. Cálculo de la ecuación de Imáx a partir de datos máximos diarios utilizando el criterio de Grove (Dyck y Peschke) para la EMC "Carpish".

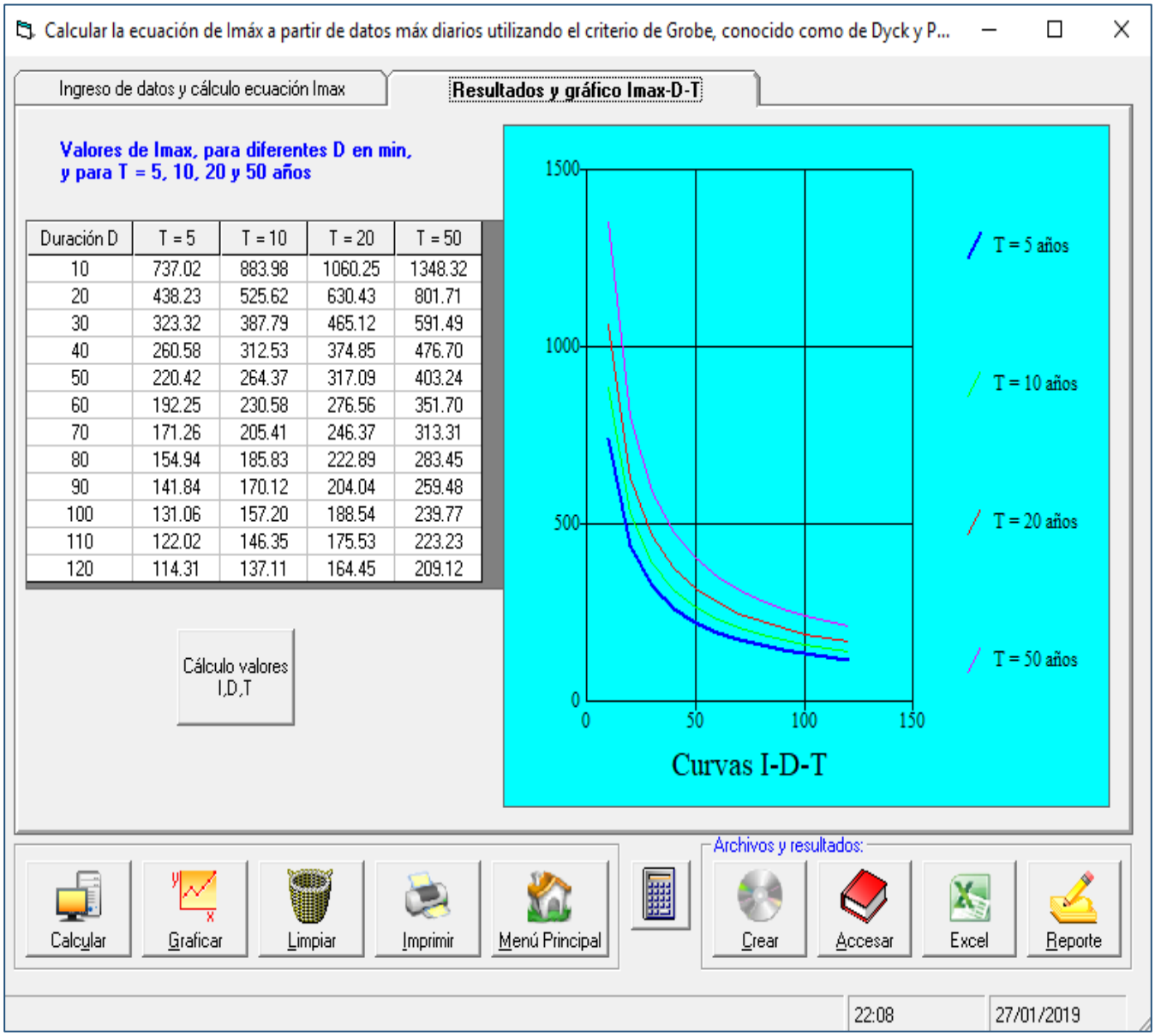


Fuente: Elaboración propia en el HidroEsta2.

Análisis: Como se puede observar en la Figura 9, en base a las precipitaciones máximas diarias anuales de 24h obtenidas entre los años (2013-2018) de la EMC "Carpish" se procedió a realizar con ayuda del software HidroEsta2 el cálculo de la ecuación Imáx que se encuentra sombreado y encuadrado en la imagen.

Además, se determinó las curvas IDT para un periodo de 5, 10, 20 y 50 años y duración de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110 y 120minutos, que se muestran a continuación en la figura N°10.

Figura N°10. Gráfico de la Imáx-D-T para la EMC “Carpish”.



Fuente: Elaboración propia en el HidroEsta2.

IV. ESTADÍSTICA HIDROLÓGICA.

Para tener un análisis de confiabilidad de datos hidrometeorológicos (datos de precipitación) señalados en el ítem anterior es necesario utilizar modelos de distribución de probabilidades, tal y como se detallarán a continuación.

4.1. Distribuciones de probabilidad para las variables hidrológicas (prueba de bondad de ajuste Smirnov-Kolmogorov).

4.1.1. Distribución normal.

Según Chow (1994), la distribución normal es una distribución simétrica, que se define como:

$$F(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x} e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{x-\mu}{\sigma}\right]^2}$$

Donde:

x: Variable independiente.

μ: Parámetro de posición, igual a la media de la variable x.

σ: Parámetro de escala, igual a la desviación estándar de la variable x.

Tiene la particularidad característica de que la media, moda y mediana corresponden al mismo valor.

Si la variable x, se estandariza de la forma:

$$Z = \frac{X-\mu}{\sigma}$$

- Estimación de parámetros de posición y escala, método de Momento.

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} Xi$$

Donde:

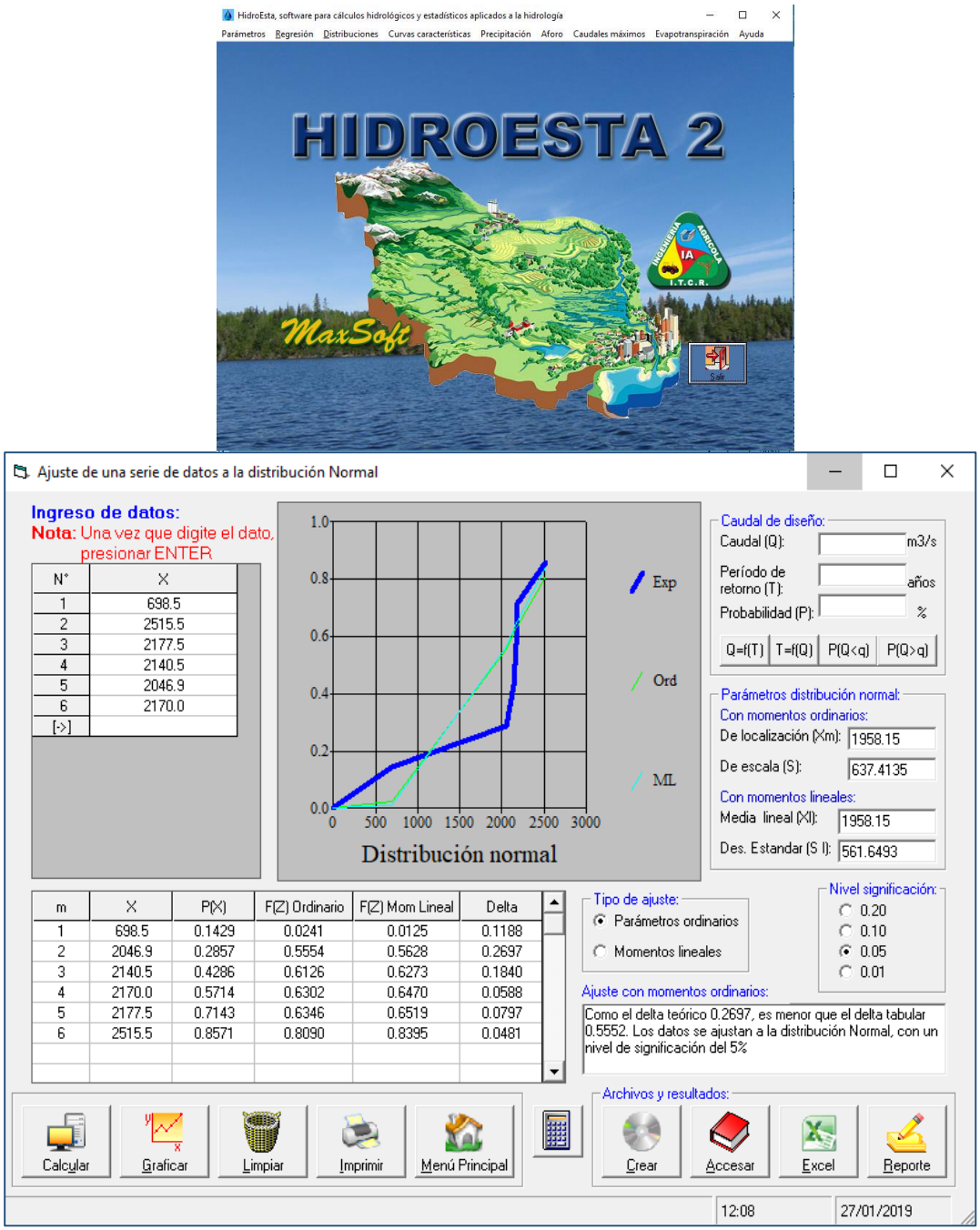
X: Variable independiente.

μ: Parámetro de posición, igual a la media.

σ: Parámetro de escala, igual a la desviación estándar.

Aplicación: Los datos hidrometeorológicos (precipitaciones anuales máximas de 24h) utilizados a evaluar fueron de la EMC de Carpish, por ser la estación más cercana al área de investigación. Estos datos fueron procesados y analizados en el software HIDROESTA 2, a continuación, se mostrará en la figura N°11.

Figura N°11. Vista de la interfaz y procesamiento de datos hidrometeorológicos de la EMC "CARPISH" en el HidroEsta2 para la distribución normal.



Fuente: Elaboración propia en el HidroEsta 2.

Cuadro N°4. Cálculo y procesamiento de datos por distribución normal.

Distribución normal para EMC "CARPISH"					
m	**X**	**P(X)**	**F(Z) Ordinario**	**F(Z) Mom Lineal**	**Delta**
1	698.5	0.1429	0.0241	0.0125	0.1188
2	2046.9	0.2857	0.5554	0.5628	0.2697
3	2140.5	0.4286	0.6126	0.6273	0.1840
4	2170.0	0.5714	0.6302	0.6470	0.0588
5	2177.5	0.7143	0.6346	0.6519	0.0797
6	2515.5	0.8571	0.8090	0.8395	0.0481

Fuente: Elaboración propia.

Análisis: En base a los resultados del cuadro N°4, se procedió a determinar el máximo valor de delta para encontrar el parámetro F(Z) y también en base del ajuste con momentos ordinarios del HidroEsta se obtiene lo siguiente:

Del cuadro N°4, el delta teórico:
Dc = 0.2697

Del análisis del HidroEsta2:

Dt = 0.5552

Para un nivel de significancia (α)=5%

Como Dc < Dt, entonces el registro de precipitaciones si se ajusta a la distribución normal para un nivel de significancia de 5%.

4.1.2. Distribución log-normal.

Este modelo probabilístico, a menudo llamado ley de Galton, establece que si los logaritmos neperianos, Ln x, de la variable aleatoria X se distribuyen normalmente, entonces la variable x se distribuye de forma logarítmico normal, es decir la variable aleatoria: y = In X, es normalmente distribuida con media μ y varianza σ^2 y, y su función de distribución de probabilidades es:

$$F(X) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi}\sigma_y} \int_0^x e^{\frac{-1}{2}\left[\frac{lnx-\mu y}{\sigma_y}\right]^2}$$

Si la variable, y = In x, se estandariza de la forma:

$$Z = \frac{X-\mu_y}{\sigma_y} = \frac{lnx-\mu_y}{\sigma_y}$$

Donde μ_y, α_y, son la media y desviación estándar de los logaritmos naturales de x, es decir de Inx, y representan respectivamente, el parámetro de escala y el parámetro de forma de la distribución. Estimación de parámetros, método de momentos utilizando el método de los momentos, las relaciones entre la media y la varianza de la variable X y los parámetros μ_y y σ^2_y, que se obtiene, son:

Media: $$\bar{X} = E(x) = e^{\mu_y + \frac{\sigma^2_y}{2}}$$

Varianza: $$S^2 = E|x - E(x)|^2 = e^{2\mu_y + \sigma^2_y}\left(e^{\sigma^2_y} - 1\right)$$

Desviación Estándar: $$S = e^{\mu_y + \frac{\sigma^2_y}{2}}\left(e^{\sigma^2_y} - 1\right)^{\frac{1}{2}}$$

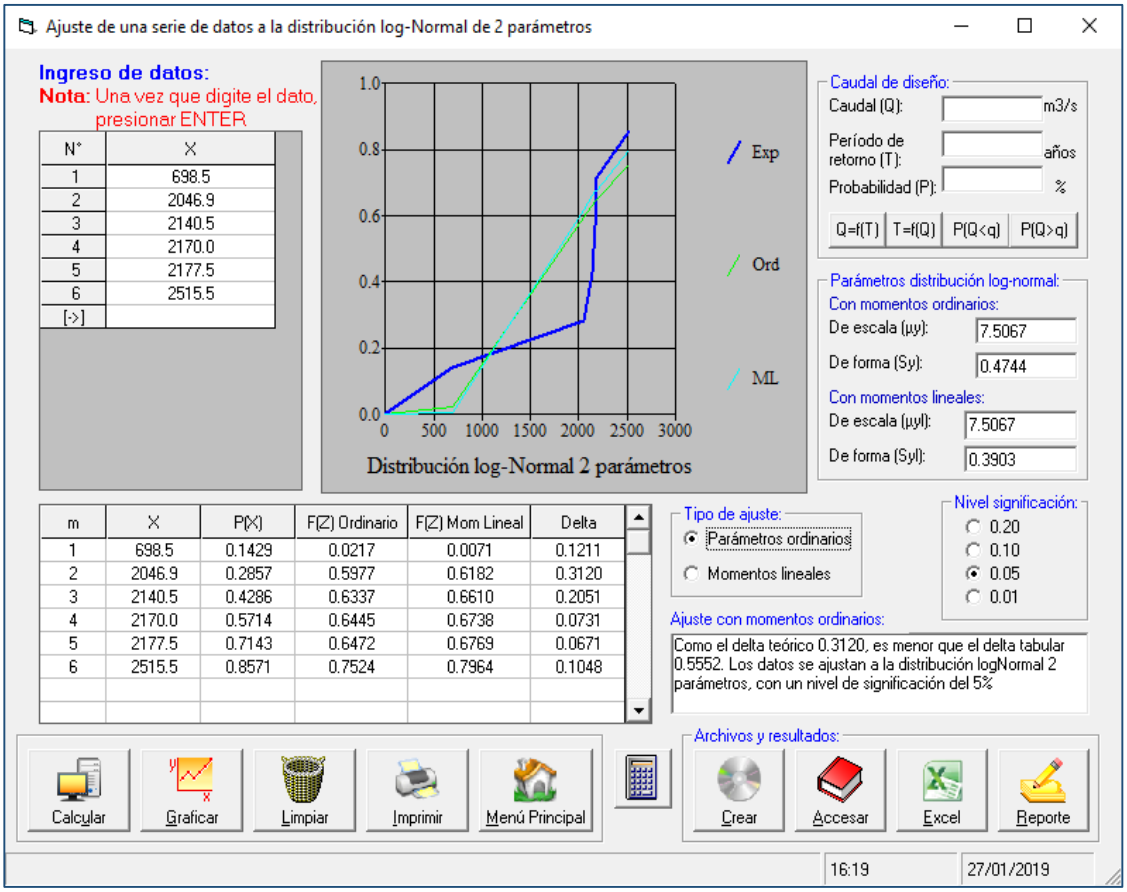
Coeficiente de variación: $$C_v = \frac{S}{\bar{X}} = \left(e^{\sigma^2_y} - 1\right)^{\frac{1}{2}}$$

Luego dado un conjunto de valores $x_1, x_2, \ldots x_n$ con parámetros $\bar{X}$, S, S^2, C_v, los parámetros μ_y, σ^2_y, de la distribución log-normal de dos parámetros, obtenidos por el método de momentos, se calculan con las siguientes ecuaciones:

$$\sigma^2_y = ln\left(1 + C_v{}^2\right) \qquad \mu_y = \frac{1}{2}\ln\left(\frac{x^{-2}}{1 + C_v{}^2}\right)$$

Aplicación: Los datos hidrometeorológicos (precipitaciones anuales máximas de 24h) utilizados a evaluar fueron de la EMC de Carpish, por ser la estación más cercana al área de investigación. Estos datos fueron procesados y analizados en el software HIDROESTA 2, a continuación, se mostrará en la figura N°12.

Figura N°12. Procesamiento de datos hidrometeorológicos de la EMC "CARPISH" en el HidroEsta2 para la distribución log-normal.



N°	X
1	698.5
2	2046.9
3	2140.5
4	2170.0
5	2177.5
6	2515.5
[->]	

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	698.5	0.1429	0.0217	0.0071	0.1211
2	2046.9	0.2857	0.5977	0.6182	0.3120
3	2140.5	0.4286	0.6337	0.6610	0.2051
4	2170.0	0.5714	0.6445	0.6738	0.0731
5	2177.5	0.7143	0.6472	0.6769	0.0671
6	2515.5	0.8571	0.7524	0.7964	0.1048

Fuente: Elaboración propia en el HidroEsta 2.

Cuadro N° 5. Cálculo y procesamiento de datos por distribución log-normal.

Distribución log-normal para EMC "CARPISH"					
m	**X**	**P(X)**	**F(Z) Ordinario**	**F(Z) Mom Lineal**	**Delta**
1	698.5	0.1429	0.0271	0.0071	0.1211
2	2046.9	0.2857	0.5977	0.6182	0.3120
3	2140.5	0.4286	0.6337	0.6610	0.2051
4	2170.0	0.5714	0.6445	0.6738	0.0731
5	2177.5	0.7143	0.6472	0.6769	0.0671
6	2515.5	0.8571	0.7524	0.7964	0.1048

Fuente: Elaboración propia.

Análisis: En base a los resultados del cuadro N°5, se procedió a determinar el máximo valor de Delta para encontrar el parámetro F(Z) y también en base del ajuste con momentos ordinarios del HidroEsta se obtiene lo siguiente:

Del cuadro N°5, el delta teórico:

Dc = 0.3120

Del análisis del HidroEsta2:

Dt = 0.5552

Para un nivel de significancia (α)=5%

Como Dc < Dt, entonces el registro de precipitaciones si se ajusta a la distribución log-normal para un nivel de significancia de 5%.

4.1.3. Distribución log-pearson tipo III.

Villón (2011), una variable aleatoria X, tiene una distribución log pearson tipo III, si su función de distribución de probabilidades es:

$$F_{(x)} = \int_{x_0}^{x} \frac{(ln\ x - x_0)^{\gamma-1}\ e^{-\frac{ln\ x - x_0}{\beta}}}{x\beta^{\gamma}\Gamma(\gamma)}\, dx$$

Donde:

X_0 = parámetro de posición.

β=parámetro de escala.

y= parámetro de forma.

r(y) = función gamma completa.

- Proceso de cálculo.

Para el cálculo de los parámetros de la serie de datos: $x_1, x_2,...x_N$ Se convierte a sus logaritmos, luego se calcula la media, desviación estándar y coeficiente de sesgo, con las siguientes ecuaciones:

Media:

$$\bar{X}_{\ln x} = \frac{\sum ln\ x}{N}$$

Desviación estándar:

$$S_{\ln x} = \sqrt{\frac{\sum(\ln x - \bar{X}_{\ln x})^2}{N-1}}$$

Sesgo:

$$C_{s\ln x} = \frac{N\sum(\ln x - \bar{X}_{\ln x})^3}{(N-1)(N-2)S^3_{\ln x}}$$

Estimación de parámetros, aplicando el método de momentos se obtiene las siguientes ecuaciones:

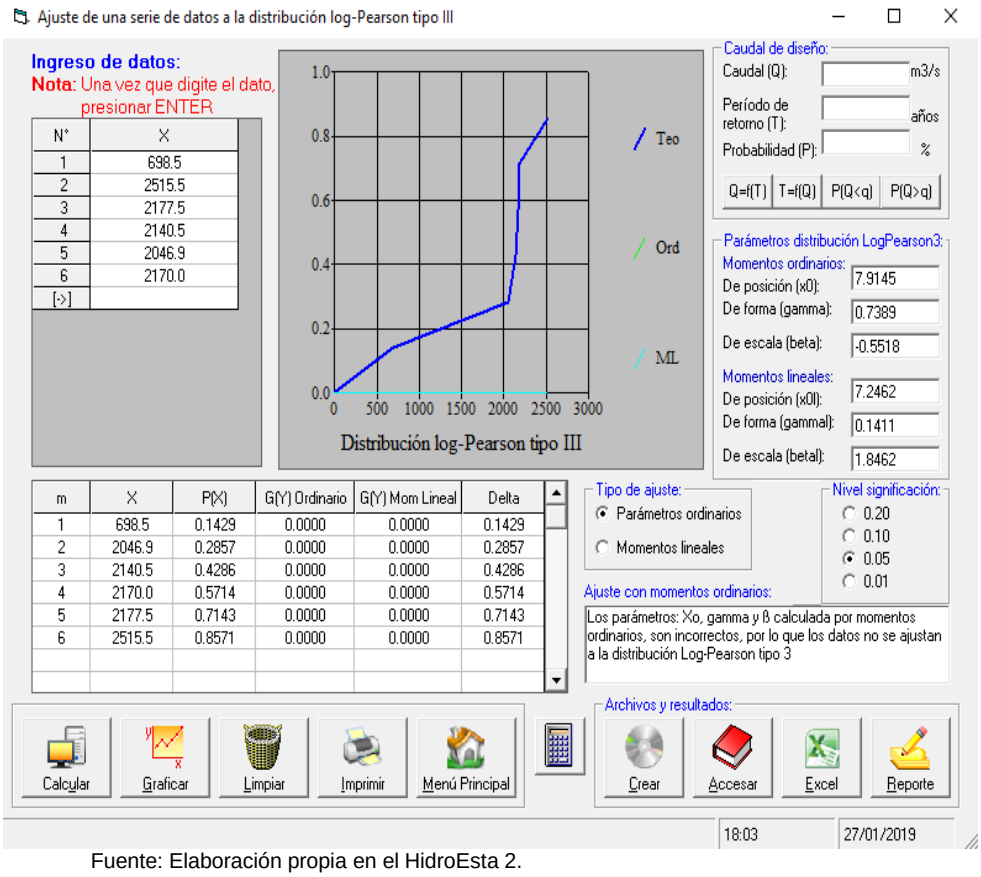
$$\gamma = \frac{4}{C_{S\ln x}^2}$$

$$\beta = \frac{C_{S\ln x}\,(S_{\ln x})}{2}$$

$$x_0 = \bar{X}\ln x - \frac{2S_{\ln x}}{C_{S\ln x}}$$

Aplicación: Los datos hidrometeorológicos (precipitaciones anuales máximas de 24h) utilizados a evaluar fueron de la EMC de Carpish, por ser la estación más cercana al área de investigación. Estos datos fueron procesados y analizados en el software HIDROESTA 2, a continuación, se mostrará en la figura N°13.

Figura N°13. Procesamiento de datos hidrometeorológicos de la EMC "CARPISH" en el HidroEsta2 para la distribución log-pearson tipo III.



Fuente: Elaboración propia en el HidroEsta 2.

Cuadro N°6. Cálculo y procesamiento de datos por distribución log-pearson tipo III.

Distribución log-pearson tipo III para EMC "CARPISH"					
m	**X**	**P(X)**	**F(Z) Ordinario**	**F(Z) Mom Lineal**	**Delta**
1	698.5	0.1429	0.0000	0.0000	0.1429
2	2046.9	0.2857	0.0000	0.0000	0.2857
3	2140.5	0.4286	0.0000	0.0000	0.4286
4	2170.0	0.5714	0.0000	0.0000	0.5714
5	2177.5	0.7143	0.0000	0.0000	0.7143
6	2515.5	0.8571	0.0000	0.0000	0.8571

Fuente: Elaboración propia.

Análisis: En base a los resultados del cuadro N°6, se procedió a determinar los parámetros de distribución log pearson tipo III (momentos ordinarios y lineales) del HidroEsta como son los siguientes:

Momentos ordinarios:
De posición (x0) = 7.9145
De forma (ganma) = 0.7389
De escala (beta) = -0.5518

Momentos lineales:
De posición (x0l) = 7.2462
De forma (ganmal) = 0.1411
De escala (beta) = 1.8462

Para un nivel de significancia (α)=5%

Los parámetros: Xo, ganma y beta calculada por momentos ordinarios, son incorrectos, por lo que los datos no se ajustan a la distribución log-pearson tipo III.

4.1.4. Distribución gumbel.

De las varias distribuciones de valores extremos hay dos que tienen mayor aceptación, al haber demostrado que se ajustan bien al fenómeno de las crecidas de los ríos: la distribución de valores extremos tipo 1 o ley de gumbel y la distribución log-pearson tipo III. Vente Chow ha encontrado que estas distribuciones pueden expresarse en la forma:

$$x = \bar{x} + K\,\sigma_x$$

Donde:

x = caudal con una probabilidad dada.

$\bar{x}$ = media de las series de caudales pico.

σ_x = desviación estándar de la serie.

k = un factor de frecuencias definido por cada distribución. Es una función del nivel de probabilidad asignado a x.

La ley de gumbel está dada por la siguiente expresión:

$$P = 1 - e^{-e^{-y}}$$

Donde:

P = probabilidad de que un valor x sea igualado o excedido.

y = variable reducida, dada por la expresión:

$$y = a\,(x - u)$$

Donde:

u = moda de la distribución.

a = parámetro de dispersión.

Para una muestra de tamaño finito, gumbel encontró que:

$$u = \bar{x} - \sigma_x \frac{\bar{y}_n}{\sigma_n} \qquad a = \frac{\sigma_n}{\sigma_x}$$

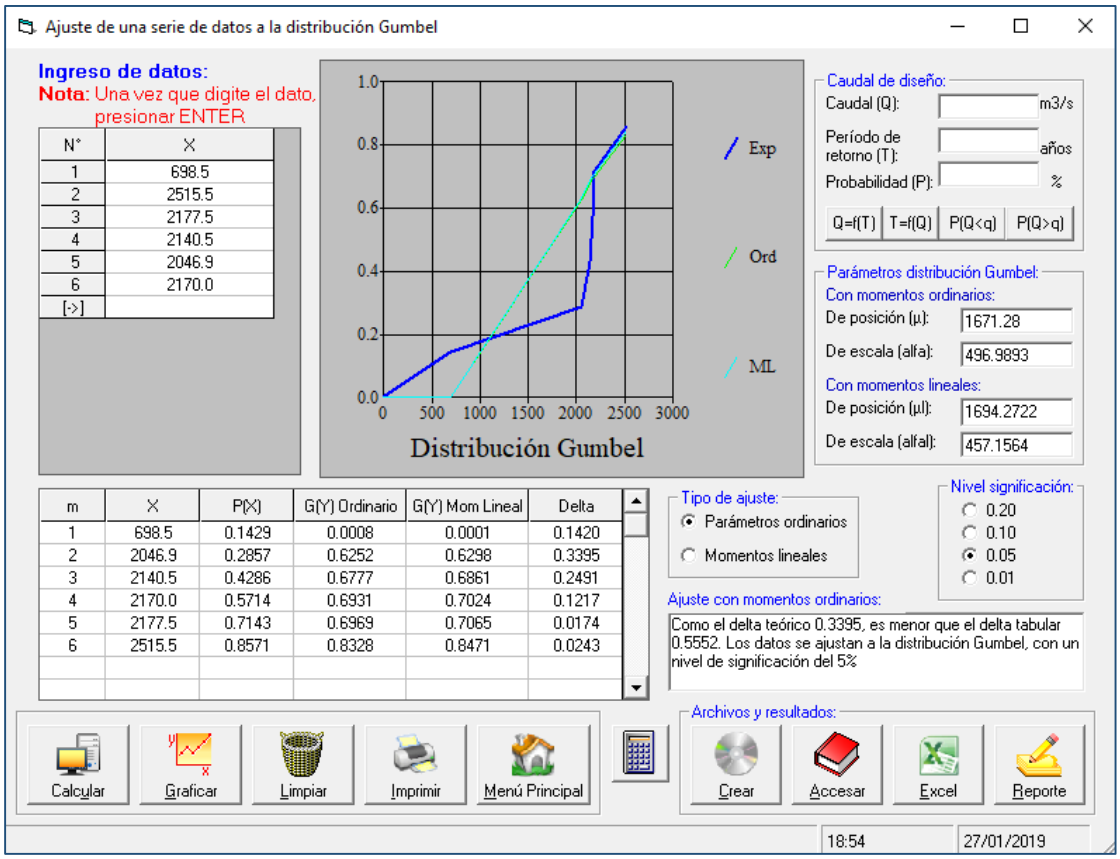
Donde:

$\overline{Y_n}$ = valor medio esperado de la variable reducida.

σ_n = desviación estándar de la variable reducida.

Aplicación: Los datos hidrometeorológicos (precipitaciones anuales máximas de 24h) fueron procesados y analizados en el software HIDROESTA 2, a continuación, se mostrará en la figura N°14.

Figura N°14. Procesamiento de datos hidrometeorológicos de la EMC "CARPISH" en el HidroEsta2 para la distribución gumbel.



Fuente: Elaboración propia en el HidroEsta 2.

Cuadro N°7. Cálculo y procesamiento de datos por distribución gumbel.

Distribución gumbel para EMC "CARPISH"					
m	**X**	**P(X)**	**F(Z) Ordinario**	**F(Z) Mom Lineal**	**Delta**
1	698.5	0.1429	0.0008	0.0001	0.1420
2	2046.9	0.2857	0.6252	0.6298	0.3395
3	2140.5	0.4286	0.6777	0.6861	0.2491
4	2170.0	0.5714	0.6931	0.7024	0.1217
5	2177.5	0.7143	0.6969	0.7065	0.0174
6	2515.5	0.8571	0.8328	0.8471	0.0243

Fuente: Elaboración propia.

Análisis: En base a los resultados del cuadro N°7, se procedió a determinar el máximo valor de delta para encontrar el parámetro F(Z) y también en base del ajuste con momentos ordinarios del HidroEsta se obtiene lo siguiente:

Del cuadro N°7, el delta teórico:

Dc = 0.3395

Del análisis del HidroEsta2:

Dt = 0.5552

Para un nivel de significancia (α)=5%

Como Dc < Dt, entonces el registro de precipitaciones si se ajusta a la distribución gumbel para un nivel de significancia de 5%.

En resumen: Habiéndose realizado las pruebas de ajustes de bondad de Smirnov - Kolgomorov se analiza en base al criterio de orden de ajuste, la función de probabilidad que más se ajusta será:

FUNCIÓN PROBABILISTICA	Prueba Smirnov-Kolmogorob			
	Dc	Dt	se ajusta?	orden de ajuste
NORMAL	0.2697	0.5552	SI	3
LOGNORMAL	0.312	0.5552	SI	1
LOGPEARSONIII	-	-	NO	5
GUMBEL	0.3395	0.5552	SI	2

Fuente: Elaboración propia.

En conclusión: La función de probabilidad que mejor se ajusta al registro de datos de precipitaciones máximas es **la función normal**.

V. CONCLUSIONES.

- Se procesó la data de los registros hidrometeorológicos (precipitaciones) de las estaciones meteorológicas convencionales (EMC) de Carpish, Huánuco y Tingo María; de los últimos 5 años (2013-2018) teniendo como fuente los reportes del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). Dichos reportes podrán ser evaluados en los anexos del presente estudio.

- En cada uno de los reportes de las EMC de Carpish, Huánuco y Tingo María se podrá además obtener la siguiente información: temperaturas máximas y mínimas, temperaturas de bulbo seco y húmedo y la dirección del viento. Información relevante de las condiciones meteorológicas externas en el área de investigación.

- El año en que se realizó la presente tesis (2018), tuvo como mayor registro de precipitación el mes de octubre con 384.7mm en total. Según los pluviogramas anuales evaluados se puede indicar que las precipitaciones son frecuentes en los meses de: octubre, noviembre, diciembre y enero en el área de investigación. Es importante resaltar que hubo cambios contundentes y críticos en los registros hidrometeorológicos durante los últimos 5 años, afectando a diferentes localidades y distritos de la región de Huánuco. Generando fenómenos de movimientos en masa (deslizamientos de suelos, de rocas, flujos de piedras, de detritos, etc.).

- Para el cálculo de la precipitación media anual se utilizó el método de promedio aritmético. Éste fue aplicado para 3 EMC (Carpish, Huánuco y Tingo María.) que son las más cercanas y próximas al área de investigación obteniendo las siguientes precipitaciones promedio en mm: 1958.15, 418.32 y 3067.45 respectivamente. La precipitación promedio calculada de las 3 EMC señaladas fue calculada con el software HidroEsta obteniendo un valor de 1814.6 mm.

- Se realizó las pruebas de ajustes de bondad de Smirnov – Kolgomorov para las funciones probabilísticas de distribución normal, log-normal, log pearson tipo III y gumbel utilizando el software de cálculos hidrológicos HidroEsta2 para las precipitaciones anuales máximas de 24h de la EMC de Carpish, de las cuales, la función de probabilidad que mejor se ajusta al registro de datos de precipitaciones máximas fue la función normal.

VI. RECOMENDACIONES.

- Para evaluar y medir el nivel de precipitación en una determinada área o fenómeno de estudio es fundamental estudiar los registros hidrometeorológicos de las estaciones meteorológicas más cercanas a la zona, la cantidad de años a elegir dependerá del tipo de proyecto y análisis que se desee realizar; considerando que no será igual los registros de precipitación para el diseño de una estructura hidráulica (presa, canal, embalse, etc.) con el análisis de estabilidad de un talud. Además, se debe delimitar y estudiar la cuenca hidrográfica evaluando sus parámetros morfométricos, fisiográficos, etc.

- Se recomienda realizar el análisis de consistencia (análisis de doble masa) para los registros de precipitación anual acumulada de cada estación, permitiendo calcular el rango de los periodos dudosos y confiables para cada estación, la cual se deberá elegir utilizando criterios estadísticos.

- Se recomienda realizar las pruebas de bondad de ajuste para medir la certidumbre al hacer una hipótesis estadística sobre un fenómeno de estudio que permitirá verificar si la frecuencia empírica de la serie analizada, se ajusta a una determinada función de probabilidades a priori, con los parámetros estimados con base en los valores muestrales.

VII. BIBLIOGRAFÍA.

- Chereque, W. (1989). *HIDROLOGÍA para estudiantes de Ingeniería civil*. Lima: CONCYTEC.

- Chow, V., Maidment D., y Mays, L. (1994). *Hidrología aplicada*. Bogotá: McGraw-Hill.

- López, J. (2014). *Simulación Hidráulica de Inundación en la zona urbana de la cuenca baja del río Higueras – Huánuco – 2014* (tesis de pregrado). Universidad de Huánuco, Huánuco, Perú.

- Villón, M. (2002). *HIDROLOGÍA*. Lima: Villón.

Reporte pluviométrico de la EMC "Carpish" año 2013.

ESTACIÓN: CARPISH, Tipo Convencional - Metereológica

Departamento: HUANUCO **Provincia:** HUANUCO **Distrito:** Chinchao

Latitud: 9° 40'1" **Longitud:** 76°5'1" **Altitud:** 1950 msnm

Fuente: *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) - Oficina de Estadística*

https://www.senamhi.gob.pe/mapas/mapa-estaciones/_dat_esta_tipo.php?estaciones=000454

AGOSTO - 2013

Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Ago-13	19.8	10	11.2	17	11.2	10.8	14.2	11.2	0	3.3	C	
02-Ago-13	17	10.2	10.2	13.6	11.2	9.8	13.4	11	0	0	C	
03-Ago-13	20.6	10	11.8	18.8	13.8	11.2	15.4	12.4	0	0	C	
04-Ago-13	21.8	9.9	11.6	20.2	13	10	15.8	12.8	0	0	S	6
05-Ago-13	19.6	8.8	10.2	17	13.4	9	15	13.4	0	1.1	C	
06-Ago-13	19.6	10.2	13	17.2	13.2	10.2	15.4	12.6	0	2.1	C	
07-Ago-13	20.6	10.6	11.6	18.4	13.2	11.2	15.2	13	0.2	0	C	
08-Ago-13	21.4	10.4	11.8	20.6	13.8	10.8	17	13	0	0	C	
09-Ago-13	20	10	11.2	17.4	13	10.6	15.2	15.6	0	0	C	
10-Ago-13	17.6	10.2	11.8	14	12	10	12.6	11.6	3.2	0	C	
11-Ago-13	18.6	10.4	12	14.4	12.2	12	14.2	12	0	0	C	
12-Ago-13	22	10.2	11.4	21	10.6	10.2	16.6	9.8	0	0	C	
13-Ago-13	20.8	10	10.6	19.8	13	9.8	18.1	12.8	0	0	C	
14-Ago-13	20	10.2	11.6	18.2	12	10	14.6	11.2	0	0	C	
15-Ago-13	16	10.8	11.6	14	13.8	11	13.8	13.8	0	3.9	C	
16-Ago-13	18.6	10	10.4	16	11.8	10.4	14.2	11.2	3.8	0	C	
17-Ago-13	20.2	9.2	10.6	17.2	13.2	10.4	15.2	13	1.1	0	C	
18-Ago-13	19.2	8.8	9.4	14.8	12	9.2	13	12	0	0	C	
19-Ago-13	21	9.6	9.8	18.4	14	8.6	14.8	13.8	0	0	S	6
20-Ago-13	19.2	9	10.8	14.2	12.6	10	13	12.6	0	2.4	C	
21-Ago-13	18	10	10.6	14.2	11.8	10.6	12.8	11.8	0	0	C	
22-Ago-13	-999	9.8	11.2	-999	-999	10.6	-999	-999	0	0	C	
23-Ago-13	20.4	9.8	10.2	18.6	13.2	10.2	15.8	13.2	4.8	4.2	N	2
24-Ago-13	18.2	10	12	14.2	12	11.2	13.6	11.6	0	8.8	C	
25-Ago-13	15	9.8	12	13	11.6	10.2	13	11.6	18.9	24.8	C	
26-Ago-13	16.8	9.4	11	14.8	11.8	10.4	14.6	11.8	7	0	S	2
27-Ago-13	18	9.6	12	16.2	11.8	12	15	-999	9.1	0	C	
28-Ago-13	14	9.4	10.8	12.6	11	10.8	12	11	31.4	2.3	C	
29-Ago-13	18.6	9.2	10	14.6	11	9.2	12.6	-999	1.2	2.4	C	
30-Ago-13	21.8	8.6	11.2	18.6	12.2	8.4	15.2	10	2	0	C	
31-Ago-13	22.2	8.8	11.6	20.6	11.4	8.8	17.6	10.8	0	0	C	

Fuente: SENAMHI

SEPTIEMBRE - 2013												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Sep-2013	22	8.8	11.4	18.2	13.8	9.4	15.2	11.6	0	0	C	
02-Sep-2013	21.2	9	11.2	19.4	12	10.2	15.6	11.6	0	0	W	6
03-Sep-2013	22.6	10.2	12	21	13.6	9.6	15.2	12.2	0	0	C	
04-Sep-2013	21.4	11	13	19.8	13	9	16.2	11.6	0	0	C	
05-Sep-2013	21.2	10	11	18.2	13	9	16	12.6	0	0	C	
06-Sep-2013	22.6	10.2	10.4	21.6	14	10	15.8	138	0	0	C	
07-Sep-2013	22.4	10	11.4	19.8	14	11	16	13.4	0	0	C	
08-Sep-2013	19.8	11	11.8	18.4	13	11.8	15	12	0	0	C	
09-Sep-2013	20	10.2	13	17.2	12	9.2	15	12	0	4	C	
10-Sep-2013	19.8	10	11	16.8	12	9.4	12.6	11.2	4.2	0	C	
11-Sep-2013	22	9.4	10.4	17.6	14	10	14.8	13.2	0	0	C	
12-Sep-2013	20.4	10	12	18.4	13	12	15.4	12.6	0	0	C	
13-Sep-2013	21	11.8	12	17	14.2	11.6	15.4	13.6	0	0	C	
14-Sep-2013	17	10.8	11	15.4	11.8	11	14.2	11.4	0	0	C	
15-Sep-2013	22.6	11	11.4	18.4	13.8	11	15.2	12.6	0	0	C	
16-Sep-2013	22	11.2	11.6	18.8	13.8	11.6	16.2	13.8	3.6	0	C	
17-Sep-2013	22.2	10	11.8	19.8	13.8	10.8	16	13	0	0	C	
18-Sep-2013	22	11.2	118	18.6	13.8	11.2	15.2	12.4	0	0	C	
19-Sep-2013	22.4	10.8	11.4	18.6	13	11.4	16.2	11.4	0	12.5	C	
20-Sep-2013	19.8	10.6	12.4	19.8	11.8	10.4	15.8	11	0	0	C	
21-Sep-2013	21.2	10	10.2	20.4	14.8	9.6	15.2	13.6	0	0	C	
22-Sep-2013	22.6	10	11.2	21.2	14.6	10.2	15.6	13	0	0	C	
23-Sep-2013	23	11	12.6	22	14.6	10.8	17	14	0	0	C	
24-Sep-2013	17	11	11.4	16.2	13	11	13.8	13	2.7	-888	C	
25-Sep-2013	19	10.6	11.8	15.2	13	11.8	15	12.8	0	0	C	
26-Sep-2013	21	11.9	12	18.8	13.2	12	17.9	12	-888	0	N	4
27-Sep-2013	21	10.2	11.2	19.8	13	10.2	13	13	0	0	C	
28-Sep-2013	19.4	11	12	17.6	13.4	11.2	15.8	13	0	0	C	
29-Sep-2013	22	10	12	21.4	14.8	11	16.2	14.2	0	0	C	
30-Sep-2013	22.4	10.4	12	22	13.6	11.8	16.2	13.4	0	0	N	6

OCTUBRE - 2013												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Oct-13	18.2	10.2	11.8	16.8	11.8	11.8	15.8	11.4	4.2		C	
02-Oct-13	16.8	10.2	11	14.4	13.6	11	14	13	6	2.5	C	
03-Oct-13	19.8	11	12.4	17.8	13.4	12.4	15.8	13	0	0.3	C	
04-Oct-13	20	11.6	12	17	13.2	12	16.4	13	6.5	0	C	
05-Oct-13	20	10.6	10.8	16	12.8	10.8	14.4	12.6	0	0	C	
06-Oct-13	15.6	11	11.4	14.6	12	11.4	14.6	11	4.4	0	C	
07-Oct-13	21.8	9.8	12.2	19.8	12.4	10.4	15.8	12.4	0	4.3	C	
08-Oct-13	21	9.8	11	19	13.8	11	16.2	13.6	8.8	0	SE	4
09-Oct-13	20.2	9.8	11.8	18	12.4	11.4	15.2	11.6	0	0	C	
10-Oct-13	20.8	10.2	12.4	19.8	13.2	11.8	15.6	12	0	0	C	
11-Oct-13	22.2	11.2	14	20.2	13	13.8	19.2	13	0.8	0	N	3
12-Oct-13	22.6	11	11.6	20.6	11.8	10.4	18.4	11	16	0	C	
13-Oct-13	19.6	11	12	17.2	11.2	12	16	10.4	5.2	0.8	C	
14-Oct-13	20.2	11.8	13	18.6	12.8	13	17	12.8	3.2	0	C	
15-Oct-13	17.4	11.4	11.8	17.6	12	11.8	16.6	12	41.8	15.6	C	
16-Oct-13	16.2	9.8	12.4	15.2	12.4	11.4	15	12.4	0	2.4	C	
17-Oct-13	16.8	10.2	12	16.8	12.6	12	15.2	12.4	3.8	8	C	
18-Oct-13	20.8	9.8	11.4	18.2	14	11.4	16.2	13.8	0	4.6	C	
19-Oct-13	21	11	12.8	17	14.2	12	16.8	14	0	0	C	
20-Oct-13	20.4	11.2	13	19	14	12.8	16.2	14	3.2	10.5	C	
21-Oct-13	21.8	11	12.8	20.8	14.8	12.6	17.4	14.8	0	0	S	3
22-Oct-13	21.2	11.4	12.6	19.8	13.8	12.6	16	13.8	1.8	0	N	2
23-Oct-13	21.6	11	12	20	13.6	11.8	16.8	13.4	0	0.5	C	
24-Oct-13	18.6	10.2	12.2	14.4	12.8	11.6	14.4	12.8	10.2	0	C	
25-Oct-13	18.6	10.4	12.4	16.2	12.2	12.4	15	12	6	0	N	2
26-Oct-13	20.4	10.2	12.4	20	12.6	11.2	16.8	12	1.1	0	C	
27-Oct-13	22	11	12	19.8	14.2	11.6	16.2	14.2	0	0	C	
28-Oct-13	16.8	11.4	13	14.2	13.8	13	14.2	13.8	0	0.8	C	
29-Oct-13	19.8	11	12	18.8	13.6	12	16.6	13	0	0.8	C	
30-Oct-13	19.8	11.8	12.8	19.6	14	12.6	17	14	1.3	0	C	
31-Oct-13	19	11	12.6	15.8	13.2	11.8	15.2	13.2	0	0	C	

Fuente: SENAMHI

NOVIMEBRE - 2013												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Nov-13	18.6	10.8	13.4	18.6	14	13.4	17	14	0	0	C	
02-Nov-13	17.4	11	11.6	14	11.4	11.6	14	11.4	2.2	10.9	C	
03-Nov-13	16.8	10.8	11.6	14.2	13	11.6	14.2	13	2	0.4	C	
04-Nov-13	20.4	10.8	11.8	16.6	13.4	11.4	15	13.4	2.2	6.2	C	
05-Nov-13	21.4	11.4	12.6	20.6	14	12.4	18.4	14	9.8	1.2	W	2
06-Nov-13	16	10.2	11.2	15.8	12.8	11.2	14.8	12.6	9.3	0	C	
07-Nov-13	20.4	10	12.4	19.8	14.2	11.6	17	14	0	0	W	6
08-Nov-13	23	11.6	12.4	21.4	14.8	12	17	14.4	0	0	W	6
09-Nov-13	16	11.4	12	15.2	12.6	12	14.8	12.4	0	0	C	
10-Nov-13	19.8	10.8	12	19.2	14	11.6	17	13.8	0	0	C	
11-Nov-13	19	10.6	11.8	17.6	14.2	1.8	15	14.2	0	0	C	
12-Nov-13	16.2	11.6	12.6	13	13.2	11.4	13	13	0	4.5	C	
13-Nov-13	20.2	11.8	12.2	19.2	14	12.2	15.2	13.8	0.4	0	C	
14-Nov-13	20	12	12.6	17	13.6	10.8	14.6	13	0	0	C	
15-Nov-13	21	11.4	11.8	18.6	15	11	16	15	0	0	N	4
16-Nov-13	20.2	11.6	14	18	15	14	16.2	14.6	1.1	0	C	
17-Nov-13	15.4	13	14	13.6	12.4	13.6	13.6	12.4	0	1.3	C	
18-Nov-13	15.2	11.2	14	13	13.2	13.6	13	13.2	0	0.3	C	
19-Nov-13	18.2	11	12.4	15.6	14	12.2	14.2	13.8	0	0	N	2
20-Nov-13	16	12	13.2	13.2	11.8	13.2	13	11.6	0.4	16.1	C	
21-Nov-13	16	10.2	11.2	13.6	11.8	11	13.4	11.8	0	6.2	C	
22-Nov-13	16.6	11	11.2	15	12	11	14.6	12	7.6	0	C	
23-Nov-13	15.2	10.8	12	14.6	12.2	12	14.6	12	6.7	4.7	C	
24-Nov-13	19.4	11	12.8	17.4	14.2	12.6	16.6	14.2	0	0	N	2
25-Nov-13	16.6	11.8	13.2	14	13	12.6	14	12.4	1.2	10.2	S	2
26-Nov-13	22	10.2	11.4	17.2	14.6	10.2	15.6	12	0	0	C	
27-Nov-13	22.1	10.8	12.4	20.4	14.4	11.6	17.8	14.2	0	0	N	4
28-Nov-13	21	12	13.8	20.8	14.2	12.8	18.4	14	0	0	N	4
29-Nov-13	22.2	11.2	12.8	18.8	14.8	12.4	16.8	14.2	0	0	C	
30-Nov-13	19.2	12.6	14	18.2	13.8	13	15.4	13.4	0	7.8	C	

DICIEMBRE - 2013												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Dic-13	20.4	11	14.2	16.8	13.4	11.8	15	12.8	-888	4.4	C	
02-Dic-13	18.8	12.8	12.8	15	13.8	11.8	13.8	13.8	0.2	1.2	C	
03-Dic-13	14.8	11.2	12.4	12.8	11.8	12.4	12.8	11.8	1.8	7.2	C	
04-Dic-13	15.8	11.4	12.2	13.6	12.8	11.8	13.6	12.8	0	31.2	C	
05-Dic-13	21	10	13	18.6	13.8	10.4	16.8	13.2	45.2	0	C	
06-Dic-13	19.8	10.6	12	15.2	12.8	12	14.8	12.6	8.8	6	C	
07-Dic-13	20.4	12	12.4	14.8	13	12.4	14	12.8	1.3	17.2	C	
08-Dic-13	18.4	11.8	12	17.6	12.4	12	15.4	11.6	10.4	5.5	C	
09-Dic-13	20.2	12	12.4	19	13.2	12	16.4	13	0	0	C	
10-Dic-13	14.2	11.4	12.2	14	12.4	12.2	14	12.2	5.4	4.1	C	
11-Dic-13	19	10.4	14	18.8	13	11.8	17	13	1.9	0	C	
12-Dic-13	17.4	11.2	12	16	14.2	11.8	14.8	14	0	0	C	
13-Dic-13	19.8	11	13.2	16	13	12.4	14.6	12.8	0	3.7	C	
14-Dic-13	16.6	11.6	11.8	13.2	12.2	11.8	13.2	12	4.7	2.7	C	
15-Dic-13	16.8	12	12.8	15.8	13	12.6	14.4	13	5	3.5	C	
16-Dic-13	18.6	11.8	13.2	14.6	14	12.8	14	14	7.7	1	C	
17-Dic-13	19.2	12.6	13.6	15.6	14.4	13.6	14	14.4	1.7	1	C	
18-Dic-13	17.4	12.4	13.8	14.4	13.8	13.6	14.2	13.8	0	-888	C	
19-Dic-13	18	12.4	12.8	14.8	12.6	12.8	14.8	12.2	2	8.4	C	
20-Dic-13	16.8	12.2	13.8	15.8	13.4	13	14.8	12.8	5.2	3.2	C	
21-Dic-13	14	11.8	12.2	13.2	13	12.2	13.2	12	0	2.2	C	
22-Dic-13	20.4	10.6	12.2	18.2	14.2	12	16.2	14.2	0	0	C	
23-Dic-13	20.8	12	13.6	18.6	13	13.4	15.8	12.6	0.9	0.5	C	
24-Dic-13	17.4	11.4	12.8	15.2	13.6	12	14.8	13.6	0	0	C	
25-Dic-13	19	11.2	12.2	18.4	13.6	12.2	16.8	13.4	15.5	0	N	4
26-Dic-13	19	11	12.6	17.2	13	12.6	15.4	13	0	0.4	C	
27-Dic-13	20	11.4	12.8	19	12.4	12	16.6	12.4	3	0.4	C	
28-Dic-13	18.8	11	11.6	17.6	13.8	11.6	15.8	132	0	4.8	S	4
29-Dic-13	20.4	11.6	13	19.8	14.4	12.6	17.6	14.4	0.5	0.2	C	
30-Dic-13	21.8	11.4	12.6	19.4	15	12	18.2	15	0	0	C	
31-Dic-13	22	12	14	17	14.8	14	16.6	14.8	15.4	0	C	

Fuente: SENAMHI

Reporte pluviométrico de la EMC "Carpish" año 2014

ENERO - 2014												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Ene-14	15	12.2	12.6	14.2	12.4	12	14.2	12.4	30.5	31.5	C	
02-Ene-14	19.2	11.2	11.4	17.2	13	11	16	13	0.1	-888	C	
03-Ene-14	17	11	11	14	13.6	11	14	13.6	9	4	C	
04-Ene-14	16.8	11.8	13.2	14.6	13.4	13.2	14	13.4	0.9	-888	C	
05-Ene-14	18.8	11.6	12.6	15	14	12.4	14.2	14	22	5.4	C	
06-Ene-14	18.4	11.8	12	18	14	12	17	13	26	1.7	C	
07-Ene-14	16.2	11.6	12.2	14.6	14	12.2	14.4	14	22.1	-888	C	
08-Ene-14	14.8	11.8	12.4	13.2	12.2	12.4	13.2	12	4.1	15.1	C	
09-Ene-14	16.2	9.4	10.4	15.2	13.2	10.4	14.8	13.2	0	1.2	C	
10-Ene-14	15	9.4	12.2	13.2	12.2	12.2	13.2	12.2	10.7	4.2	C	
11-Ene-14	14.8	11	12.4	13	11.8	12.4	13	10.8	0.2	5	C	
12-Ene-14	17	9.8	11.4	14.8	13.6	11.4	14.6	13.6	0	-888	C	
13-Ene-14	15.8	11.2	12.2	14.8	13.6	12.2	14.4	13.4	2	0	C	
14-Ene-14	19.4	10.8	11.8	18.2	13.8	11.2	16.4	13.8	0.3	5.7	C	
15-Ene-14	18.8	11.8	13	15.2	13.2	13	15.2	13.2	0.9	10.4	C	
16-Ene-14	15.3	11	12.4	15	13	12.4	15	13	12.5	12	S	4
17-Ene-14	16.8	10.6	11.6	15.6	13	11.4	14.8	13	10.8	0.8	C	
18-Ene-14	16	10.4	12.6	15	13.6	12.6	15	13.4	0	8.7	C	
19-Ene-14	18.8	10	11.8	18.6	12.6	11.6	17	12.6	0	2.1	C	
20-Ene-14	17.8	11.4	12	15.2	12.2	12	14	12	0	2.1	C	
21-Ene-14	17.2	12	12.6	16.6	13.2	12.6	16	13.2	0	0	C	
22-Ene-14	17.8	11.6	13	14.8	13.6	12.6	14.4	13.6	-888	1.5	C	
23-Ene-14	19	12	12.6	17.6	12.6	12.6	17.6	12.6	1.7	6.7	C	
24-Ene-14	15.8	10.4	11.4	14	13.4	11.2	14	13	0	0	C	
25-Ene-14	17.4	10.8	13.2	14.6	14	12.4	14.2	12.4	0	0.5	C	
26-Ene-14	17.4	11	12.6	14.2	13.2	11.4	14	13.2	0	0	C	
27-Ene-14	14.8	12	12.4	13	12.2	12.4	12.8	11.2	0	0.9	S	6
28-Ene-14	16	11	11	14.2	12.6	10.8	14	12.4	0	0.2	C	
29-Ene-14	14.2	11.6	12.2	12	12.4	12.2	12	12.4	0.2	4.6	C	
30-Ene-14	14.8	11	11.4	13.2	12.6	11.4	13.2	12.6	5.5	1.2	C	
31-Ene-14	14.6	11.8	12.4	13.6	13.4	12	13	13.4	0	2.3	C	

FEBRERO - 2014												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Feb-14	18.6	11.6	12	15.4	13.2	12	15	13	6.5	0.8	C	
02-Feb-14	15.8	12.2	13	15.8	12	12.6	15.4	12.4	9.7	2	C	
03-Feb-14	16.6	11	11.8	15.2	14.2	11.4	14.8	18.2	0	0.8	C	
04-Feb-14	18.2	11.2	13	16	12.2	13	15.8	12	1.2	1.4	C	
05-Feb-14	15.2	11.4	13.4	14	12.6	12.6	13.8	12.6	0	6.9	C	
06-Feb-14	15.8	11	11.6	13.2	12.8	11.6	13.2	12.8	1.3	1.2	C	
07-Feb-14	17	11.2	11.8	14.2	12.8	11.8	14	12.8	13	8.1	C	
08-Feb-14	14.6	11	11.6	13.6	11.2	11.4	13.6	11.2	12.5	4.6	N	2
09-Feb-14	16	11.2	11.6	13	11.8	11.6	13	11.8	5.3	3.2	C	
10-Feb-14	15.6	11.8	12	14.8	12.6	12	14.8	12.6	11.5	5.5	C	
11-Feb-14	16.8	11.6	12.2	13.2	12.4	12.2	13.2	12.4	1.1	3.1	C	
12-Feb-14	15.8	11	12.2	14.2	13.2	12.2	14.2	13.2	7.2	3.2	C	
13-Feb-14	14.6	11.8	13	13.2	12.6	12.8	13.2	12.6	5.7	3.2	C	
14-Feb-14	14.2	11.4	12	13.6	13	12	13.6	13	15.7	3.8	C	
15-Feb-14	13.8	10.8	11	12	11.8	11	12	11.4	10.4	15.6	C	
16-Feb-14	15	11	12	14.2	13	12	14.2	12.8	0	2	C	
17-Feb-14	18	10	13.4	17.4	13	13.4	15.8	12.8	0.4	1.6	S	6
18-Feb-14	18.2	10.8	12.4	15.4	13.8	12.4	15.2	13.8	0	1.8	C	
19-Feb-14	18.6	12	12.8	14.4	13.6	12.8	14.2	12.2	3.2	0	C	
20-Feb-14	16.8	11.2	12.8	15.6	14	12.8	15.6	14	0.6	6.7	C	
21-Feb-14	17	12.4	12.6	16.2	13.6	12.6	16.2	13.6	13.7	4	C	
22-Feb-14	18.2	13.6	12.8	16.8	13.2	12.8	16.2	12.2	10.5	9.5	C	
23-Feb-14	18.6	12.4	13	15.2	13	13	14.8	13.6	6.2	7.6	C	
24-Feb-14	17.6	12	13.2	16	13	13.2	16	13	8	3.6	C	
25-Feb-14	19	10.8	11.8	16	13.2	11.6	15.6	13.2	9.5	2	C	
26-Feb-14	21	12	12.8	18.6	13	12.6	15.2	13	1.1	8.6	C	
27-Feb-14	22.2	11	12.6	18	14.2	12	16.2	14.2	0	10.8	N	2
28-Feb-14	22.8	13	14.8	18.8	14.8	13.2	15.6	14	50.9	16.1	C	

Fuente: SENAMHI

MARZO - 2014												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Mar-14	22.6	11.8	15	21.2	15.4	11.8	17.8	14.6	11	0	N	2
02-Mar-14	22.6	11.4	12.8	19.2	15.8	11.4	17	15.4	0	0	C	
03-Mar-14	19.8	11.8	12.2	16.8	14.8	12.2	15.8	13	0.4	0.4	C	
04-Mar-14	20	11.4	12	15	13	12	14	13	2	8.7	S	6
05-Mar-14	22.6	11.2	12	18.6	15.8	12	15.8	15	12	0.6	C	
06-Mar-14	21.2	11.4	12	19.6	13.4	12	16.2	13.4	4	6.1	C	
07-Mar-14	20.8	11.8	14	18.6	14.6	12.2	15.2	13.8	0.4	0	N	2
08-Mar-14	19.6	11.4	11.8	16.8	13.8	11.2	15.4	13.4	17	0	C	
09-Mar-14	16.8	11	13.8	15.2	12.2	11.6	15.2	12.2	0	3.2	SE	4
10-Mar-14	23	11.8	14.6	20.4	13.6	12	17.8	13	0	0	C	
11-Mar-14	25	11.2	12.4	20.6	14	12	17.6	14	0	0	C	
12-Mar-14	20.4	11.6	13	18.8	14	13	18	13.6	6.4	0	C	
13-Mar-14	19.2	11.8	12.6	18.6	12.8	12.6	18.4	12.8	16.4	2	C	
14-Mar-14	18.4	11	11.8	16.4	13	11.6	15.2	13	12.1	4	C	
15-Mar-14	22	12	12	16.4	14	12	15.8	13.8	5.6	0	C	
16-Mar-14	16	12.2	12.2	14	12.8	12.2	14	12.2	1.6	8.6	C	
17-Mar-14	17.8	12	12	15.2	12	12	15.2	12	0	3	C	
18-Mar-14	14.8	11.2	12	13	12.8	12	13	12.8	9	0.8	C	
19-Mar-14	20.4	11	11	16	13	11	15.2	13	4.9	1	C	
20-Mar-14	16	12	12.8	14.6	12	12.8	14.6	12	0.6	1	C	
21-Mar-14	20	11.2	12.4	15	13.6	12	15	13.6	0	0	C	
22-Mar-14	17.8	11.2	12.2	15.8	12.6	11.8	14	11.8	14	0.9	C	
23-Mar-14	18.6	12	13	16.4	13	12.2	15.2	13	0	7.4	C	
24-Mar-14	19.6	11	12	18.4	14.2	12	17.2	14.2	22.4	2	C	
25-Mar-14	17.4	12	12.6	16.4	1.4	12.6	15.2	13.2	7.7	2.9	C	
26-Mar-14	17.4	11.2	11.8	15	13.6	11.8	15	13.6	16.4	4.2	N	4
27-Mar-14	21	11.8	11.8	13	12.2	11.8	13	12.2	21.4	3	C	
28-Mar-14	17	10.2	11.4	14	12	11.4	14	12	0	1.6	C	
29-Mar-14	18	11	12	13.8	13.4	11.8	12.6	13.4	0	0	C	
30-Mar-14	17	12	12.8	14	13.4	12.8	14	13.4	2.2	0.9	C	
31-Mar-14	16.8	11	12	15	12	12	13	12	22.2	0	C	

ABRIL - 2014												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Abr-14	19	11.2	12.2	14	12.4	12.2	14	12.4	0	6.7	C	
02-Abr-14	16.8	12	12	13.8	13.8	12	13	13.8	10	16.8	C	
03-Abr-14	18.2	11.8	12.6	15.4	14.4	12.6	15.2	14	0	1.4	C	
04-Abr-14	21.2	12.4	12.8	16.8	14.2	12.8	14.8	14	0	1.8	S	4
05-Abr-14	15.2	12.2	13	14	12.8	13	14	12.8	5.6	12.8	C	
06-Abr-14	21.2	11.8	13	8.4	13.8	13	16.6	13.6	0	3.5	C	
07-Abr-14	21	12.4	13	19.6	14.2	13	16.8	14	0	0	C	
08-Abr-14	20	12	13.4	16.2	14	13.4	15.8	14	0	2.5	C	
09-Abr-14	22.4	12	12.8	14.8	13.2	12.8	14.8	13.2	0	2.4	C	
10-Abr-14	17.6	12.2	12.8	16	13	12.8	15.4	13	-888	2.3	C	
11-Abr-14	16	11.4	12	14.8	13	12	13.8	13	1	5.9	C	
12-Abr-14	17.8	11	11.6	13.7	12.4	11.6	13.2	12	0	0.4	C	
13-Abr-14	20.6	11.8	12	17.6	14.2	12	16.2	14.2	2.2	0	C	
14-Abr-14	15.2	12	12.8	13.4	13.8	12.8	12.4	12.8	0	13	C	
15-Abr-14	17.2	11	11.8	15.2	12.4	11.8	14.6	12.4	0	0.9	C	
16-Abr-14	22	11.2	13	20	14	13	17.8	13.6	0	0	C	
17-Abr-14	21	11.8	12.8	17.4	13	12.8	16.8	12.6	10.9	5.9	C	
18-Abr-14	20	11.6	12.6	17.4	13	12.6	16.4	12	0	10	S	5
19-Abr-14	19	11	12.8	16.4	14	12.8	16.2	14	0	0.3	C	
20-Abr-14	23.6	11.4	13.8	20.6	15.4	13.8	18.6	15	10	0	C	
21-Abr-14	18.4	12.6	13.8	16	14	13.8	15.8	13.8	0.6	2.8	C	
22-Abr-14	19	12	12.6	17.8	13.8	12.6	16.8	13.8	13	2	C	
23-Abr-14	18.6	12.2	12.8	17.2	13.2	12.8	16.6	13	0	11.2	S	2
24-Abr-14	17.6	11.6	11.8	14	13	11.8	14	12.6	10.5	3.8	C	
25-Abr-14	21	11.2	12	16.6	14	12	15.8	14	0	0	C	
26-Abr-14	18	12	12.8	16	13	12.8	15.6	13	39.7	31.6	C	
27-Abr-14	22	14	14	19.6	14	14	17.2	13.2	23.1	0	S	4
28-Abr-14	22	11.2	12	19.2	14.2	12	18	14	0	1.8	C	
29-Abr-14	16.4	12	13	15.6	12.6	13	15.2	12.6	7.3	17	C	
30-Abr-14	19	11.8	13	18.8	13.4	13	17.6	13.4	0	0	N	2

Fuente: SENAMHI

MAYO - 2014												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-May-14	18	12	12.8	15	13.4	12	14.2	13	0	0	C	
02-May-14	21	11.2	12	18	14	11.8	16.6	14	0	1.5	C	
03-May-14	20	11.8	12.8	15.8	13	12.8	15.4	13	0	11.1	C	
04-May-14	21	11.6	12.8	17.2	14	12.4	16.8	14	2	0	N	2
05-May-14	20	12	12.4	18.6	14	12.4	17.2	14	1	2.2	N	4
06-May-14	21	12.4	13	17.6	14.8	13	16.4	14	0	0.3	C	
07-May-14	21.4	12	12.8	19	13.2	12.8	19	13.2	0	38.7	C	
08-May-14	18.4	11.6	12	16.4	13.6	12	16.4	13.6	4.6	2.2	C	
09-May-14	20.6	11.4	12.6	16.2	14	12.6	16.2	13.8	1.5	1.2	C	
10-May-14	17	11.2	11.8	14.4	12.6	11.8	14.4	12.4	23.2	3.5	C	
11-May-14	21.4	11.1	12.2	17.6	13.6	12	15.8	13.6	0	0	C	
12-May-14	18.8	10.6	11.4	16.8	12.8	10.8	15.2	12.8	9.5	0	W	4
13-May-14	17.6	11.2	12.6	14	12.8	11.8	14	12.4	0	0.4	C	
14-May-14	20.4	11.8	12.8	16.6	14.2	12.8	15.8	13.8	0	0	C	
15-May-14	20	11.4	14.2	16.4	13.2	12.2	15.2	12.6	21.1	0	C	
16-May-14	17	10.8	11.4	15	13.4	10.8	14.8	13.4	0	0	C	
17-May-14	17.4	11.4	12.4	14.4	13.8	11.2	14.2	13.2	0	1.3	C	
18-May-14	15.8	11	12.6	14	12.2	12	13.2	12	1.4	3.1	C	
19-May-14	20	11.5	12.8	18.2	13	11.6	15.2	12.8	0	0	S	2
20-May-14	18	12	12.8	16.8	12.8	12.8	15.2	12.8	2.5	16	C	
21-May-14	20.6	12.2	13.6	17.4	13.8	12.6	15.2	13.8	0	3.4	C	
22-May-14	21.2	10.8	11.4	15.2	12.4	11	15.2	12.4	0	2.8	C	
23-May-14	16.6	11.8	12	14.2	12.8	12	14.2	12.6	8.4	1.4	C	
24-May-14	16.8	11.2	11.6	14.8	12.6	11.6	14.6	12.6	9.1	3.2	C	
25-May-14	19	10.6	12	16.8	13.2	12	16	13.2	20	-888	S	2
26-May-14	16	10.4	12.8	15	13.2	12.8	15	13.2	0.2	1.7	S	6
27-May-14	20.2	10	11.2	19.2	13.6	11.2	16	13.2	6	0	C	
28-May-14	22.4	11.4	11.6	20	13.6	11.4	18	13.6	1.4	0	W	4
29-May-14	22.4	11	11.8	20.2	14.8	11.4	18.4	14	0	0	S	2
30-May-14	19.4	10.2	12	18	13.2	11.2	16.4	13.2	0	0	N	2
31-May-14	21.6	10	10.8	20	13.8	10.4	17.2	13.6	0	0	C	

JUNIO - 2014												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Jun-14	23	11	11.6	21.2	13.6	11.6	17.8	13.4	0	0	C	
02-Jun-14	23	12	12.8	21.2	14	11.6	18	14	0	0	S	2
03-Jun-14	22	11.8	12	21.4	14.4	12	18.4	14	0	0	C	
04-Jun-14	23	11.4	12.4	22.4	14.4	11.2	18.4	14.2	0	0	S	4
05-Jun-14	22.4	11.2	12.6	20	14.2	11.6	17.4	13.4	0	0	N	4
06-Jun-14	23	11.6	14	18.6	14.2	10.4	15.4	14.4	0	0	N	4
07-Jun-14	23.2	11	13	22.4	14.2	11.6	18.4	14.2	0	0	C	
08-Jun-14	20.8	12	13.2	19.6	14.6	12.2	17.4	14	0	0	S	2
09-Jun-14	21	11.4	12.4	18.8	14.4	12	16	14	0	0	S	2
10-Jun-14	20.2	11	11.8	18	12.6	11	16.6	12.6	0	7.7	C	
11-Jun-14	21	10.6	11.2	20.8	14	10.6	18.4	14	0	0	N	4
12-Jun-14	21.4	10.8	12.6	20.2	14.2	11.2	16.8	14	0	0.3	C	
13-Jun-14	22.4	11	12	19.2	14	11	16	14	0	0	N	4
14-Jun-14	22	11.4	11.8	20.4	13.8	11.8	17.6	13.8	0	1.2	C	
15-Jun-14	22	10.4	11.6	16.4	12	10.4	15	12	51.6	1.5	C	
16-Jun-14	15.6	10.2	11.4	13.8	12.2	11.4	13.8	12.2	2.9	6.4	C	
17-Jun-14	17.2	10.8	12.4	14	13	11.4	14	13.6	9.5	17.5	C	
18-Jun-14	18	8.8	9.4	17	12	9	15.4	12	0	0	S	4
19-Jun-14	19.8	9	9	16	14	9	14.2	13.2	0	0	SE	4
20-Jun-14	19.6	8.2	8.8	18.4	14	8.8	15.8	13.6	0	0	C	
21-Jun-14	20	7.8	8.6	18.8	12	8.4	15.2	11.8	0	0	C	
22-Jun-14	21	8.8	11.2	20	13	9	15.2	12	0	0	C	
23-Jun-14	21.8	10.4	11.8	21	13.2	10.8	17.2	13	0	0	S	6
24-Jun-14	22.4	11.4	11.8	21.2	12.8	11.6	16.2	12.8	0	0	S	6
25-Jun-14	17.2	11.6	12.6	13.8	13	12.6	13.8	13	0	0	C	
26-Jun-14	18.2	10.4	10.8	15	12.8	10.6	15	12.8	0.2	0.3	C	
27-Jun-14	20.8	10.8	11.4	15.2	13.8	11.4	15.2	13.8	0	0.2	C	
28-Jun-14	15	11.4	11.8	13	11.4	11.8	13	11.2	5.7	4.4	C	
29-Jun-14	19.8	11	11.8	14.4	12.6	11.2	14.4	12.4	0	0	C	
30-Jun-14	16	10.4	11.4	15.4	12.2	10.4	14.6	12.2	0	1.5	C	

Fuente: SENAMHI

JULIO - 2014												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Jul-14	15.8	10.2	11.4	13	11.8	11.4	13	11.8	0.7	3.7	C	
02-Jul-14	15.6	10	10.6	13.6	12	10	13.4	12	0	0	S	2
03-Jul-14	16	10.6	11	14.4	12.2	11	14	12	4.6	0	S	2
04-Jul-14	20.6	10	10.2	19.8	12.6	10	16.6	12	0	0	C	
05-Jul-14	21	11	11.8	17.2	13.4	11	16.8	13.2	0	0	E	6
06-Jul-14	17	10.2	11	13.6	12.6	11	13.6	12	0	1	C	
07-Jul-14	21.6	10	11	16.8	13.2	11	15	13.2	0	0	S	2
08-Jul-14	15	10.4	11.4	12	11.4	10.6	12	11	0	0	C	
09-Jul-14	20	10	10.4	18.8	13	10.4	16	12.8	0	0	C	
10-Jul-14	21	9.8	10	19.2	13.8	9.8	17.4	13.8	0	0	C	
11-Jul-14	19.8	9.6	10	19	12	9.8	16.6	12	1.1	0	S	8
12-Jul-14	20.8	9.4	11	18.6	12.4	9.6	16.8	12.2	0	0	C	
13-Jul-14	20	10	11.4	17.8	13	10	15	12.6	0	0	C	
14-Jul-14	19.8	9.2	11.8	18.6	12	9.6	16.2	11	0	0	C	
15-Jul-14	21.4	8.8	13	19.8	12	9	15.8	10.4	0	0	W	8
16-Jul-14	20.4	9.2	13.8	13.4	12.2	9.8	12.4	10.4	0	0	C	
17-Jul-14	19.8	9	13	19	12.8	8.8	15.2	12	0	0	N	6
18-Jul-14	20	10	11.2	18.4	12.4	11	15.2	12.2	0	0	C	
19-Jul-14	13	10	10	12	10	10	12	10	6.7	30.5	C	
20-Jul-14	16	9.4	10	13.6	11.4	9.6	13.6	11.4	3.3	0.8	C	
21-Jul-14	21	9.6	12	19.8	12.2	9.6	16.6	12.2	0.5	0	N	4
22-Jul-14	16.8	9.4	10.8	14.2	12.4	10	13.6	12.2	0	0	C	
23-Jul-14	16	9.2	10.4	15.8	12.6	10	14.6	12	0	0	S	2
24-Jul-14	20	9	10.6	18.8	12.2	10.4	16	12.2	0	0	N	4
25-Jul-14	14	10.4	10.6	13.4	11.6	10	13.4	11	1.8	1.9	C	
26-Jul-14	14.8	9.2	10.4	13.6	12	10.4	13.4	12	0	2.1	C	
27-Jul-14	15.4	10.2	11	13.4	11.2	11	13.2	11.2	0	1.3	C	
28-Jul-14	14.4	10	11	14	12.6	11	14	12.2	13.1	15.4	C	
29-Jul-14	20	8.4	8.8	19.4	12.4	8.8	16.4	11.8	1.7	0	C	
30-Jul-14	20.4	8.6	9.9	19	12.4	8.6	16.2	11.2	0	0	C	
31-Jul-14	20	9.4	10	19.4	13.6	8.4	14.8	13	0	0	N	6

AGOSTO - 2014												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Ago-14	20.2	9	9.6	19.6	12	9	15	11.6	0	0	N	2
02-Ago-14	19.8	9.2	11.2	17.8	12.4	9.8	15.2	11.8	0	0	C	
03-Ago-14	21	9.6	11.6	19.4	12.6	10	17.2	12	0	0	S	4
04-Ago-14	21.4	9.2	11.2	20.2	12.4	10	15.2	12	0	0	S	6
05-Ago-14	16.6	9.8	10.4	15.2	12.4	10.2	13.2	11.6	0	0	C	
06-Ago-14	16.8	10	10.4	13.8	12.6	10.4	13.2	12.2	23.3	0	C	
07-Ago-14	19	10.2	11.2	16.8	13	11.2	15.2	13	3.9	4.6	SE	2
08-Ago-14	16.6	9.2	10.4	14	11.6	10	14	11.6	0	7.6	C	
09-Ago-14	16.8	9.8	10.4	14.2	11.6	10.4	14	11	8.6	2.4	C	
10-Ago-14	20	9	10	17.6	12.8	9.4	5.2	12.2	7.1	0	S	8
11-Ago-14	21	9.6	10	18.8	13.4	9.6	17.4	13.2	0	0	C	
12-Ago-14	21.4	10	11.6	19.2	13.8	11.4	15.6	12.4	0	0.9	SE	4
13-Ago-14	21	9.8	11	20.2	13.8	9.8	16.8	12.8	4.6	0.2	C	
14-Ago-14	18	9.6	12	15.6	12	10	14.6	11.2	0	1	C	
15-Ago-14	19.6	10	11	15.2	12.2	10.4	14.8	12.2	0	13.6	C	
16-Ago-14	21	10	12	19.8	12.4	11	16.4	11.4	0	3.9	N	2
17-Ago-14	21	10.2	11.4	20.2	12.4	10.6	17.6	12.4	0	1.2	C	
18-Ago-14	18	9.8	10.2	14.8	11.6	10	13.8	11	0	0	C	
19-Ago-14	17	9.6	10.2	11	11.4	10.2	11	11.4	0	0	C	
20-Ago-14	18.6	8.8	10.6	13.6	12	9.4	13	12	0	0	C	
21-Ago-14	20	9	10	18.8	11.8	10	14.8	11	0	0	C	
22-Ago-14	21	9.6	11	20	12.8	10.2	17.2	12	0	0	W	4
23-Ago-14	21.2	10	11.8	20.6	12.8	11	17.2	12	0	0	C	
24-Ago-14	21.6	9	10	20.2	12.6	9.6	16.6	11.8	0	0	C	
25-Ago-14		9.4	11.4	20.8	13.6	9.6	15.4	12.6	0	0	S	6
26-Ago-14			12.4	18.8	12.4	10.4	14.2	12.4	0	3.5	C	
27-Ago-14			12	11.8	10.4	12	11.8	10.4	3.5	4.4	C	
28-Ago-14			11	13.2	12.2	10.4	13	12.2	0	0	C	
29-Ago-14			11.6	14.2	12.4	11.6	14	12.4	0	9.6	C	
30-Ago-14			11.8	18.6	12.4	11	16.2	12.4	3.6	0	C	
31-Ago-14			12.8	17.8	12.4	11	14.8	11.4	0	0	S	4

Fuente: SENAMHI

SEPTIEMBRE - 2014												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Sep-2014	21.6	9.4	12.2	21.2	14	9.6	15.2	13.8	0	0	S	6
02-Sep-2014	21.2	9.8	11	20.2	14.4	10	17	13.8	0	0	C	
03-Sep-2014	20	10.4	12.2	18.4	13.2	10.2	16.8	13	0	0	C	
04-Sep-2014	20.8	11	11.4	19	14	11.4	17.2	13.4	0	0	C	
05-Sep-2014	15.4	10	10.4	13.8	12.6	10.4	13.6	12.4	43.8	8	C	
06-Sep-2014	20.2	10.2	12	18.8	13.8	11	13.4	13	0	0	N	4
07-Sep-2014	21	9.2	11	19.2	12.4	9.8	14	12.4	0	0	C	
08-Sep-2014	22.2	10	12.4	21	14.4	9.2	18.6	13.8	0	0	N	6
09-Sep-2014	22	10.6	12.4	20.4	14.2	10.6	15.2	14	0	0	N	8
10-Sep-2014	22.2	10.2	13.2	21	14.2	10.2	16	14.2	0	0	S	4
11-Sep-2014	21.8	11.8	12.8	20.6	13.8	12.8	20.6	13.4	1.5	3.5	C	
12-Sep-2014	19.8	10.8	11.4	16.6	13	10.2	15.8	12.8	6.2	0	C	
13-Sep-2014	20.2	11	11.6	19.2	13.2	11.4	17.6	13	0	0.2	C	
14-Sep-2014	17.8	10	12	14	12.8	11.8	14	11.8	1.1	5.5	C	
15-Sep-2014	18.6	11	11.8	15	12	11.4	15	12	0.6	17	C	
16-Sep-2014	20.8	11.6	12	18.2	12.8	11	15.8	12.6	0	0	C	
17-Sep-2014	17.4	10	12.8	15.8	13	9.4	15.8	12.6	17.8	3.8	C	
18-Sep-2014	21	11	12	19.8	12	11.6	17.4	11.8	2.6	6.1	C	
19-Sep-2014	20	10.4	12	18.2	12.8	11.8	16	12.8	2.4	0.7	C	
20-Sep-2014	21	10.8	12.6	19.2	12	11.4	15.3	12	0.8	0.3	N	5
21-Sep-2014	18	10.6	12	16	12	12	15.2	11.6	8.6	5.2	C	
22-Sep-2014	16	10.2	12.6	14	12.2	11.2	13.8	12	17.3	0	N	2
23-Sep-2014	17	10	11.6	15.2	13	11.6	14	12.6	0	4.5	C	
24-Sep-2014	19	11	11.8	18	12.4	11.8	16.2	12.4	0	0	C	
25-Sep-2014	20.6	10.8	12	18.8	13.8	11.6	16	11.6	0	0	C	
26-Sep-2014	21.8	10.2	11.8	20.2	14.2	11	18.6	14	0	0	SE	4
27-Sep-2014	22.2	11.4	13	21	14.8	12.8	18.2	14	0	0	C	
28-Sep-2014	20.2	11.8	12.2	18	12.4	12.2	17.4	11.4	18.6	12.6	N	2
29-Sep-2014	18.2	10.6	12.4	17.6	12	11.8	14.8	11.6	0	0	S	4
30-Sep-2014	16.2	10.4	11.6	15	13.2	11.6	15	13.2	0.4	2	C	

OCTUBRE - 2014												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Oct-14	21	10.2	13.4	19.6	12.6	10.2	17.4	12	0	8.1	C	
02-Oct-14	22	10.8	12.2	20.4	14.4	10.8	18.8	14	0	0	C	
03-Oct-14	14	10.6	10.2	13	12.6	10	13	12.2	0	1.1	C	
04-Oct-14	17.4	10.8	12	16.6	12.4	10.2	13.8	11.4	12.8	0	C	
05-Oct-14	21	10.6	13	19.8	13.4	11.6	17.6	13.4	0	4.3	C	
06-Oct-14	20.2	12	12.6	17.8	14	12.6	15.4	13.6	0	11.8	C	
07-Oct-14	19.8	10.2	12.8	17.8	13.6	12	16	12.8	0	1.8	C	
08-Oct-14	20	11	12.2	18.6	13.8	12.2	15.2	13.8	1.8	20.2	C	
09-Oct-14	17.4	11.2	12	14.6	12.4	11.8	13.8	12	10.2	3.5	C	
10-Oct-14	21.4	11	13.8	19.8	14	12.2	16.6	13	0	0	N	2
11-Oct-14	18	11.6	12.6	13.2	11.8	12	12.2	11.6	0	12.3	C	
12-Oct-14	18.2	12	12.8	15.8	13.6	12.4	14.4	13.4	0	0	C	
13-Oct-14	20	11	13	18.8	14	12.4	17.2	13.6	0	0	C	
14-Oct-14	22	11.2	13.8	20.2	14.4	9.6	17.4	13.8	0	0	C	
15-Oct-14	19.8	10.6	14	18.2	13	10.2	14.8	12.8	0	0	C	
16-Oct-14	13.8	10.6	13	12.2	13.4	10.2	12	9.4	0	2.9	C	
17-Oct-14	23	11.2	14	20.8	14.4	10	18.2	13.4	0	0	C	
18-Oct-14	21.8	10.4	12.2	20.6	12.6	11	16.4	12.2	0	0	S	3
19-Oct-14	19.4	11	12	16.2	13.2	12	15	13.2	-888	0	C	
20-Oct-14	18	10	12	15.2	12.6	12	14.6	12	0	0	C	
21-Oct-14	18.2	10.4	11.4	15.4	12	11.4	15.4	12	20.7	4.6	C	
22-Oct-14	17.4	11.4	12.2	16.4	12.4	12.2	15.6	12.2	28.8	9.4	N	4
23-Oct-14	20	10.4	12.2	16.4	14	12.2	14.8	13.6	0	3.2	C	
24-Oct-14	21	11	11.6	20	14.8	11.4	17.6	14.8	0	0	C	
25-Oct-14	15.4	11.4	12	12.8	15.4	12	12.8	11	28.6	6.3	C	
26-Oct-14	21	11.2	13	20.2	13.2	11	17	13	0	2.2	N	2
27-Oct-14	21	11.4	12.8	20.2	14	12.4	17	13.4	0	0	C	
28-Oct-14	21	11.2	13	19.8	14.6	12.4	16.4	13.8	0	13.7	N	2
29-Oct-14	15.8	12.8	13	14.8	13.8	13	14.4	13.6	0	0	C	
30-Oct-14	22.2	11.6	12.6	19.8	14.6	11.8	17.8	14.6	0	0	S	3
31-Oct-14	15	12.8	13.4	13	14.2	13.2	13	11	0	23.9	C	

Fuente: SENAMHI

NOVIEMBRE - 2014												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Nov-14	19.8	11.2	12.4	16.8	13.8	11.6	15.2	13.4	0	0	C	
02-Nov-14	19.6	11.8	13.2	16.6	13	13.2	15.2	13	0	3	C	
03-Nov-14	20.6	11	12.8	17	14.2	12	15.6	14.2	0	-888	C	
04-Nov-14	21.2	12	14	19.8	15.4	13.8	17.8	15.2	1.7	0	N	2
05-Nov-14	22	11.8	12.8	19.2	14.8	12.2	17.8	13.8	0	6.3	C	
06-Nov-14	15.2	11	12	13.6	13	11.2	12.8	13	10.1	2.2	C	
07-Nov-14	18	12	12.6	13.4	13.2	12.2	13	13.2	1.5	1.9	C	
08-Nov-14	22	11.6	14.4	20	15	12.2	18.2	14.9	0	1	C	
09-Nov-14	21	13	14	19.8	14.4	13.6	17.4	14.2	0.5	1.6	C	
10-Nov-14	22	13.2	14.4	20.6	14	10.4	18.6	13.8	1.3	0.5	C	
11-Nov-14	22.4	10.8	14.6	22	14.6	11	19	14.6	4.2	0.4	N	2
12-Nov-14	22.2	13	13.4	20.2	14.2	13.4	18	14.2	2.7	4.6	C	
13-Nov-14	17.2	13	14	16.8	13.6	13.4	14.8	13.2	1.5	0	C	
14-Nov-14	14.8	11	13	13	11.4	12.2	13	11.4	0	33.3	C	
15-Nov-14	13	11.2	11.2	11.8	12.4	11.2	11.8	12.4	5.5	0	C	
16-Nov-14	19	11.4	12	15.4	13.2	12	14.8	13.2	4.5	7.6	C	
17-Nov-14	19	10	10.6	17.8	13.8	10.4	16	13.4	0	0	S	2
18-Nov-14	17	10.2	12.2	15.4	13.2	12	14.8	13	0	0	C	
19-Nov-14	18	12	13	16	13.4	12.8	15.4	13.2	0	1	C	
20-Nov-14	18.8	11.6	12	17	14	12	17	13.8	0	13	N	2
21-Nov-14	19	12.2	12.6	16	12.4	12.6	14	12.4	0	0	C	
22-Nov-14	17	10.6	11.2	16.8	13.2	10.6	15.2	13.2	0	0	C	
23-Nov-14	18	11	12.2	16.2	14	12.2	15.8	13.8	0	1.8	C	
24-Nov-14	19.6	11.2	13	16.4	14.2	12.8	15.6	14	0	0	C	
25-Nov-14	19.8	11.8	12	16.4	13.6	12	15	13	0	0	C	
26-Nov-14	21	12	12.8	15.4	13.4	12.6	15	13	0	1.1	C	
27-Nov-14	19.6	12	13	17.8	13.8	12	16.2	13.8	0.5	0	C	
28-Nov-14	16.2	11	12.6	13.2	12.6	12.2	13.2	12.4	0	1.3	C	
29-Nov-14	19	11.2	12	15.8	13.2	11.8	14.8	13.2	0	7.6	C	
30-Nov-14	19	11.6	13	14.4	14.2	13	14.2	14	1.1	3.7	C	

DICIEMBRE - 2014												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Dic-14	19.8	11.2	13.4	16.8	13.4	12	15.2	13.4	0	1.3	C	
02-Dic-14	17	12	13	15.4	13.2	13	15.4	12.2	6.5	0.7	C	
03-Dic-14	16.8	11.4	12.8	14	11.8	12.4		11.8	0.7	5.1	C	
04-Dic-14	20	11.8	12	13.2	14	11.8		13.8	10.1	5.5	S	16
05-Dic-14	19.8	11	12.6	15.4	13.8	12		13.8	0	10.4	C	
06-Dic-14	21	11.2	12	19.4	14.2	11.8		14	6.2	0	C	
07-Dic-14	20	11.8	14.2	17.8	13.8	14		13.4	0	0.5	C	
08-Dic-14	17.2	12.2	13.4	14	14.2	13.2		14.2	0	1.6	C	
09-Dic-14	16	11.4	13.2	14.4	13.2	12.4		12.8	17.7	0	C	
10-Dic-14	17.4	11	13.4	15.8	12.4	12		12.4	11.5	0	C	
11-Dic-14	17.2	11.8	12.2	13.2	14	12.2		12.8	1.1	3.1	C	
12-Dic-14	16.8	11	12.8	14	13.2	12		13.2	0	0	C	
13-Dic-14	20	11.2	12.8	18.6	14.6	12.2		14.6	0	0	C	
14-Dic-14	21.4	12.4	14	16.8	14	12		13.4	16.8	0	C	
15-Dic-14	16.8	12	12.6	16.6	13.2	12.6		13	17.5	14.9	C	
16-Dic-14	17	10.8	12	14.6	13.6	12		13.6	0.9	2.2	C	
17-Dic-14	16.8	11.8	12.8	14.8	12.2	12.8		12	0.8	2.1	C	
18-Dic-14	15.2	11.6	12.2	14.8	12	12		12	0	0	C	
19-Dic-14	17	11.8	13	14.2	13	13		13	2.2	0	C	
20-Dic-14	16	11	12.6	15.2	12.6	12.2		12.6	0	0.5	C	
21-Dic-14	15.4	11.2	12	13.8	12.6	12		12.6	0	1	C	
22-Dic-14	15.4	11.9	12.4	12.8	11.8	12.4		11.8	3.5	1.1	C	
23-Dic-14	14.8	11.8	12.8	13	12	12.8		12	0	2	C	
24-Dic-14	16.8	11	11.6	15.6	13.2	11.6		13.2	0	3.6	C	
25-Dic-14	16	12	12.6	14.8	14	12.4		13.8	22.8	0	C	
26-Dic-14	20	11.8	12.8	19.8	13.6	12.8		12.4	7.8	32.2	C	
27-Dic-14	19	12	13	17	12.8	12		12.6	0	0	C	
28-Dic-14	17	12.8	13.6	16	11.8	13.6		11.8	3.2	2.8	C	
29-Dic-14	14	12.2	12.6	12.6	12	12.6		12	8.2	21	C	
30-Dic-14	14.2	11	12	12.4	12.4	12		12.4	0	1.5	C	
31-Dic-14	14.6	11	11.8	13.6	12.4	11.8		12.2	5.4	1.8	C	

Fuente: SENAMHI

Reporte pluviométrico de la EMC "Carpish" año 2015

ENERO - 2015												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Ene-15	17.2	11.2	12	15.2	13.8	12	15	13.8	4.5	-888	C	
02-Ene-15	14.2	12	12	13.8	12.2	12	13.8	12.2	9	9.8	C	
03-Ene-15	17	11	12	15.8	13	11.8	15.8	13	0.5	0.7	C	
04-Ene-15	14.8	10.2	11.8	14	12.2	11.8	14	12.2	23.4	9.5	C	
05-Ene-15	14.6	10.8	11.8	13	12	11.8	13	12	7.2	3.9	C	
06-Ene-15	15	10.4	11.8	13	12	11.8	13	12	5.9	-888	C	
07-Ene-15	17.2	10.8	11.8	14	12.2	11.8	14	12.2	0	3.5	C	
08-Ene-15	16.8	10.2	12.6	15.2	13.8	12	14	13.8	0	3	C	
09-Ene-15	15.2	12	12.4	14	12.4	12	14	12.4	5.3	13.6	C	
10-Ene-15	17.6	11	12.6	16.6	13	12.4	16	13	0.9	0	C	
11-Ene-15	18	11.2	12	17.6	13	11.8	16	13	8	4.5	C	
12-Ene-15	16.8	11.4	12	14.8	13	12	14.6	13	0.3	2.3	C	
13-Ene-15	19	11.8	12.4	16.6	14	12.4	15	14	0	0	C	
14-Ene-15	16.6	11.6	12.2	15	13.6	12.2	14.8	13.6	5.5	3.3	C	
15-Ene-15	20	10	11.2	19.4	14.4	10.4	16.8	14	10.4	0	C	
16-Ene-15	20.2	10.8	13.4	18.4	14.2	11	16.8	14	0	0	N	
17-Ene-15	16	11	12	16	14	12	15.8	13.8	0	0	C	
18-Ene-15	16.2	11.2	12.4	15.6	14	12.4	15	14	21.6	4	C	
19-Ene-15	15	11.4	12.4	13.8	12.2	12.4	13.8	12.2	10	3.2	C	
20-Ene-15	16.4	11	12.2	14.6	13	12.2	14.6	13	0.7	1.8	C	
21-Ene-15	15.6	11.6	12.4	14.8	13	12.4	14.8	13	0.6	3.2	C	
22-Ene-15	15.8	10.8	13	15.8	13.4	12.8	15.4	13.4	12	-888	C	
23-Ene-15	18	11	12.4	14.8	13.4	12	14.4	13.2	0.8	0.6	C	
24-Ene-15	17	11.4	12.6	16.6	13.6	12.6	15.8	13	0	5.3	C	
25-Ene-15	20.2	11.2	13	17.8	14	12.8	16.6	13.6	0	0	C	
26-Ene-15	20	11.8	12.4	18.8	14.2	12	17.2	14.2	6.4	8.4	C	
27-Ene-15	16.4	11	12	13.6	12	11.6	13	12	14.5	-888	C	
28-Ene-15	15.2	10.2	11.2	14	12	10.4	14	12	12.9	6.9	C	
29-Ene-15	17.8	11	12	16	13	12	15.8	12.8	0	0	C	
30-Ene-15	14	11.2	12.6	13	11.6	12	13	11.6	0	2.6	C	
31-Ene-15	14.2	11	11.2	13	11.8	11.2	13	11.8	10.2	20	C	

FEBRERO - 2015												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Feb-15	14.8	10.6	11	14.2	13	11	14.2	13	10.1	15.3	C	
02-Feb-15	18	10.8	12	16.2	14	11.2	15.6	14	0	6.1	C	
03-Feb-15	19	10.2	11.6	15.2	13.4	11.4	15.2	13.2	0	6.1	C	
04-Feb-15	20	11	11.6	17.6	14	11.2	16.8	14	0	2.1	C	
05-Feb-15	18	11.2	12.4	14.4	13.8	12.4	14.4	13	3.2	0	C	
06-Feb-15	19.8	11.2	12.8	16.6	13.4	11	15.8	13.4	0	0.6	C	
07-Feb-15	21.8	11.4	13	19.6	13	12	17.4	12.8	0	0	C	
08-Feb-15	14.6	12	13	12	12.8	12	12	12.8	0.8	13.9	C	
09-Feb-15	14.2	10.4	11	13.8	12.4	11	13.6	12.4	3.5	0.7	C	
10-Feb-15	18	11	12	13	12.6	12	13	12.6	1.8	5.1	C	
11-Feb-15	17	10	10.8	15.8	13.8	10.6	15.8	13.8	14.7	0	C	
12-Feb-15	18.6	10.6	11.4	16	13.8	11.4	15.2	13.6	0	0.5	C	
13-Feb-15	15	11.2	12.2	15.4	12.2	12.2	15	12	37.2	7.1	C	
14-Feb-15	16	11.6	12	14.8	13	12	14.8	13	0	6.1	C	
15-Feb-15	17.8	12.2	12.8	13.4	14.2	12.8	13.4	14.2	5	13	C	
16-Feb-15	16.4	12	13.2	14.8	12.8	13.2	14.2	12.4	0	1.2	C	
17-Feb-15	17	11.8	12.2	14.8	13.4	12.2	14.8	13	0	1.5	C	
18-Feb-15	17.6	12.2	13.4	16	14.2	13	15.6	14	0	0	C	
19-Feb-15	19.8	12	13	17.6	14.8	13	16.4	14.8	0	0	C	
20-Feb-15	15	12.2	12.8	14	12.8	12.8	14	12.8	4	0	C	
21-Feb-15	19	11	12.4	15.8	13.8	12	14.6	13.8	0	2.8	C	
22-Feb-15	14.8	9	14.2	13	12.8	14.2	12.8	12.8	12	0	C	
23-Feb-15	18	9.2	11.2	17	13.4	11.2	16.2	13.2	0	0	C	
24-Feb-15	16.8	10.4	12.8	15.2	14.8	12.8	14.8	11.2	2.9	20.2	C	
25-Feb-15	15.8	11	12.2	14	13.2	11.8	13.8	13.2	1	4.3	C	
26-Feb-15	19.8	11.8	12.8	14.8	13.2	12.8	14.8	14	4.9	10.2	C	
27-Feb-15	18	11	12	16.8	14	12	16	14	4.5	8.6	C	
28-Feb-15	18	11.2	12.2	17.2	12.8	12.2	16.4	12.8	0	1.5	C	

Fuente: SENAMHI

MARZO - 2015												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Mar-15	16.6	11.4	12.8	14.8	12.6	12.8	14.8	12.6	5.5	6.7	C	
02-Mar-15	19.4	11	12	15.6	14	11.4	15.6	14	22.4	0	S	2
03-Mar-15	15.8	10.8	11.8	14	13.4	11.8	14	13.2	3.2	5.6	C	
04-Mar-15	16	9	12.6	14.8	12.8	12.6	14.8	12.8	5.1	10	C	
05-Mar-15	17	10.2	12.4	14	14	11.4	14	13.8	5.2	0	C	
06-Mar-15	16.8	11.4	12.4	14	13.4	12.4	14	13.4	1.5	8.5	C	
07-Mar-15	16.4	11	11.8	15	13.8	11.8	15	13.8	30.2	3.4	C	
08-Mar-15	15.8	11.4	13	14.6	13	13	14.6	13	2.1	6.4	C	
09-Mar-15	19.4	10.8	11.8	15.2	14	11.6	15.2	14	16.7	16.4	C	
10-Mar-15	15.6	11.8	13	15.6	13.8	13	15.6	13.8	1.2	2.9	C	
11-Mar-15	20	12.2	12.8	17	14.8	12.6	17	14	0	0.6	C	
12-Mar-15	18	11.4	13	16	14.8	12.6	16	14.6	0	0.4	C	
13-Mar-15	19.8	12	13.2	16	13.8	13	16	13.4	0	0.3	C	
14-Mar-15	18	12.2	14.2	17.4	13	13.8	17.4	12.8	1.1	0.4	S	2
15-Mar-15	16.8	11.8	12.8	14.2	13.6	12.8	14.2	13	0	3.7	C	
16-Mar-15	17.8	11.6	13.8	15.8	14	13.8	15.8	14	0	3.9	C	
17-Mar-15	17.4	12	12.8	15.6	13.6	12.6	15.6	13.6	0	2.9	C	
18-Mar-15	17.4	11.8	13	15.8	13.8	12.6	15.8	13.6	2.9	10.1	C	
19-Mar-15	18.6	10.6	12.8	14.8	14.8	12.6	14.8	14.6	0	0	C	
20-Mar-15	20	11.4	12.6	15.6	13.8	11.4	15.6	13.6	0	0	C	
21-Mar-15	21.2	10.2	12.4	15.2	14.8	12.2	15.2	14.6	0	4.1	C	
22-Mar-15	17.4	11.2	12.8	15	13.4	12.2	15	12.8	0	0	C	
23-Mar-15	22	10.6	12	17.2	13.2	11.6	17.2	12.8	0	1.6	S	4
24-Mar-15	20.2	10.2	11.8	16.2	13.6	11	16.2	13.6	10	13.4	C	
25-Mar-15	17	12.2	11.8	16	13	11.8	16	13	2.4	1	S	2
26-Mar-15	17.2	12	12.8	15.8	12.2	12.6	15.8	12	0	0	C	
27-Mar-15	16.8	11.4	12	14.6	13	12	14.6	12.4	3.5	1.1	C	
28-Mar-15	18	12.2	12.6	16.2	12.8	12.6	16.2	12.2	0.3	9	C	
29-Mar-15	19	11.4	13	15.2	13	13	15.2	13	62.7	0	C	
30-Mar-15	18.2	12	12.8	16	13.8	12.8	16	13.6	1.6	2.4	C	
31-Mar-15	22	12.2	13	16.6	13.4	13	16.6	13.4	2.3	2.8	C	

ABRIL - 2015												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Abr-15	14.8	10.6	11.8	13.6	14.2	10.6	13.6	11.6	36.5	2.9	C	
02-Abr-15	18.8	11.4	12	16.2	13.4	11.4	15.6	13.2	0	2.2	C	
03-Abr-15	21.6	12	14	19.8	14.8	12.6	19	14	0	0	C	
04-Abr-15	17.4	12.4	13.6	16.8	12	12.6	15.8	12	5	1.8	C	
05-Abr-15	21.8	10.8	11.2	18.4	13.8	11	17.2	13.6	4.2	0	C	
06-Abr-15	17	11.2	12.6	16.6	13	12.6	16.4	13	0.9	4.3	C	
07-Abr-15	16.2	11.6	12.8	14.6	12.6	12.8	14.6	12.4	2.6	2.8	C	
08-Abr-15	20.2	11	11.6	19	15	11.6	18.2	14.8	1.8	0	C	
09-Abr-15	19.2	10.4	13.6	16.2	13.8	13.6	16.2	13.8	13.6	5.1	C	
10-Abr-15	15.2	11	11.2	13.4	12.2	11.2	13.4	12	9.7	14	C	
11-Abr-15	17.2	11.2	11.6	14.8	12.6	11.2	14.6	12.6	0	0	C	
12-Abr-15	16	10.4	12	13.6	12.4	12	13.6	12	34.9	19.5	C	
13-Abr-15	20.2	10.6	11.6	15.8	13.6	11.6	17.2	13.6	0	0	C	
14-Abr-15	18	11	12.4	17.2	13.4	12.4	16	13.4	0	0	C	
15-Abr-15	19	9.2	12.4	16.2	14	12	15.4	13.6	0	1.1	C	
16-Abr-15	21	7	13	18.6	13.8	11	16.2	13.8	4	0.4	C	
17-Abr-15	19	11	12.4	12	13.6	12.4	11.4	13.6	1.7	0	C	
18-Abr-15	19.6	11.2	12.8	17	12.6	11	15.6	12	0	0	C	
19-Abr-15	20	11.4	12.4	17	13	12.4	16	13	3	0.6	C	
20-Abr-15	18.8	10.8	12.2	16	13.2	12	15.4	13.2	1.2	4.2	C	
21-Abr-15	18	11	12.2	16.8	11.2	12.2	15.8	11.2	3.2	2.8	C	
22-Abr-15	20.2	10.2	14.2	15.2	13	11.2	14.2	13	0.3	0	C	
23-Abr-15	19.8	11.6	12.6	18	14.6	12	17	14	0	13	C	
24-Abr-15	20.2	10.8	11.8	17.2	14	11.6	16.2	14	7	0	C	
25-Abr-15	20	11.8	12.6	17.2	13	12.6	16.2	13	0	18	C	
26-Abr-15	21.4	11.2	12	18.4	14	12	16.8	13.8	0	0	C	
27-Abr-15	22.2	11.8	12.8	19	14.2	12.8	18.2	14.2	0	0	C	
28-Abr-15	20	11.2	12	17.2	13	12	16.2	13	0	10	C	
29-Abr-15	14.6	12	12.6	14	12.2	12.6	14	12.2	3.6	14	C	
30-Abr-15	21	10.4	11.4	19	14	10.8	16.8	14	0	0.4	C	

Fuente: SENAMHI

MAYO - 2015											
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-May-15	18.8	11	12	16.6	14	11.8	16	14	5.6	0	C	
02-May-15	17.6	12	12.8	15	13.4	12.8	15	13.4	1.9	2.9	C	
03-May-15	17	11.2	12	14	13.2	11.4	14	13.2	5	2.7	C	
04-May-15	17	11	11.6	16	13.6	11.4	15.4	13	17.9	0	C	
05-May-15	15	11.2	11.8	14	12.8	11.8	14	12.8	0	0	C	
06-May-15	15.8	11.4	12	14.2	13	12	14.2	13	8	0	C	
07-May-15	16	11.2	12.2	14.8	13.2	12.2	13.8	13	4.8	0	C	
08-May-15	14.8	11	12	15	13.8	12	15	13.2	0	13	C	
09-May-15	21.8	11.2	11.6	19.8	15	11.4	18	14.6	0	0	N	2
10-May-15	21.2	11	11.8	19.2	13.6	11.8	18	13.6	0	10.3	C	
11-May-15	18	11.2	13.2	16.2	13.2	13	15.4	13	0	15.1	C	
12-May-15	20.2	11	12	19	14.6	11.2	17.8	14	0	6.4	C	
13-May-15	20	11.4	12	18.6	14.2	12	16.6	14	10.2	0	C	
14-May-15	14.8	11	12	13.8	13	12	13.8	13	8.4	5.5	C	
15-May-15	18	11	12	15.2	12.4	12	15.2	12.4	4.6	9.6	C	
16-May-15	14	10.2	11.2	12.6	12	11.2	12.6	12	22.7	4.3	C	
17-May-15	15.2	9.2	10.4	14	12.2	9.4	14	12.2	4	5.4	C	
18-May-15	20	9.8	12	18.6	14.2	11	15	14.2	10.8	0	C	
19-May-15	22	11	13	19.8	14.6	11	17.6	14.6	0	0	C	
20-May-15	19	11.8	11.4	15.2	13	11.4	14.4	13	5.2	2.6	C	
21-May-15	21.2	10.8	11.2	20.6	15	10.8	18.2	14.6	0	0	N	2
22-May-15	20	11.2	12	18.8	14	11.2	17.6	14	0	0	C	
23-May-15	19.8	11.2	12	16.6	13.2	11	15	13.2	4.4	0.4	C	
24-May-15	20	11	12	19.2	13.4	12	16.6	13.4	0	0	C	
25-May-15	21.2	11	11.6	20.2	14	11.4	18.6	14	13	0	C	
26-May-15	20.6	11.2	12	18.8	13.6	12	16	12.2	0	1.9	C	
27-May-15	18.2	11.4	12.2	16	14	11.8	15.8	14	1.6	1	C	
28-May-15	21	11.8	12.4	19	13.6	12.2	16	13.2	0	1.1	C	
29-May-15	17	12.2	13.2	15.6	11.8	13.2	15.6	11.8	0	0	C	
30-May-15	19.8	11	12.8	15.8	13.2	12.8	15.8	13.2	0	0	C	
31-May-15	22	11	12.4	21.2	14.6	12	18.6	14.6	0	0	C	

JUNIO - 2015											
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Jun-15	22.2	11.4	11.6	15.8	13.4	10.4	15.8	13.4	0	0	C	
02-Jun-15	17	11.6	12.4	15.8	14.6	12.4	15.2	14.6	0	0	C	
03-Jun-15	20.6	10.8	13.2	15.6	10	11.2	15.6	10	0	0	C	
04-Jun-15	18.8	11.2	11.8	17.6	13	11.2	14.6	13	0	0	C	
05-Jun-15	22.2	10.6	12.6	19.2	15	12.4	17.6	14.6	0	0	N	2
06-Jun-15	20.2	10	13	18.6	13.8	12.6	16.6	12.6	0	0	C	
07-Jun-15	22.8	10.8	12	18.4	14.8	10.6	16.4	14.2	0	0	C	
08-Jun-15	21	10.2	12	20.3	13.8	10.2	16.8	12.2	0	0	C	
09-Jun-15	14.8	11	12	13.8	11.8	12	13	11.8	0.2	0	C	
10-Jun-15	19.8	10	11.6	16.8	13.8	11.6	15.8	13.6	0	0	C	
11-Jun-15	16	10.2	11.4	14.8	12	11.4	14.2	11.6	0.9	0	C	
12-Jun-15	22	11	12	18.6	14.8	12	17.8	14.6	0	0	C	
13-Jun-15	22.8	10	12.4	17.6	15	11.4	15.8	14.6	1	0	C	
14-Jun-15	21.8	10.8	12.6	21	13.6	11.8	17.6	13.6	0	0	C	
15-Jun-15	20.4	10.8	12.6	18	13.8	11.6	17.6	13.8	0	0	C	
16-Jun-15	20.2	10	12.2	19.2	14	11.4	17	13.6	0	0	C	
17-Jun-15	20	10.4	11.4	18.2	13.8	10.4	16	12.6	0	0	C	
18-Jun-15	19	10	11.2	16.2	14.2	10.2	15	13.6	0	0	C	
19-Jun-15	18	11	12	15.8	13.6	12	14.8	12.8	6.7	20.2	C	
20-Jun-15	20	9.4	10	16.6	13	9.6	15.6	12.4	0	0	C	
21-Jun-15	20.8	8.8	10	17.2	13.8	9	15	13	0	0	C	
22-Jun-15	20.8	8.2	10.4	18	14	9.4	16.2	13.6	0	0	C	
23-Jun-15	20.2	8.4	10.2	19.2	15	9.4	17.4	14.2	0	0	C	
24-Jun-15	20	8.8	10.2	18.2	14.2	9.2	16.2	13.2	0	0	C	
25-Jun-15	17.2	10.2	11	16.8	13.8	11	15.8	13	0	6.2	C	
26-Jun-15	19	10.4	11.2	17.6	13.6	11	15.8	13	0	6.4	C	
27-Jun-15	20.2	10.2	11.4	19	12.6	11.4	18.2	11.2	3.3	0	C	
28-Jun-15	20	10.8	11.6	18.2	14.4	8.6	15.6	13.6	0	0	C	
29-Jun-15	20.2	9.6	11.2	18	14.4	8.4	16.2	13.8	0	0	C	
30-Jun-15	20.4	9	11	18.4	13.8	10	16	13	0	0	C	

Fuente: SENAMHI

JULIO - 2015												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Jul-15	19.8	10.2	11.6	17.8	14.8	11.6	15.2	13.2	0	0	C	
02-Jul-15	17.4	10.4	11.4	15.8	12.8	11	14.6	12.4	0	0	C	
03-Jul-15	17.8	10.2	11.6	16.4	13	10.6	15.6	12.8	0	0	C	
04-Jul-15	16	10	12	15.2	12.6	11	14.6	12.4	0	1.2	C	
05-Jul-15	13.2	9.6	11.2	12	10.4	11.2	12	10.2	6.4	8.8	C	
06-Jul-15	14.2	9.8	11	13	12.8	11	13	12.8	0	6.2	C	
07-Jul-15	20.4	11	10.6	19.6	14.4	10.6	17.4	14.2	5.5	0	C	
08-Jul-15	19.8	8.8	10	18.8	12	9.8	16.8	11	0	0	C	
09-Jul-15	20	9.4	10.2	19.8	13.6	9	16.8	13.2	0	0	C	
10-Jul-15	21.8	10	10.4	18.6	13.8	10	18.8	13.8	0	0	C	
11-Jul-15	22	10.2	11.6	21.2	13.6	11.4	17	13	0	0	C	
12-Jul-15	18	10	10.6	15.2	13	10.4	14	12.4	0	0	C	
13-Jul-15	19.8	10.2	11.6	18.6	13.6	11.2	16.4	13.4	0	0	C	
14-Jul-15	18.8	10	10.8	16.8	12	10	14.8	11	0	0	C	
15-Jul-15	17.6	10.2	11	16.4	12.4	10	15.6	12.2	0	0.2	C	
16-Jul-15	18.6	10	11.4	16	13	11.4	14.2	12.6	2.4	0	C	
17-Jul-15	18	10.2	11	17.6	13	11	16.6	13	2.3	4.8	C	
18-Jul-15	18.8	10.4	11	18	13.6	11	17.6	13.4	0	0	C	
19-Jul-15	21.2	9.8	10.4	20	13	9.6	17.2	12.8	0	0	C	
20-Jul-15	21	9.4	10	20.2	14	9.8	17.8	13.6	0	0	C	
21-Jul-15	22	9.8	11.6	20.6	14.6	9.8	16	14.2	0	0	C	
22-Jul-15	20	9.2	11	19.6	13.6	10.4	17.4	13.2	0	0	C	
23-Jul-15	19	10	9.8	18.8	12.2	9.2	16.2	12.2	0	0	C	
24-Jul-15	18.6	11.2	10.2	18.4	13.2	9.8	17.6	13	4.2	0.3	C	
25-Jul-15	21	9.4	10.6	20.6	13.8	9.6	18.4	13.4	0	0	C	
26-Jul-15	20.2	9.6	11	19.6	13	10	17.4	13	0	0	C	
27-Jul-15	20	10	12.2	19	13.8	11.2	16.8	13.2	0	0	C	
28-Jul-15	21.2	9.4	11.2	20.4	14.2	11	18.6	14	0	0	C	
29-Jul-15	20.2	10.2	11	18.8	12.8	10.2	16.2	12.6	0	1.3	C	
30-Jul-15	21.2	9.2	12	20.2	14.2	10.6	17.8	13.8	0	0	C	
31-Jul-15	19	9.8	10.2	18.6	12.2	10	16.2	12	0	0	C	

AGOSTO - 2015												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Ago-15	21.6	10	12	20	14	11.6	17.4	13.6	0	0	N	4
02-Ago-15	22.2	9.4	11	20.2	12.2	9.8	18	11.6	0	0	S	4
03-Ago-15	22.8	9.4	11.8	19.8	13.2	9.6	16.8	13	0	0	W	2
04-Ago-15	21.4	10	12.6	20.6	13.4	11.6	17	13.2	0	0	C	
05-Ago-15	22.4	9.8	11.8	20.8	14.2	9.8	17.6	12.8	0	0	N	4
06-Ago-15	22	9	11.8	21	14.8	9.4	18.2	14	0	0	C	
07-Ago-15	20.2	10	11.8	18.8	14.8	11.4	15.8	14.2	0	0	N	4
08-Ago-15	21.8	9.8	12.6	20.2	15	11.4	16.6	14.2	0	0	S	2
09-Ago-15	22.2	10	12.6	14.6	14.6	11.6	17	13.4	0	0	W	2
10-Ago-15	22.4	9.8	10.4	20	14.6	10	16.8	13.4	0	0	C	
11-Ago-15	21.8	9.4	11	20.6	14	10	17.2	13.6	0	0	SE	2
12-Ago-15	20.6	10	10.4	19.6	14.8	10.4	18.2	14	17.4	0	S	4
13-Ago-15	22.8	9.2	11.8	21.2	15	9.6	15.6	14.6	0	0	S	2
14-Ago-15	21.6	10	12.6	20.2	14	11.4	16.2	13.8	0	0	C	
15-Ago-15	22	11	12.8	21	14.8	11.8	18.6	14.2	0	0	C	
16-Ago-15	19.8	10.2	12.4	16.2	13.2	11.6	15.4	12.6	0	0.8	C	
17-Ago-15	20.8	10.8	12.2	18.8	12.8	11.4	16.4	12.6	36	0	N	2
18-Ago-15	21	10.4	12.2	19.6	14.2	10.4	15.4	13.6	0	0	S	2
19-Ago-15	22	9.8	11.6	21.2	14.6	10	16.8	13	0	0	C	
20-Ago-15	22.6	10	13	21	14.8	11.2	16.8	14.2	0	0	N	2
21-Ago-15	21.8	9	13.2	20.4	14	11.2	17.4	13.2	0	0	N	4
22-Ago-15	21.6	9.8	12.2	20	14.4	10	17.4	13	0	0	S	2
23-Ago-15	20.8	10	12.8	19.6	14	11.2	15.5	13.2	0	0	C	
24-Ago-15	23	8.2	12.2	19.8	15	9.4	16	14.6	0	0	N	4
25-Ago-15	21.8	10	12.8	19.8	14.6	11.2	15.4	13.6	4.7	0	C	
26-Ago-15	21	10.2	12.6	20.2	13.4	10.8	16.2	13	0	0	SE	4
27-Ago-15	22.6	11	12	21.8	14.4	11.4	19.6	14	0	0	W	6
28-Ago-15	23	10.2	12.6	21	14	11.2	17	13	0	0	W	6
29-Ago-15	22.6	10	12.2	20.6	15.2	11.6	16.8	13.8	0	0	SE	6
30-Ago-15	22	9.8	10.4	20	14.8	10.2	16.4	13.6	0	0	S	4
31-Ago-15	22	10	13	19.6	13.8	10	15.2	12.6	0	0	C	

Fuente: SENAMHI

SEPTIEMBRE - 2015												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Sep-2015	20.8	9	12	19.6	14.8	9	17	13.8	0	10.2	C	
02-Sep-2015	20	10	12	19	14.2	11.2	17.2	14	0	2	C	
03-Sep-2015	22.2	10.4	12.4	21.4	15.2	11.6	18	14.4	0	0	C	
04-Sep-2015	19.4	10	11.8	18	13.8	10.6	17.2	13.2	0.2	4.5	C	
05-Sep-2015	21.6	11	11.8	21	13.8	11.4	17.6	13.2	0	0	W	6
06-Sep-2015	21.6	10	11.8	20.6	13.6	11.6	18.8	13.4	0	0	C	
07-Sep-2015	20.6	10.4	11.8	18	14.2	11.2	16.6	13.8	0	0	N	2
08-Sep-2015	19.6	11	12.8	12.2	13	11.8	16	12.6	0	0	C	
09-Sep-2015	20	10.6	12.4	18.6	13.8	11.2	16.8	13	0	0	C	
10-Sep-2015	18	11.8	13.6	16.2	13.4	12	15	13.2	0	0	C	
11-Sep-2015	19.8	10.4	12	17	13.4	11.6	15.6	11.8	0	0	C	
12-Sep-2015	21.2	10.6	11.6	20.6	15.4	10.2	17.6	14.2	0.2	2.6	C	
13-Sep-2015	20.6	11.2	12.8	19	14	12.8	17.2	13.6	0	0	C	
14-Sep-2015	18.4	10.8	13.6	17	12.8	12.4	16.8	12	0	0		2
15-Sep-2015	20.8	9.8	11.2	19.6	14.2	10.8	16.8	11	0	0	N	2
16-Sep-2015	21.6	10.4	12.4	21.4	14.6	12	15	14	0	0	N	4
17-Sep-2015	16.8	11.6	13.4	15	13	13	14.6	12.4	0	0	S	
18-Sep-2015	19.2	10.8	12.6	16.4	13	11.4	15.2	13	0	0	C	
19-Sep-2015	20.2	11	12.8	19.8	14	12	16	13.6	0	0	C	
20-Sep-2015	21.4	10.8	12	20.2	15	10.2	16.8	14.6	0	-888	W	2
21-Sep-2015	21.8	10.4	12	20	15.2	11.8	17.6	14	0	0	S	4
22-Sep-2015	20.8	11	12.6	19.4	14	11.8	17.2	13.6	0	0	C	
23-Sep-2015	18	11.2	13.2	16.8	13	12	16.2	12.6	7.6	0	C	
24-Sep-2015	17.6	10.8	12.2	16.2	13.6	11	15.4	13	8.8	0.6	S	2
25-Sep-2015	22	10.4	12.8	21.2	14.6	11.8	16.6	13.2	0	0	N	6
26-Sep-2015	20.4	11	12	19.2	13.6	11	17.2	13	0	0	C	
27-Sep-2015	22	10.4	12	20.2	13.6	11.6	17	13.4	0	0.9	S	2
28-Sep-2015	16.2	10	12	15.6	12	11.4	14.6	11.6	0	5.5	C	
29-Sep-2015	17.8	10.2	11.2	16	13.6	10.4	15.6	12.6	0	0.8	C	
30-Sep-2015	22.2	10.4	11	20	13.4	11	10.2	13.4	0	-888	C	

OCTUBRE - 2015												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Oct-15	17.6	11	11.4	15.2	12.8	11.4	14.8	12.4	-888	1.2	C	
02-Oct-15	20	10.2	12.2	19.6	13.2	11	17.6	13	0.8	5.8	C	
03-Oct-15	21.8	10.4	11.4	20.6	12.8	11.4	18.2	12.6	10.2	7.6	C	
04-Oct-15	18.6	10.6	12.8	16	13	12.4	15.2	12.6	0	0	N	4
05-Oct-15	20	11.6	13	18.6	13.2	12.6	16.8	13	5.6	1.9	C	
06-Oct-15	18	12	12.8	15.8	13	12.6	15.8	13	0	14.4	C	
07-Oct-15	20.8	11.4	13	19	14.6	11.8	17.2	14	0	1	C	
08-Oct-15	21.8	11.6	13	20	14.8	12.2	18	13.8	0	0	C	
09-Oct-15	22.2	12	13.4	21.2	14.8	12.2	17.6	14	0	0	C	
10-Oct-15	23.6	11.8	13	21.6	15.2	12.8	18.4	14	0	0	C	
11-Oct-15	20.8	12	13.4	19.6	14.6	13.2	17.8	13.4	0	1.9	C	
12-Oct-15	21.2	11.8	13.2	19.8	13.6	13.2	17.2	13.4	0	0	C	
13-Oct-15	22.2	11	12.6	21.6	15.2	11.2	18	14	0	0	N	2
14-Oct-15	21.4	11.2	14	20	14.8	12.8	16.2	14	0	0	C	
15-Oct-15	22	10.2	12.8	20.6	15.2	11.6	17	14.2	0	19.1	S	4
16-Oct-15	19	10.8	12.6	16.8	12.8	11.2	14	12.2	0	0	C	
17-Oct-15	18.2	11.2	11.8	16	12.2	11.2	15	12	0	0.4	C	
18-Oct-15	18	10	12.8	15.6	14	11.6	14.8	14	12.4	2	N	2
19-Oct-15	21.2	10.8	13	21.6	13.2	12.6	17.2	13.2	0	6	W	4
20-Oct-15	22	10.2	13	21.4	14	13	17	13.6	0	0	N	4
21-Oct-15	19	11.2	13	14	13.8	13	14	13.2	0	0	C	
22-Oct-15	21.8	11.8	12.2	20	14.8	12	17.2	14	0	0	S	2
23-Oct-15	23	11.2	13.6	21.4	15	13	18	14.6	0	8.2	S	2
24-Oct-15	18.6	11	13.4	15.8	14	12.8	15.6	13.6	2	7.7	C	
25-Oct-15	16.8	10.6	11.8	15.8	12.8	11.2	15.8	12.6	6.7	10	C	
26-Oct-15	18.6	10.8	13	15.8	13.6	10.8	15.6	13	0	4.6	C	
27-Oct-15	20.6	10.4	12.8	19.6	13.6	12.4	16.8	12.8	0	3.2	C	
28-Oct-15	21.6	11.4	13.6	20.6	14	11.4	17.2	13	0	0	C	
29-Oct-15	20	11	13.6	15.6	13.2	13.4	15.2	13.2	0	11.8	C	
30-Oct-15	17.6	11.8	12.4	15	14	12	14.8	14	0	1.4	C	
31-Oct-15	16.8	11.6	13.2	14.2	12.8	12.6	14.2	12.6	0	-888	C	

Fuente: SENAMHI

NOVIEMBRE - 2015												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Nov-15	17.4	10.8	12	15.8	13.2	11.8	15.8	13	0.7	2.2	C	
02-Nov-15	18.2	12	14	17.6	13.4	12.2	16.8	13.2	0	-888	C	
03-Nov-15	19.8	10.8	11.8	16.8	13	11.2	15.6	12.8	0	1.2	C	
04-Nov-15	20.8	11.2	13.6	19.2	14	12	17.8	14	0	0	C	
05-Nov-15	19.6	11.4	13.4	17.2	12.8	12	16	11.6	0	0	C	
06-Nov-15	18	11.8	12.2	16	12.6	12.2	15.8	12.6	6.2	6	C	
07-Nov-15	17	11.6	12.2	15	14.6	11.8	14.8	14	0.2	4.2	C	
08-Nov-15	18.8	11.8	13.4	17.6	14.2	12.4	16.8	14.2	3.1	10.2	C	
09-Nov-15	15.2	11	12.6	13.8	12.6	12.6	13.6	12	30.4	15.3	C	
10-Nov-15	19	11.2	13	17	13.2	12.4	15.8	13	0	1	C	
11-Nov-15	21	11.4	12.2	19.8	13.8	12	16.2	13.6	0	0	N	2
12-Nov-15	17.8	12	13.6	15.8	13	13.6	15	12.8	24.5	2.2	C	
13-Nov-15	19	11.6	13.8	16.8	13.6	13	16	13.4	0	2.7	C	
14-Nov-15	20	12	13	16	14.2	12.6	15.2	13.6	0	1.6	C	
15-Nov-15	18	11.8	14.8	16.6	13.8	13.4	15.8	13.6	10.9	0	N	2
16-Nov-15	18.6	11.4	13.2	15.8	12.6	12.6	15	12.6	6.9	0	N	4
17-Nov-15	19.2	11	13	18	13.6	12.6	17.2	13	6.7	1	C	
18-Nov-15	21	10.8	12.8	20.2	14.8	11.6	18.4	14	9.6	0	C	
19-Nov-15	20	10.8	13	19.6	14.8	12.8	17.8	13	0	0	C	
20-Nov-15	22	13	15	19.8	14.8	14.8	17	14	0	0.2	C	
21-Nov-15	24.2	12.8	15.8	22	16.2	14.8	19.2	16	9.5	0	C	
22-Nov-15	22.4	11.8	13	21.6	15.2	14.6	17.6	14.4	10	0.2	S	2
23-Nov-15	20	12	14	19.6	14.6	13.8	17.4	14.2	0	0	C	
24-Nov-15	22	12.6	13.6	21.2	15.6	13	18.6	14.6	0	0	S	2
25-Nov-15	20.8	12	14.6	20.8	15	13.6	19.2	14.6	0	0	C	
26-Nov-15	24	11.8	13.4	21.8	15.2	12.6	18	14.2	0	0	W	4
27-Nov-15	21.4	12.8	14	20.6	13.6	14	18.6	13.6	0	6.1	C	
28-Nov-15	23	12.6	13	20	14.6	12.8	17	14	0	0	C	
29-Nov-15	24	12.4	13.2	20.6	15	13	17.6	14	0	0	C	
30-Nov-15	17.8	13	14	15.2	13	14	15.2	13	12.8	22.7	N	2

DICIEMBRE - 2015												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Dic-15	20	12	13	19.2	13	12.6	17.6	13	20.4	12.8	C	
02-Dic-15	22.6	10.2	12.8	20.8	15	11.4	17.6	14.6	0	20.4	C	
03-Dic-15	22	9.8	12	21	15.2	11.2	18	14.2	0	0	N	2
04-Dic-15	20	11.4	12	19	14.8	11.6	17.6	13.6	0	0	W	4
05-Dic-15	18	8	14.8	16	12.6	13.4	15	12	0	0	C	
06-Dic-15	19	10.6	12.8	18	13.2	11.4	15.2	13	0	0	C	
07-Dic-15	19	12.2	12.6	18.8	14	12.4	16.2	13.6	0	1.6	C	
08-Dic-15	20	11.6	12	18.6	13.4	12	17.6	13.2	0	0	N	4
09-Dic-15	17	12	13.2	14	13.8	13.2	14	13.6	10.4	2	C	
10-Dic-15	22.2	10.4	12	20.8	15.2	11.8	17	14.6	0	0.2	C	
11-Dic-15	22	10.2	11.2	20.4	14.8	11.2	18.2	14	28.6	0	W	2
12-Dic-15	20.6	10.6	12.8	15.2	14.8	11.6	15	14	10.8	4.7	C	
13-Dic-15	21.8	11.6	13	19.8	14.2	12.6	18.6	13.8	0	0	C	
14-Dic-15	20.8	12	13.8	19.6	14.8	12.8	17	14.6	-888	0	C	
15-Dic-15	19.8	11	13	16	13.2	12.6	15.2	13	0	3.6	C	
16-Dic-15	22.6	11.8	12.8	19.6	14.8	12.4	17.4	14.2	1.1	5.2	C	
17-Dic-15	19.8	12	12.6	16.8	13.6	12.4	16	13.6	6.4	0.4	C	
18-Dic-15	15.6	12	14	12	13.4	14	12	13.4	28.3	13.6	C	
19-Dic-15	15	11.4	12.8	14	12	12.6	14	12	12.6	5.8	C	
20-Dic-15	19.8	11.2	13	16.2	14	12.6	15	14	0.1	0.2	C	
21-Dic-15	17.6	11.8	12.4	14.8	13.6	12.4	14.8	13.6	16	0.8	C	
22-Dic-15	18.8	12	13	15.2	13.8	13	15	13.8	6	0.6	C	
23-Dic-15	16.8	10.8	13.4	14.8	12.6	13.2	14.8	12.6	6.2	23.9	C	
24-Dic-15	16.4	11.6	12.6	15.6	13	12.4	15.6	13	8.9	6.8	C	
25-Dic-15	17.8	11	12.6	16.8	13.8	12	15.6	13.8	0	10.5	C	
26-Dic-15	17.8	11.4	14.6	15.6	13.6	14.6	14.2	13.2	0.5	8.2	C	
27-Dic-15	17	11.8	13	15	12.8	13	15	12.8	10.4	27.2	C	
28-Dic-15	16.8	12	14.2	14.6	12	14.2	14.6	12	15.2	7.2	C	
29-Dic-15	17.8	12.2	12.8	16	13.4	12.8	15.8	13.4	12.6	8.2	W	2
30-Dic-15	18	11.4	13.2	17	13.8	13.2	16.2	13.6	0	1.1	S	2
31-Dic-15	17.8	12.8	13.6	16.4	14.2	13.4	16	14.2	0	1.2	C	

Fuente: SENAMHI

Reporte pluviométrico de la EMC "Carpish" año 2016

ENERO - 2016 (EMC-HUANUCO)												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Ene-16	29	13.9	14.4	28.3	20.1	13.6	19.7	17.1	0	0.1	NE	8
02-Ene-16	29.3	13.6	13.9	28.6	22.3	13.3	18.1	16.1	3.5	0	NE	8
03-Ene-16	30.3	17.4	17.6	29.9	22.9	16.1	17.7	16.3	0	0	NE	8
04-Ene-16	28.9	18	18.9	28.4	23.6	16.3	18.1	16.6	0	0	N	6
05-Ene-16	29	15.7	18.3	28.6	20.1	15.6	18.5	15.2	0	0	NE	8
06-Ene-16	29.5	17.1	17.9	28.8	22.7	16	18.3	16.9	0	0	N	6
07-Ene-16	29.1	17.5	18.8	29	21.6	16.5	19.1	17.1	0	0	NE	8
08-Ene-16	31.1	14.9	15.2	30.4	23.6	14.4	20.2	17.9	0	0	NE	6
09-Ene-16	31.5	17.7	19	30.7	24	17.4	19.2	18.2	1.6	0	NE	8
10-Ene-16	31.3	18.7	19.1	30	23.4	16.9	19.6	17.1	0	-888	NE	6
11-Ene-16	28.7	18.2	19.4	27.7	22	16.5	18.4	16.6	0	0	N	8
12-Ene-16	25.7	17.2	18	24.8	21.2	17.1	17.4	16.8	3.6	0	NE	8
13-Ene-16	29.7	17.9	18.6	29.6	24	16.5	19.4	17.6	0.1	0	NE	8
14-Ene-16	30.3	17	18.3	28.6	24.2	16.4	19.4	18.1	0	0	NE	8
15-Ene-16	27.3	18.9	19.8	24.9	22.2	17.1	18.2	17.1	0	0	N	8
16-Ene-16	29.7	15	16.9	28.9	23.2	15.3	18.9	17.6	0	0	NE	6
17-Ene-16	29.3	18.9	19.5	25.6	23.9	17	18.2	17.6	0	0	NE	8
18-Ene-16	29.1	17.9	18.5	26.8	23.4	16.8	18.8	17.4	0	0	NE	8
19-Ene-16	28.3	18.5	18.6	28.1	22.1	17.1	18.4	17.3	0	0	NE	8
20-Ene-16	26.5	16.4	17.1	25.1	22.6	16	17.9	16.3	11.2	0	N	8
21-Ene-16	28.1	14.8	15.1	25.7	23.8	14.5	17.1	16.9	0	0	NW	6
22-Ene-16	29.1	17.2	18	27.4	24.1	16.6	17.1	16.5	0	0	NE	8
23-Ene-16	30.1	14.2	14.9	29.6	24.6	14.1	17.9	17.2	0	0	NE	6
24-Ene-16	30.6	15.1	15.9	29.5	25.3	14.6	17.4	17.4	0	0	NE	8
25-Ene-16	29.1	16.5	17.8	28.7	23.7	15.9	18.7	16.7	0	0	NE	8
26-Ene-16	28	17.8	18.6	25.4	23.4	15.6	17.9	16.9	0	2.2	NE	6
27-Ene-16	29	16.7	17.9	27.5	23.4	15.9	18.5	17.2	0	0	NE	6
28-Ene-16	25.7	18.5	18.9	24.8	21.8	16.1	17.7	16.8	0	0.3	N	2
29-Ene-16	28.7	17.6	17.9	28.1	22.9	16.6	19.1	17.3	0.5	-888	NE	8
30-Ene-16	27.6	17	17.3	24.9	19	16.7	18.6	16.9	1.2	2	NE	8
31-Ene-16	23.5	17.1	17.3	21.9	21.1	16.2	18	16.8	0.2	3.5	NE	6

FEBRERO - 2016												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Feb-16	15.8	12	13.2	14	12.6	13.2	14	12.6	38.2	0.2	C	
02-Feb-16	17	11	12.8	15.6	13.8	12	15	13.8	12	16.3	C	
03-Feb-16	16.8	11.6	12	15	14	11.8	15	14	18.4	1.1	C	
04-Feb-16	18.8	11.4	12.2	17	13.4	12.2	16.6	13.4	2.5	13.2	C	
05-Feb-16	18.44	12	13.4	17.6	14	13.4	17	14	2.5	4.2	C	
06-Feb-16	16	12.2	13	15	14	13	14.2	14	4	5	C	
07-Feb-16	15.8	12.4	13	15	13.8	13	15	13.8	4.5	9.1	C	
08-Feb-16	18.8	11.4	13.4	16.8	14	13.4	15.6	13.6	0	0	C	
09-Feb-16	17	11.6	13.8	16	14	13.8	16	14	13.8	28.8	C	
10-Feb-16	21.2	12	13	14.4	14.6	13	14.2	14.4	34.6	14.5	C	
11-Feb-16	16	11.8	13	15.8	13.2	12	15.2	13.2	0	6.3	C	
12-Feb-16	17	12.2	12.2	16	13.4	12.2	14.8	13.4	4.2	0	W	4
13-Feb-16	16	12	13.2	14.8	13.2	13.2	14.8	13	1.5	2.4	N	2
14-Feb-16	20.2	12	13.6	19	14.6	13.6	17.2	13.8	0	0	C	
15-Feb-16	22	12.8	13.2	20.6	15.4	13.2	17.8	14.6	9.7	0	E	2
16-Feb-16	23	12.6	14	21.2	15	13.6	18.6	15	7.5	10.3	C	
17-Feb-16	20	12.8	13.6	18.8	13	13	17.4	13	30.2	7.8	N	2
18-Feb-16	20	12	13.2	18	14.6	13	16.6	13.2	0	0	C	
19-Feb-16	24	11.4	12.4	20	16.6	11.8	19	16	0.8	0	E	2
20-Feb-16	18	12.2	14.4	16.8	13.8	14.4	15.8	13.6	0	1.5	E	2
21-Feb-16	18.8	12	14	17.8	14.2	14	16.6	14	0.5	7	C	
22-Feb-16	19	12.2	13	16	13	13	15.8	13	2	2.8	C	
23-Feb-16	18.6	11.8	12.8	15.8	13.6	12.8	15.6	13.4	4.6	2.4	N	2
24-Feb-16	17.6	13	13.4	14.8	13.2	13.4	14	13.2	8.4	3.6	W	4
25-Feb-16	17.2	12	13	15.6	14	12.8	14.6	14	4.2	-888	E	2
26-Feb-16	19.8	12.2	14	16.4	13.4	14	15	13.4	0	10.2	C	
27-Feb-16	18	13.8	14.4	16	13	14.4	14.6	13.4	48.8	5.1	C	
28-Feb-16	20.4	13	13.4	18	15.2	13.4	15.8	15.2	0	38.4	C	
29-Feb-16	24	12.2	16	20.8	15.6	12.4	18	15.6	2.4	0	C	

Fuente: SENAMHI

MARZO - 2016												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Mar-16	21	13	13.4	18	14.8	13.4	16.8	14.8	5.9	-888	C	
02-Mar-16	19.8	12.4	13	18	15.8	12.8	17	14.8	0	0.7	C	
03-Mar-16	19.8	12.8	14.4	18.4	13.6	14.2	17	13	3	9.2	C	
04-Mar-16	22.8	13	15	21.2	15.8	14	18	14.6	7.1	0	C	
05-Mar-16	22.8	10.4	13	21	16	10.8	18.8	15.8	24.3	0	C	
06-Mar-16	22	12.6	14	17	14.2	13.8	16.6	14.2	0	0.2	C	
07-Mar-16	15.8	12.4	14	13.8	13	14	13.8	12.8	0	23.6	C	
08-Mar-16	21	11	12	20	14	11	18.2	13.8	0	0	C	
09-Mar-16	19.8	11.6	13	16.2	14	12	16	14	0	0.6	C	
10-Mar-16	18.8	12	13	13.6	14.8	13	13.6	14.8	8.1	0.2	C	
11-Mar-16	20.8	12.2	14	17	14	12	16	14	11.4	0	N	4
12-Mar-16	15.8	12.4	13	14	13.4	13	14	13	1.6	4	C	
13-Mar-16	16	12.2	13.2	15.6	13	13	15.2	13	0	10.4	C	
14-Mar-16	21.4	10.8	13.6	16.2	15	13.6	16	15	20.2	0	C	
15-Mar-16	22	11.6	13	16.2	14.8	13.6	16	14.4	0.3	13.3	C	
16-Mar-16	20	11.4	12	19	14.8	12	16.6	13.6	0	0	C	
17-Mar-16	23	11.6	13.4	16.8	15	13.8	15.6	15	0	0	C	
18-Mar-16	24	10	12.9	22.6	16	12	18.8	15.6	0	0	SE	2
19-Mar-16	17	12	14	16.2	15.8	13.6	15.6	15.8	2	17.5	C	
20-Mar-16	20	13.4	13.4	17	15	13.4	16.4	14	1.1	0	C	
21-Mar-16	18	12.4	13.6	15	14	13.6	15	14	10	13.2	C	
22-Mar-16	18.6	12	14	17.2	13.6	14	16.4	13.6	1	7.5	C	
23-Mar-16	19.8	12.6	14	17.8	14	13.6	16.2	13.6	0	0	C	
24-Mar-16	22	12.4	13.6	20	14.8	13.6	18	14.6	0	0	C	
25-Mar-16	20.6	12.6	14.6	18.6	14.4	13.6	16	14	0	0	C	
26-Mar-16	17	12.8	13.8	15.4	13	13	15	13	7.6	3.5	C	
27-Mar-16	18.8	12.6	13.6	15.2	14	13.6	15	13.6	0	3.9	C	
28-Mar-16	19.8	11.8	13	17	14.6	12.8	16.2	14.6	0	0.5	C	
29-Mar-16	19.6	11.6	13.4	17.4	14	13.4	15.8	13	0	5.4	N	2
30-Mar-16	21.8	11.4	13.6	18.4	15	12.4	16.2	15	0	0	C	
31-Mar-16	20	12.8	13	19.6	13.8	13	17	13.6	5	6	C	

ABRIL - 2016												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Abr-16		12	12.8			12.4			0	20.8	C	
02-Abr-16	18.6	12.8	13	17.8	13.8	12.8	16.2	13.8	0.5	10.6	C	
03-Abr-16	19	12.6	13.6	14.6	13.8	12.4	14	13.8	14.2	8.7	C	
04-Abr-16	19.8	12.8	13.2	18.2	15.2	13.2	16.4	15.2	20.5	0	C	
05-Abr-16	17	12.8	13	16	13.2	13	15.8	11.8	89.5	19.4	C	
06-Abr-16	21	11.2	13.2	20.8	15.2	11.2	18.8	15	0	0	N	2
07-Abr-16	23	12	13.4	22	16.2	12.8	18	15.2	0	0	N	2
08-Abr-16	22	13	13.6	20	14.8	13.4	18.6	14.2	0	18.4	C	
09-Abr-16	22.6	11.4	14.4	20.4	14.6	11.6	17.4	14.6	20	0	C	
10-Abr-16	21.8	13	13.6	19.6	14.6	13.2	18.2	14	0	3.5	C	
11-Abr-16	21.2	12.8	13.8	20	14	13.6	18.4	13.8	0	0	N	2
12-Abr-16	19.8	11.8	12.2	18	13	12.2	17.2	13	14.5	2.2	C	
13-Abr-16	23	11.6	13.4	15.4	15.8	12.4	14.8	15.6	0	0	C	
14-Abr-16	21.8	12	13	20	14.8	12.8	18.2	14.8	0	8	C	
15-Abr-16	18	12.2	13.2	16.2	13	13	16	13	15.2	3.4	C	
16-Abr-16	19.8	12	13	16.2	13.8	12.6	12	13.8	29	22.4	C	
17-Abr-16	21.4	12	13	20	14.8	12.8	18	13.6	0	0	C	
18-Abr-16	21	12	13.4	19.8	14	12.4	17.2	13	16.4	0	C	
19-Abr-16	21.8	11.8	13	21	16	12.2	18.4	15.2	0	0	C	
20-Abr-16	17.6	12.8	13	16	13.8	12.8	15.6	13.8	0	0	C	
21-Abr-16	25	11	13.6	22.2	16.2	11	18	15.6	0	0	C	
22-Abr-16	22	12.4	13	20.2	15.8	13	17.4	13.2	8	0	C	
23-Abr-16	22.2	11	13	21	15	13	18.4	14	0	0	C	
24-Abr-16	22	12.4	14.2	21	15	13.6	14.4	14	0	0	N	2
25-Abr-16	22	12	13	20	15.6	13	18.2	15	0	0	C	
26-Abr-16	18.8	12.2	13.2	16.8	13.8	13.2	15.2	13.4	0	0	C	
27-Abr-16	20	12.8	14	19.6	14.4	12.8	17.6	13.6	0	6.8	C	
28-Abr-16	18.8	9	12	17	13	10.2	16.2	12.8	0	0	C	
29-Abr-16	18.6	9.8	12	16	13.8	11	14.6	13.4	0	0	C	
30-Abr-16	19	10	12.6	17	12.8	10.8	16.2	12	0	0	N	2

Fuente: SENAMHI

JUNIO - 2016												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Jun-16	20	10.4	12	18.8	14.6	11.4	16.8	12.8	0	0	C	
02-Jun-16	19.8	10.8	12.8	16	13	11.8	15	12.8	0	0	C	
03-Jun-16	20	11.2	11.8	18	14.8	11	16.8	14.2	0	0	C	
04-Jun-16	18.4	11	12	17.4	13.8	11	15.6	12.8	0	0	C	
05-Jun-16	21.2	10.8	13.8	20.2	15.6	11.8	17	14.2	0	0	C	
06-Jun-16	19.8	10	12.8	17.8	13.8	11.2	15.2	13	0	0	N	4
07-Jun-16	20	12	13	19	15	12.6	17	14.4	0	0	C	
08-Jun-16	18.6	10.6	13.8	18.8	13.8	10.8	17	13.4	0	0	C	
09-Jun-16	18.8	11.2	14	17.4	13.6	11.8	15.4	13	0	0	N	2
10-Jun-16	19.8	9.8	11	17.8	14	11	15	13.4	0	0	C	
11-Jun-16	18	10.4	11.8	15	12	11.8	15	11.8	3.9	3.2	C	
12-Jun-16	18.8	10.8	11.4	17.4	13.4	11.4	14.8	13	19	0	N	2
13-Jun-16	19.8	9.4	10.2	16	13.6	9.8	15.8	13	0	0	N	2
14-Jun-16	20.4	9.8	10.8	18.6	14	9.6	16.6	13.6	0	0	C	
15-Jun-16	20.4	8.8	12.6	18	15.6	8.8	16.2	15	0	0	C	
16-Jun-16	21.2	10	11.4	20	16.2	9.8	15.8	15.4	0	0	C	
17-Jun-16	20.4	9.2	11.2	19.6	14.2	9.2	15	13.6	0	0	N	4
18-Jun-16	20	9	14.8	18.8	14.8	8.4	17	14.2	0	0	C	
19-Jun-16	20	9.4	14	18	14.8	10.6	17.6	14	0	0	C	
20-Jun-16	20.4	9	11.4	19	15.8	10	17.8	15	0	0	C	
21-Jun-16	21.6	10	12	18.4	15.6	11.6	15.2	15	0	0	C	
22-Jun-16	19.8	9.2	10	17.2	13.8	9.6	15.8	13.4	0	0	C	
23-Jun-16	21	8.6	10	18.4	15.8	9.4	15	15.4	0	0	C	
24-Jun-16	20	9	10.4	19.8	14	9.2	15.6	13.4	0	0	N	4
25-Jun-16	18	10.4	10.8	17.8	13.6	10.4	16.6	13	0	0	C	
26-Jun-16	15	9.8	10.8	14.6	13.2	10	14.6	13.2	2	5.6	C	
27-Jun-16	20	9	12	19	14.8	12	17.2	14.2	8.6	0	N	2
28-Jun-16	21	10	11.2	20	14.6	10	18	14.4	0	0	C	
29-Jun-16	21.8	9.8	10.2	20.2	16.8	9.4	17.6	15.4	14.4	0	C	
30-Jun-16	21	9	10	20.6	15.8	9.6	17.2	14.6	0	0	C	

JUNIO - 2016												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Jun-16	20	10.4	12	18.8	14.6	11.4	16.8	12.8	0	0	C	
02-Jun-16	19.8	10.8	12.8	16	13	11.8	15	12.8	0	0	C	
03-Jun-16	20	11.2	11.8	18	14.8	11	16.8	14.2	0	0	C	
04-Jun-16	18.4	11	12	17.4	13.8	11	15.6	12.8	0	0	C	
05-Jun-16	21.2	10.8	13.8	20.2	15.6	11.8	17	14.2	0	0	C	
06-Jun-16	19.8	10	12.8	17.8	13.8	11.2	15.2	13	0	0	N	4
07-Jun-16	20	12	13	19	15	12.6	17	14.4	0	0	C	
08-Jun-16	18.6	10.6	13.8	18.8	13.8	10.8	17	13.4	0	0	C	
09-Jun-16	18.8	11.2	14	17.4	13.6	11.8	15.4	13	0	0	N	2
10-Jun-16	19.8	9.8	11	17.8	14	11	15	13.4	0	0	C	
11-Jun-16	18	10.4	11.8	15	12	11.8	15	11.8	3.9	3.2	C	
12-Jun-16	18.8	10.8	11.4	17.4	13.4	11.4	14.8	13	19	0	N	2
13-Jun-16	19.8	9.4	10.2	16	13.6	9.8	15.8	13	0	0	N	2
14-Jun-16	20.4	9.8	10.8	18.6	14	9.6	16.6	13.6	0	0	C	
15-Jun-16	20.4	8.8	12.6	18	15.6	8.8	16.2	15	0	0	C	
16-Jun-16	21.2	10	11.4	20	16.2	9.8	15.8	15.4	0	0	C	
17-Jun-16	20.4	9.2	11.2	19.6	14.2	9.2	15	13.6	0	0	N	4
18-Jun-16	20	9	14.8	18.8	14.8	8.4	17	14.2	0	0	C	
19-Jun-16	20	9.4	14	18	14.8	10.6	17.6	14	0	0	C	
20-Jun-16	20.4	9	11.4	19	15.8	10	17.8	15	0	0	C	
21-Jun-16	21.6	10	12	18.4	15.6	11.6	15.2	15	0	0	C	
22-Jun-16	19.8	9.2	10	17.2	13.8	9.6	15.8	13.4	0	0	C	
23-Jun-16	21	8.6	10	18.4	15.8	9.4	15	15.4	0	0	C	
24-Jun-16	20	9	10.4	19.8	14	9.2	15.6	13.4	0	0	N	4
25-Jun-16	18	10.4	10.8	17.8	13.6	10.4	16.6	13	0	0	C	
26-Jun-16	15	9.8	10.8	14.6	13.2	10	14.6	13.2	2	5.6	C	
27-Jun-16	20	9	12	19	14.8	12	17.2	14.2	8.6	0	N	2
28-Jun-16	21	10	11.2	20	14.6	10	18	14.4	0	0	C	
29-Jun-16	21.8	9.8	10.2	20.2	16.8	9.4	17.6	15.4	14.4	0	C	
30-Jun-16	21	9	10	20.6	15.8	9.6	17.2	14.6	0	0	C	

Fuente: SENAMHI

JULIO - 2016												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Jul-16	19.6	9.4	10.8	16.8	12	10	14.8	11.6	0	0	C	
02-Jul-16	20.8	8.8	9.6	18.6	13	9	15.8	12.2	0	0	C	
03-Jul-16	20	9.8	11.4	19.4	12.8	10.2	15	12	0	0	N	2
04-Jul-16	20.2	9	11.2	18.8	14.6	9	16.2	13.6	0	0	C	
05-Jul-16	20	9.4	11	19.6	12.8	10	16	11.6	0	0	C	
06-Jul-16	17	10	12	15	12.4	12	15	12.4	0	1.1	C	
07-Jul-16	15	10.2	12	13.8	11.6	12	13.8	11.2	3	5.7	C	
08-Jul-16	18.2	10.2	11.8	15.2	14	10.6	15	14	0	13	C	
09-Jul-16	20.4	10	11.8	19.8	14.8	11.6	15.2	14	6.2	0	C	
10-Jul-16	21	9.8	12	20	15	10.8	16.8	14.2	0	0	C	
11-Jul-16	20.4	10	12.4	18.8	14.8	9.8	15.6	14	0	0	C	
12-Jul-16	21	9.8	10.4	20	15.8	9.8	17	15	0	0	C	
13-Jul-16	21.2	10	12	19	15	10	16	14.6	0	0	C	
14-Jul-16	20.6	10.2	11.4	18.6	14.6	10.6	15.8	13.8	0	0	SE	4
15-Jul-16	20.8	10.4	11.8	19	14.8	10.8	15	14	0	0	C	
16-Jul-16	20	9.8	11.8	18.8	14.6	10.4	16	13	0	5.2	C	
17-Jul-16	21.2	10	11.4	20	15	10.6	16.2	13.8	0	0	N	6
18-Jul-16	21.4	10.6	11	20	15	10.8	17.2	14.6	0	0	C	
19-Jul-16	20.4	9.6	10	19.2	14.6	9.8	16	13.2	0	0	C	
20-Jul-16	20.8	8.6	10	19.6	14.8	7.4	15	14	0	0	N	6
21-Jul-16	20	8.8	9.8	18.6	14.6	7.8	14	12.8	0	0	C	
22-Jul-16	19.6	8.6	10	18	13.6	9.8	15	12	0	0	C	
23-Jul-16	21	9	11.6	19.4	13.4	9	15	12.2	0	0	N	4
24-Jul-16	21.2	8.8	10.4	19.8	14.6	8.8	15.2	13	0	0	N	4
25-Jul-16	20	9.6	11	18.6	14	10.2	15	13.2	0	0	N	6
26-Jul-16	20.2	9.8	11.8	16.6	14.6	11	14	13	0	0	N	2
27-Jul-16	21	10.4	12.8	20	15	10.8	16.6	14.6	0	0	C	
28-Jul-16	20.8	10	11	19.6	14.8	10.2	15.2	14	0	0	C	
29-Jul-16	20.4	9.8	10.4	17.2	14.6	10	15	14	0	0	N	2
30-Jul-16	21.4	9.6	11.8	20.2	14.2	10	16.2	13.8	0	12	C	
31-Jul-16	20.8	10	11.4	17.2	14.8	10.4	15	14.6	2.2	2.2	N	2

AGOSTO - 2016												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Ago-16	16.8	10.2	11.6	17.8	11	10.8	15	11	0	0.2	N	2
02-Ago-16	15	9.6	10	13.8	11.8	10	12.6	11.2	0	20.5	C	
03-Ago-16	17	9	11	15.8	13.6	10.6	14.2	13.4	0	0	C	
04-Ago-16	21.2	10	11.8	19.4	13	11.6	15.8	13	0	0	C	
05-Ago-16	21	10.2	11	20	13.4	10	17.4	13	0	0	C	
06-Ago-16	20	10.6	12.4	17	13	12.2	14.6	11.6	0	0	C	
07-Ago-16	19.8	10.2	12	17.2	13.8	11.2	15	13.6	0	0	C	
08-Ago-16	20.2	11	11.8	18.8	13.8	11.6	16.2	13.4	0	0	C	
09-Ago-16	19.8	11.2	12.2	15.2	12.6	12.2	14.2	11.4	0	0	N	2
10-Ago-16	13.8	11	12.4	12	11.8	12.4	12	11.8	0	10.2	C	
11-Ago-16	16.6	10	11	15.2	12	11	14.8	11.6	0.2	0.2	C	
12-Ago-16	20.6	10	12.4	18.6	14	10.4	15.8	13.6	0	0	C	
13-Ago-16	19.8	9.6	11.8	18.4	13.8	10.2	15.2	13	0	4.2	C	
14-Ago-16	21	9.4	11.4	20	14	10.6	17.2	13.6	0	0	C	
15-Ago-16	21.4	9.8	11.6	20.2	14.4	10.2	17.6	13.6	0	0	C	
16-Ago-16	22.4	10	11.2	21.4	16	10.4	18.2	15.6	0	0	C	
17-Ago-16	22.2	10.4	12	21.8	16.2	10.4	17.6	15.4	0	0	C	
18-Ago-16	21.8	10.6	11.2	20.2	15.6	10.8	16.8	14.6	0	0	C	
19-Ago-16	20	10	12.8	19	14	11.2	15	13.4	0	0	C	
20-Ago-16	21.8	12.8	12	20.4	15	10.2	17.8	14.6	0	12.8	C	
21-Ago-16	19.6	10	12.8	17.6	13.8	12.8	15.8	12.4	0	24.3	SE	2
22-Ago-16	20.6	9.2	11.8	19.2	13	10.8	16.4	13.6	0	0	C	
23-Ago-16	22	9.8	11.4	21	15.4	10.2	18.2	14.8	0	0	C	
24-Ago-16	21	9	11.8	20	15	11	17.2	14.4	0	0	C	
25-Ago-16	20	10.2	11.8	19.8	14.8	11.6	15.8	14.2	0	0	C	
26-Ago-16	21	10	12.2	20.2	14.6	10.8	17.4	14	0	0	C	
27-Ago-16	20	10.4	11.8	17.4	13.6	10.8	14.2	12.4	0	0	C	
28-Ago-16	20.8	9.6	11.4	20	15	10.6	18	14.8	0	0	C	
29-Ago-16	22.2	9	11.2	21.6	15.6	10.2	18.4	14.8	0	0	C	
30-Ago-16	22	10.6	12.6	21	14.2	11	16	13.8	0	0	N	2
31-Ago-16	14.2	10	11	13	12.4	10.4	13	12	0	-888	C	

Fuente: SENAMHI

SEPTIEMBRE - 2016												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Sep-2016	17	10.4	11.4	15.8	14	11.4	14.2	13.8	0.2	0	C	
02-Sep-2016	14.8	9.6	11.2	12.8	11	11	12	11	0	1.6	C	
03-Sep-2016	17.8	10.2	11.8	15.8	12.6	11.6	14.2	11.8	5	0	C	
04-Sep-2016	17.2	11	12	13.8	13	12	12.6	12.6	0	0	C	
05-Sep-2016	14.8	10	11.2	13	11.8	10.6	13	11.2	0	1.5	C	
06-Sep-2016	17	10.2	11.6	16	13.8	11	15.2	13	0	0	C	
07-Sep-2016	13.8	10.4	11.4	12.8	11	11.4	12.8	11	0	2.6	C	
08-Sep-2016	18.6	9	9.6	17.8	14	9.4	16.2	13.6	0	0	C	
09-Sep-2016	16.4	9.2	11.8	14	13	10	13.8	12.6	0	0	C	
10-Sep-2016	22.2	10	12.2	21.6	14	11	17.8	13.2	0	0	C	
11-Sep-2016	22.4	9.6	11	20.6	14.6	9.8	17.4	13.2	0	0	C	
12-Sep-2016	23	10	13	21.2	15	11.4	17.2	13	0	0	N	6
13-Sep-2016	23.8	10.8	12	22	16	10.8	17.8	15.2	0	0	N	4
14-Sep-2016	23	11.2	14.8	22	15.2	12.6	19	13.8	0	8.5	C	
15-Sep-2016	18.8	11.8	11.8	17.4	13.6	11.4	16.8	13	0	1	C	
16-Sep-2016	19.8	10	13.4	17.6	13.8	12.2	15	13.6	0	0	N	2
17-Sep-2016	21	10.4	11.8	20.6	15.4	11	17.8	14.6	0	0	C	
18-Sep-2016	18.8	11	13.4	17.2	13	11	16.4	12.6	0	0	C	
19-Sep-2016	20.2	11.8	12.8	18.8	13.6	12.8	17	13.2	0	0	S	4
20-Sep-2016	15	10.2	10.8	13.8	11.8	10.4	13	11.6	0	1.6	C	
21-Sep-2016	16.4	10	11.8	15	12	11.4	13.6	11.6	0	2.4	C	
22-Sep-2016	20	9.8	10.4	19	13.8	9.8	17.2	13	0	0	C	
23-Sep-2016	16.4	10	12.4	15	12	11	15	11.6	1.2	2.5	C	
24-Sep-2016	21	10.6	12.6	20	14.6	10.8	17.8	14	14	7	N	2
25-Sep-2016	15	10.2	12.4	14.8	12	12	14.6	11.2	1	0.9	C	
26-Sep-2016	18	10.4	11.6	15.6	13.8	11.6	14.4	12.8	0	2.4	C	
27-Sep-2016	21	10.2	11.8	20.6	14.8	11.8	18.8	14	0	18.2	N	2
28-Sep-2016	19.6	10	11.8	16.6	13.6	11.4	15.2	13	0	10.6	C	
29-Sep-2016	21	11.4	13.6	21.4	16.4	12.6	18.4	15.6	0	0	N	4
30-Sep-2016	23	10.4	12.6	21.4	16	11.4	18	15.2	0	0	C	

OCTUBRE - 2016												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Oct-16	19	12	13.8	16	13.8	13.8	15.8	13.6	11.8	0	C	
02-Oct-16	18.9	11.2	12.8	16.8	12.4	11.4	16.8	12.4	4.4	0	C	
03-Oct-16	19	11	12.8	17.6	14.2	11.8	16	13.8	0	0	C	
04-Oct-16	19.2	10.8	12	16.8	14	12	16.4	13.8	5	2.9	C	
05-Oct-16	17.8	11.2	13.4	16.4	13.8	12.8	15.6	13.8	0	0.2	C	
06-Oct-16	20	10.6	13	19	15	12.6	17.4	14.6	2.4	0	C	
07-Oct-16	16.8	12	13.4	13.8	11.8	12.6	13.4	11.6	0	0.8	C	
08-Oct-16	16.4	11.2	13.4	15	11.8	13.4	14.2	11.4	0	0.3	C	
09-Oct-16	15	11	12.2	13.8	11.4	12	13.8	11.4	0	0.2	C	
10-Oct-16	17.8	11	13.4	16.4	13	13	15.8	13	8	7	N	2
11-Oct-16	18	10.2	12.2	17	12.6	11.6	16.2	12	0	8	C	
12-Oct-16	21	10.4	14.4	19	15.2	10.4	16.2	15	40.2	0.4	C	
13-Oct-16	17	11.6	13.2	15.8	14.9	13	15	14	0	4.4	C	
14-Oct-16	19	10.4	12	17.8	13.8	11.8	15.6	13	26.4	0	N	2
15-Oct-16	19.4	10.4	11.6	17.4	13.8	10.2	16	13.2	0	1.1	N	2
16-Oct-16	22.2	11	13.4	21.6	15.8	12.6	18.2	14.6	0	0	C	
17-Oct-16	19.8	11.4	12.8	17.8	13.4	12	16	13.2	0	10.4	C	
18-Oct-16	18.8	11.2	13.4	16.8	13.6	11	15.6	13.6	0	0	C	
19-Oct-16	21	11.4	13.4	20	15.8	12	17.8	14.6	0	0	C	
20-Oct-16	22.8	10.6	11.8	20.8	16.2	10.8	18.2	15	0	0	C	
21-Oct-16	18.8	11.6	12	16.8	12	11.6	15	12	0	12.1	N	2
22-Oct-16	19.8	10.2	11	16	13.2	10.8	15.6	13.2	0	0	C	
23-Oct-16	20	11	13.2	16.2	14	12.6	14.2	14	0	0	C	
24-Oct-16	21.8	12	13.8	20	16	13.4	18.4	15.6	0	0	S	2
25-Oct-16	18.6	10.2	12.4	16	13.4	10.2	15.2	13.4	26.8	10.2	C	
26-Oct-16	19.8	11.8	13.2	17.8	12.8	12.8	16	12.6	0	0	C	
27-Oct-16	21.8	8.6	11.6	20	16	10.4	18.2	15.4	0	0	N	2
28-Oct-16	22	8.8	10.6	21.2	16	9.8	19.4	15.6	0	0	S	2
29-Oct-16	21.8	12	12.8	20.4	15.8	12.2	19.6	15	1	0	N	2
30-Oct-16	21.8	9.6	10.8	20.2	16.4	10	19.6	15.2	0	0	C	
31-Oct-16	18.8	8.6	12.4	17	12.8	11.8	15.8	11.6	0	0.8	C	

Fuente: SENAMHI

NOVIEMBRE - 2016												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Nov-16	20	10.2	12.4	19	14.8	12.4	17.6	14.8	0	0	C	
02-Nov-16	19	12	13.8	16.8	13.6	12.8	14.6	13.4	97.6	0	C	
03-Nov-16	21.8	11.2	12.2	20.2	15.2	12.2	17.6	14.8	5.4	0	C	
04-Nov-16	14.8	11	12	16.6	12.8	12	15.2	12.6	2.5	18.6	C	
05-Nov-16	22.6	10.2	12	16.8	16	12	15.2	15.6	0	0	C	
06-Nov-16	21.8	10.6	12.6	20	15.8	11.4	17.2	14.6	0	0	N	2
07-Nov-16	22	12	12.8	21.2	16.4	12.2	19	15	0	0	S	6
08-Nov-16	23.8	12.2	12.8	21.8	16.2	12.4	19.2	15.8	0	0	C	
09-Nov-16	21.2	11.8	13	20.8	16	12.6	18.6	15.8	0	2.3	S	2
10-Nov-16	21.4	10.2	11.6	20	14.8	11	18.8	13.6	0	2.9	C	
11-Nov-16	23	11.2	13	20.2	16.8	11.6	18	14.8	0	0	C	
12-Nov-16	23.2	12.2	13.4	21.8	16.4	12.6	18.4	14.2	0	0	C	
13-Nov-16	18.6	10.8	13.8	16	13.8	12.8	15.6	12.6	0	0	C	
14-Nov-16	19.8	12	12.8	18.8	13.2	12.6	16	13	0	0	C	
15-Nov-16	20	10.8	12	18.6	14.6	11.4	16.2	13.6	10.2	0	C	
16-Nov-16	21.2	12.8	14.2	20	14.8	13.2	16.8	14	0	0	C	
17-Nov-16	19	12	14.2	17.6	13	14	15.8	12.8	0	0	C	
18-Nov-16	21.6	12.2	13	20	14	12.8	17	13.8	7.4	0	C	
19-Nov-16	19.8	10.6	12	17.2	14	11.4	15.2	13.6	0	0	C	
20-Nov-16	18.8	10.8	12.2	16.8	13.2	11.6	15.8	13	0	0	N	2
21-Nov-16	18.8	10.8	12.6	17	13.2	12	15.8	12.8	0	0	C	
22-Nov-16	20.4	11.2	12.2	18.4	14.4	12	17.2	14	0	0	C	
23-Nov-16	19.4	11.6	12.8	17.8	13.8	12	16	13.4	0	0	C	
24-Nov-16	20.6	11.8	12.2	19.4	14.8	11.8	17.6	14.2	1.8	0	C	
25-Nov-16	22.8	10	12.8	20.4	16.2	11.2	19.4	15	1.8	2.6	S	2
26-Nov-16	16.6	12	12.8	15	12.8	12.4	15	12.2	0	2.4	C	
27-Nov-16	17	12.4	13.2	16	13	12.6	15.2	12.6	15.2	10.8	C	
28-Nov-16	20.4	11.4	13	18.6	13.8	12.6	16.2	13.2	0	11.4	C	
29-Nov-16	18.6	11	12.8	17	13.6	11.8	15.8	13	0	2.6	C	
30-Nov-16	20.2	11.8	12.6	18	14.8	11.8	17.2	14.8	20.2	36.8	C	

DICIEMBRE - 2016												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Dic-16	21.6	9.8	12	19.6	14.8	11.4	17.8	14.4	45.5	2.3	C	
02-Dic-16	19.8	10.4	12	17	13.6	11.4	16.2	13.4	0	0	C	
03-Dic-16	17.4	10.2	12.4	15	13.8	11.8	15	13.4	0	6.5	C	
04-Dic-16	18	11.4	11.8	15.8	14	11.4	15.8	14	0	3.5	C	
05-Dic-16	18.6	11	11.4	14.8	13.6	11.4	14.8	13.4	0.4	4.9	C	
06-Dic-16	16	10.4	12.8	14	13	12.4	14	13	0	0	C	
07-Dic-16	15	11	12.6	13.6	12	12.6	13.6	12	0	2.1	C	
08-Dic-16	13.6	11.4	12.4	13	11.8	12.4	13	11.8	39	10.1	C	
09-Dic-16	15	11.8	12.2	13.6	12	12.2	13.6	12	3.1	2.2	C	
10-Dic-16	17.4	11.6	12	16	13	12	15.6	12.8	0.1	0	C	
11-Dic-16	18.6	11	12.4	15.8	13.8	11.6	14.6	13.6	2	0	C	
12-Dic-16	16	11.2	13	15.8	13.2	12	15.6	13	3.1	0.4	N	2
13-Dic-16	19	11.4	13	17.6	14	12	16	13.6	2.3	0	S	4
14-Dic-16	20.2	10	12	18.8	15	11.4	17.2	14.4	0	0	C	
15-Dic-16	18.6	11.2	13	16	13.8	13	15.6	13.2	0	0.2	C	
16-Dic-16	21.8	10	11	20	15.2	10.6	19.2	15.2	0	0.4	S	4
17-Dic-16	20	10.2	12.6	18.8	15.8	12	17	15.2	4	0	C	
18-Dic-16	21	12	13.2	20	16.2	13	18.8	15.6	0	0.1	C	
19-Dic-16	21.2	12.4	13	20.4	16.4	13	18.6	15.6	1.3	0	C	
20-Dic-16	18.8	11.8	12	15.8	13.2	12	15	12.2	5	0	N	2
21-Dic-16	18.6	11	13	17.2	13	13	16.4	12.8	58.7	0.4	C	
22-Dic-16	19.8	11.8	12.6	16	13.8	12	15.6	12.8	3.2	4.8	C	
23-Dic-16	21.8	10.8	13.2	20.4	16.8	13	18.2	15.4	0	0	C	
24-Dic-16	21.6	11	13.6	16.4	13.6	12.2	15.4	13.6	0	0	C	
25-Dic-16	21	10.4	13.4	20	14.2	11.8	18	14	0	0	N	2
26-Dic-16	22.6	12	14.6	21	16.4	13.4	19.2	15.4	0	0	C	
27-Dic-16	17	11.4	13.4	16.6	14	12.8	16	14	0	1.5	C	
28-Dic-16	19.8	10.2	13	18	13.8	13	16.2	12.6	11.6	9.8	C	
29-Dic-16	17	8.8	13	15	13.8	13	15	13	35.8	8.9	N	2
30-Dic-16	17	8.8	12	16.2	13.4	12	15.6	13.4	2.6	0.9	N	2
31-Dic-16	16.8	9.8	13	14	12.6	13	14	12.6	12.9	10.2	C	

Fuente: SENAMHI

Reporte pluviométrico de la EMC "Carpish" año 2017

ENERO - 2017												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Ene-17	15.8	10.8	12	14.6	12.8	12	14.6	12.8	1.5	5.3	C	
02-Ene-17	18.6	10.2	12.6	16.8	12.6	12.6	15	12.6	10	1.4	C	
03-Ene-17	17	11.6	12.8	16	13	12.8	16	12.6	0	0	C	
04-Ene-17	14.2	12	13	13.6	12	13	13.6	11.8	1.4	4.7	C	
05-Ene-17	15	11.4	11.8	14	11.8	11.6	14	11.8	0	5.2	C	
06-Ene-17	18.8	10.8	12.4	16	14.6	12.4	15.8	14.4	10.4	6	C	
07-Ene-17	16.8	12	12.4	16	12	12.4	15	12	16	4.8	C	
08-Ene-17	16	11	12.6	15	13	12.6	14.6	12.2	9.6	2.4	C	
09-Ene-17	16	11.2	13.2	15.2	14.8	12	15	14.2	0	17.5	C	
10-Ene-17	14.2	10.8	12	13	11.2	12	13	11	0	16.9	N	4
11-Ene-17	17.8	11	11	14	14.6	11	12	13.8	0	10.6	C	
12-Ene-17	18.8	11.2	12.4	15.8	14	12.4	14.2	13	3.7	10.1	C	
13-Ene-17	19	10.6	12	17	13	11.8	15.6	12.6	0	7.5	C	
14-Ene-17	19.6	10.2	12.8	16.8	13.4	12.6	15	13.4	0	1.3	SE	4
15-Ene-17	15.2	10	12	14	12.6	12	14	12.6	0.9	9.3	C	
16-Ene-17	18.2	10.4	12.2	15.8	13.8	12.2	15	13.1	2.7	2.4	C	
17-Ene-17	15.8	11	12.4	12.8	13	12.4	11.6	13	2.5	0	C	
18-Ene-17	17	11.6	13.6	16.2	13.2	12.8	16.2	13	0	23	C	
19-Ene-17	18.6	11.2	13	17	14.2	12.6	16.8	14	0	0	SE	4
20-Ene-17	21.8	11.8	13	21.2	14.8	12.6	16.4	14.6	0	0	C	
21-Ene-17	19.6	10	10.4	17	14.6	10	16.2	14.2	13.5	0.8	E	2
22-Ene-17	20.8	10.2	12.8	19.2	14.8	10.4	15.4	13.8	3.6	0	C	
23-Ene-17	18.8	11.8	13	17.2	13.8	13	16.8	12.6	0	0	N	2
24-Ene-17	15.6	12	13	14	13.8	13	14	13.2	0	13.4	C	
25-Ene-17	14.6	10.6	13	13.8	12.6	12.6	13.8	12.6	0	3	C	
26-Ene-17	19.2	10.2	12.6	18	14	11.4	17.8	13.6	0	0	C	
27-Ene-17	15.2	11.2	12.8	14.2	13	12.8	14.2	12.6	0.4	0.5	C	
28-Ene-17	19.6	10.2	13.4	18	13	10.6	16.4	12.6	0	0	C	
29-Ene-17	16.8	10	13	15	13	12.8	13.6	12.6	0	0	C	
30-Ene-17	19.8	11.4	13.6	17.8	14.4	12.8	16.2	14.2	0	0	C	
31-Ene-17	19.8	10.2	13.8	18	14	13.6	16.8	13.6	0	0	C	

FEBRERO - 2017												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Feb-17	23	10.6	13.6	22	13.8	12.6	17	13.4	0	0	C	
02-Feb-17	20.2	11.2	14.8	19.8	14.2	13.4	16.6	14	0	0	N	4
03-Feb-17	18.8	11.6	13.2	15.2	13.6	13	15	13	0	0	C	
04-Feb-17	16	12	12.8	14	13.4	12.8	14	13.4	2.6	0	C	
05-Feb-17	19.8	11.8	13.2	14	13.2	13	14	13	3	1.8	C	
06-Feb-17	18.2	12	12.2	13.8	13	12	13.8	13	0	0	C	
07-Feb-17	15.8	11.6	11.8	13.8	13	11.8	13.8	13	5.2	3.3	C	
08-Feb-17	15	11.4	13.2	13.8	13.8	13.2	13.8	12.8	8.6	10.2	C	
09-Feb-17	17	12	12.2	13	13	12	13	12.6	2.6	0	C	
10-Feb-17	15.2	12.2	13	13.2	12.6	13	13.2	12.6	0	3.8	C	
11-Feb-17	17	12	13.8	15.8	13.8	13.8	15.2	13.4	2.6	0	N	2
12-Feb-17	15.8	12.2	13.8	14	13	13.8	14	13	6	2.8	C	
13-Feb-17	14	12.6	13.2	13	12.6	13.2	13	12.6	0.3	7.8	C	
14-Feb-17	14.2	10.4	12.8	12.8	11.6	12.8	12.8	11.6	10	13.3	C	
15-Feb-17	16.8	12	12.2	16.8	14.2	12.2	15.6	14	3.4	8	C	
16-Feb-17	22.6	10.4	12.2	21.4	14.2	12	17.2	13.8	0	0	C	
17-Feb-17	20	10	11.8	19.6	15.6	11.2	17.4	14	0	0	C	
18-Feb-17	18.6	10.8	12.6	16.8	13.8	12	15.6	13	8.2	4.8	N	2
19-Feb-17	16.8	11	12.8	15.6	13.6	12.8	15	13.4	10.2	6.4	C	
20-Feb-17	19.8	10	12	17.6	13.8	12	16.4	13.6	8.2	0	C	
21-Feb-17	15.6	9.8	12	14	12.6	12	13.8	12	6.8	0.6	C	
22-Feb-17	15	10.8	11.6	13.8	13	11.6	13.8	13	6.2	0.8	C	
23-Feb-17	17.8	11	12	16.8	14.2	11.8	15.4	14.2	0	3.5	C	
24-Feb-17	18	11.2	13	17.6	14.8	12.6	16.2	14.6	0	0.5	C	
25-Feb-17	18.6	11	12	16.8	14.6	12	16.2	14.6	7.4	4.6	C	
26-Feb-17	15	10.2	12.6	13.6	13	12	13.6	13	8.6	10.2	C	
27-Feb-17	14.2	11	11.8	13.6	12	11.8	13.6	12	20.3	3.6	C	
28-Feb-17	14.8	10.2	13	12.8	11.6	13	12.8	11.4	2.4	4.4	C	

Fuente: SENAMHI

MARZO - 2017												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Mar-17	15	11	12.6	13.6	12.6	12.4	13.4	12.6	0	3.1	C	
02-Mar-17	13.8	11.2	12.4	12	11.8	12.4	12	11.6	6.8	4.2	C	
03-Mar-17	15.6	11	12.4	11.8	11.4	12.4	11.8	11.4	-888	12.8	C	
04-Mar-17	15	11.4	12.6	14.2	13	12	13.6	12.8	0.8	2	C	
05-Mar-17	19	10.2	12.6	17	14.8	12.2	16.8	14.6	1.6	0	C	
06-Mar-17	20	11.6	13.6	19.2	15	12.6	17.8	14.2	1.1	0	S	12
07-Mar-17	20.4	11	13	18.6	15.2	12.8	15.8	14.8	0	9.6	C	
08-Mar-17	14.8	11.6	13.6	13	12.6	13.6	13	12.6	1.3	10.8	C	
09-Mar-17	15	12	12.8	13.8	14	12.4	13.8	14	2.8	4.6	C	
10-Mar-17	17	11.6	13	16	14	12.6	15.6	14	8.7	4.5	C	
11-Mar-17	16.8	11.4	13	15.6	14.2	12.8	15	14	0.2	20	C	
12-Mar-17	20	12	12.6	18.6	13.6	12	16.8	13.2	5	0	W	4
13-Mar-17	20	10	13	19.8	15.2	12.6	17	14.6	1.3	0	N	4
14-Mar-17	19.8	10.2	11	16	15.8	10	15.6	14.2	0	0	C	
15-Mar-17	19.4	10.4	12.6	17.2	13.8	11.4	15.4	13.4	0.8	0	C	
16-Mar-17	18.8	10.8	11.8	16.8	13.8	11.6	16	13.8	1.2	2.5	C	
17-Mar-17	14.6	11	12.6	13.6	12.8	12	13.4	12.2	0.3	9.2	C	
18-Mar-17	15.2	11.6	12.2	14	12.8	12	14	12.8	0.1	5.6	C	
19-Mar-17	16.4	10	12.8	15.6	14	12.6	14.8	14	0	2.4	C	
20-Mar-17	17.8	10.4	12	15.2	14.8	12	14.8	14.2	0.6	8.6	C	
21-Mar-17	21	11.4	12.4	19.8	15.6	12	17.6	14.6	0	2.3	C	
22-Mar-17	20.8	11	12	19.4	15	12	17	14.4	2.4	0	N	6
23-Mar-17	18	10.8	11.6	16	13.8	11.6	15.8	13.8	11.4	8.6	S	2
24-Mar-17	17.8	11.8	12.8	16	15	12.4	15.2	14.8	3.8	11.4	C	
25-Mar-17	20	12.6	13	19	15.2	12.6	17.6	14.8	12.2	2.5	C	
26-Mar-17	18	12	12.6	17	13	12	16.2	12.6	0	0.2	C	
27-Mar-17	16.4	12.2	12.8	15.2	12.8	12.8	14.8	12.2	1.8	10.6	C	
28-Mar-17	19	12	12.8	17.8	12.8	12.2	15.6	12.6	1.3	0	C	
29-Mar-17	21	11.6	13	20.6	15.2	12.4	19	14.6	0	0	N	6
30-Mar-17	14.8	12	13	13.4	12	13	13.4	11.4	3.6	9.5	C	
31-Mar-17	18.6	12	12	16.8	13	12	16.4	12.4	0	8.4	C	

ABRIL - 2017												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Abr-17	19.8	12.6	13	16	13	13	15.2	12.6	0.4	0	C	
02-Abr-17	17	12.4	13.8	14.8	12.6	12.8	14.8	12.6	0	0.3	C	
03-Abr-17	18.4	12	13	17.4	13.8	13	16.4	13.6	1	0	C	
04-Abr-17	17	12.2	12.8	16	12	12.8	15.8	11.2	0	0.2	C	
05-Abr-17	16.8	11.8	12.2	14.8	12.8	12.2	14.2	12.8	1.6	0	C	
06-Abr-17	17.4	12.6	13	16.4	13.6	13	16.2	13.4	3.5	0	C	
07-Abr-17	15	12.4	13.4	13.8	12.8	13.4	13.8	12.6	3.2	0.2	C	
08-Abr-17	18.6	11.6	12.8	15	13.6	12.4	14.8	13.6	1	12.2	C	
09-Abr-17	20	12.6	13.2	15.4	15	13	15	14.6	3.1	0	C	
10-Abr-17	18.2	12.2	12.6	18	13.2	12.6	17	13.2	3.5	0.2	C	
11-Abr-17	15	12.2	12	12.2	12	12	12.2	12	4.5	7.2	C	
12-Abr-17	15	11.8	12.6	13.6	11.8	12.2	13.6	11.8	0.3	4.5	C	
13-Abr-17	17.4	11.6	12	16	14	12	15.6	13.4	0	5.2	C	
14-Abr-17	21	11	12.2	20.2	15	12	18.2	14	3	0	N	4
15-Abr-17	21.8	11.4	12.2	20	15.6	12	18	14	0	0	N	4
16-Abr-17	22	11	13	19	15.8	12.2	18.6	14.8	0	0	N	4
17-Abr-17	21.8	8	12.6	21	15.6	12.4	17.6	14	0	0	N	6
18-Abr-17	20	11.8	13	17.8	15	13	16.4	14.2	8.2	8	C	
19-Abr-17	20.2	12	13	17.2	14.8	12.8	16	14.2	0.2	4.5	C	
20-Abr-17	20.8	12.6	13	17.2	14.6	12.8	16.8	14.2	1.1	0	C	
21-Abr-17	21.2	11.2	13	20.4	15.6	12.8	18.2	14.4	0	0	C	
22-Abr-17	21	11.8	14	19.2	15	11.6	16.8	14.8	0	0	C	
23-Abr-17	21.2	11.6	13.6	20	15.8	12	17.8	14	14.7	0	C	
24-Abr-17	17.6	11.4	12.4	16.2	13.6	12.4	15.6	13	0	0	C	
25-Abr-17	18	11.6	13	17	13.8	12.6	16	13.6	0	0	N	2
26-Abr-17	17.8	12.2	13	15.6	12	12.6	15.2	12	0.4	4.5	C	
27-Abr-17	19.8	11.4	13.8	17.6	13.8	13.4	16.6	13.2	0	0	C	
28-Abr-17	14	12	12.2	13.8	12	12.2	13.8	11.8	3.5	26.2	C	
29-Abr-17	20.4	11.4	12.2	19.2	15.6	11.6	18.6	15	0	0	N	6
30-Abr-17	19.8	12	13	17.6	13.4	12.6	16	13.2	0	0	C	

Fuente: SENAMHI

MAYO - 2017												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-May-17	19.4	11.8	13	17.2	13	12.8	16	12.2	0	4	C	
02-May-17	21	11.4	12.8	19.6	14.8	12.8	17.4	13.2	0	0	C	
03-May-17	20	11.8	12.4	19.2	14.6	12.2	17.4	13	0	0	N	4
04-May-17	19.8	11.6	12.6	18.4	14.2	12.2	16.8	12.6	0	0	C	
05-May-17	21.6	11	12.8	19	15.6	11.8	16.6	14	0	4.2	C	
06-May-17	17	12.2	12.2	16.4	12.8	12	16	11.4	5.3	15	C	
07-May-17	21	11.6	14.8	19.6	15.2	12	16.8	14.2	0	0	N	2
08-May-17	19.8	10.4	12	17.8	14	11.4	15.8	13.6	0	2	C	
09-May-17	18.8	10.8	13	16.8	12.8	12.6	15.8	11.6	0	0	C	
10-May-17	21	12.4	13	20	15.6	13	17.8	14.4	0	0	N	4
11-May-17	20.8	11.6	12	18.6	13.4	11.6	17.8	13	0	0	C	
12-May-17	21.4	11.6	13.2	20.2	15	12.4	17.6	14.2	0	0	S	6
13-May-17	20.6	12.2	13.2	19.6	15.6	13	18	14	0	0	C	
14-May-17	18	11.4	13	17	13	12.8	15.6	12.2	0	0	C	
15-May-17	22	11.8	13	21	16.4	12.4	18.2	15.6	0	0	C	
16-May-17	22.2	12	12.4	21.4	16.2	12.2	17.8	15	2.4	7	C	
17-May-17	16	11.8	13	15.6	12.8	13	15	11.6	0	0	C	
18-May-17	19.8	11.6	12.2	17.8	13.6	12	15.6	13.6	1	10.2	C	
19-May-17	18	11.8	12.8	14	12.6	12.4	14	12.6	1.2	0.4	C	
20-May-17	17.4	11.4	13	16	13	12.4	15.8	12.8	6.8	8.2	C	
21-May-17	19.2	11.6	12.8	18	13.4	12.6	17.2	13.2	10.8	3.4	C	
22-May-17	19.8	11.4	12.6	17.8	13.8	12	16	12.4	0	0	C	
23-May-17	16	11.2	13	15.6	12.2	12.8	15.6	12.2	5.5	12	C	
24-May-17	16.4	12	13	13.8	12.6	12.4	13.8	11.6	2	12.7	C	
25-May-17	20	11.6	13	19.2	14.2	12.4	18.6	13.2	0	12.6	S	6
26-May-17	20.6	11.4	13	18.8	14	12.4	17	13.6	0	8.5	C	
27-May-17	18	11.6	13	16.6	13.2	13	16.6	12.4	1.4	5.4	C	
28-May-17	17.6	11.2	12.6	15.4	12.6	12	15	12	0	12.5	C	
29-May-17	21	7.4	11.8	20	16.2	11.2	18.6	15	0	0	S	6
30-May-17	19	11.4	12.2	18.2	13.8	11.8	17	13.2	0	0	C	
31-May-17	19.2	11.6	11.8	18.6	14.8	11.2	17.4	13	0	0	C	

JUNIO - 2017												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Jun-17	18	11.6	12.8	15.4	13.6	12.4	15	12.4	0	0	C	
02-Jun-17	16	11.4	13	15	13	12.2	14	13	0	0	C	
03-Jun-17	18	11.2	12.8	17	13.6	12.6	15.6	13	0	0	C	
04-Jun-17	21	11	11.8	20	15.6	10.8	18.2	14	0	0	C	
05-Jun-17	20	11	13.6	19.4	14.8	11.2	17.6	14	0	0	C	
06-Jun-17	20.8	11.4	12	-999	14	12	-999	14	-888	0	C	
07-Jun-17	19	11.4	13	17.6	13.2	12.8	16.4	13	0	0	C	
08-Jun-17	21	11.2	12.2	19	15	12	17.6	15	7.3	0	C	
09-Jun-17	19.4	12	13	17.6	14	12.4	15.2	13.4	0.5	0	C	
10-Jun-17	18	12.6	13.8	14.8	13.6	13.6	14.8	13.6	0	2.4	C	
11-Jun-17	19.8	11.4	12	16.6	13.4	11.8	14.8	12.6	9.8	0	C	
12-Jun-17	16	11.4	12.2	14	12.6	12	14	12.6	1.2	1.1	C	
13-Jun-17	16.2	12	13.8	13	12	12.8	13	12	1	10.2	C	
14-Jun-17	20	11	12.2	16.4	13.8	12	16.2	13	9.3	4.4	C	
15-Jun-17	19.2	11.2	13	15.4	12.8	12	15	12.2	4.1	0.2	C	
16-Jun-17	20	10.2	11.6	18.4	13.6	11.4	16.8	13	0	0	C	
17-Jun-17	20.2	10.8	11.8	19	14.2	11.4	17.6	13.4	0	0	N	6
18-Jun-17	21	11	13	20	15	12.6	17.2	14.4	0	0	N	4
19-Jun-17	21	10	11.4	18	16.4	10.4	16	15.2	0	0	N	4
20-Jun-17	19.8	10.2	12	17.6	13.6	11.6	15.8	12	0	4.4	C	
21-Jun-17	13.6	10.4	11.8	13	10	11.8	13	10	5	6.7	C	
22-Jun-17	17	10	11	15	12.6	10	14	12	0	0	C	
23-Jun-17	20	9.2	10.6	17.6	14.2	9.4	15.6	13.8	0	0	C	
24-Jun-17	20.2	9.6	10.8	18	13.8	9.8	16.4	12.6	0	0	C	
25-Jun-17	21	10.2	12.2	20	15.6	9.4	17.2	14.4	0	0	N	6
26-Jun-17	21.6	10	12	20	15.8	9.6	15	14	0	0	N	6
27-Jun-17	19.8	9.8	12.8	17.2	12.2	10	15.8	12	0	0	C	
28-Jun-17	21	10	12	20	14	11	17	13.6	0	0	C	
29-Jun-17	17	10.4	12.6	16	12	11.6	15.2	11.8	0	3	C	
30-Jun-17	17.4	10.6	12.4	16.2	12.2	11.4	15	12	0	12.6	C	

Fuente: SENAMHI

JULIO - 2017												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Jul-17	15	10.6	12.8	13.8	12	12.8	13.8	11.4	6.6	16.6	C	
02-Jul-17	17.6	10.2	12	15.6	13	12	15	13	28.8	7.6	C	
03-Jul-17	18	9.4	10	17.4	14	10	14.8	13.8	6.6	0	C	
04-Jul-17	20	8.4	12	19.6	14.6	11.8	16	14	0	0	W	2
05-Jul-17	19.6	9.6	11.8	17	13.2	10.2	15	13	0	0.6	C	
06-Jul-17	21	10.6	12	19.2	15.2	11.4	16.2	14.6	0	3.6	W	2
07-Jul-17	17	10	12	16.2	11.8	12	15.4	11.2	0	3	C	
08-Jul-17	19.8	10.2	13.4	18.6	13	12.6	15.6	12.2	0	0	C	
09-Jul-17	20.2	11.4	13	19	14	12.6	15.6	13.4	0	0	W	6
10-Jul-17	20	10	12.8	18	13.4	11	15	11.2	0	8.2	N	4
11-Jul-17	19	11.4	13	17.4	13.2	12.6	16	13	0	7.3	C	
12-Jul-17	18.4	9	12	15.6	12.4	11	14	11.2	10.2	0	C	
13-Jul-17	17.6	9.2	10.2	16	12.4	10	14.2	11.2	0	0	C	
14-Jul-17	20	8.6	9	17	13.2	8.8	14.6	12.4	0	0	W	4
15-Jul-17	19.8	8.2	10.4	17	12.6	8.2	15	11.2	0	0	C	
16-Jul-17	20	10.2	10.6	10.2	14	10.2	15	13.4	0	0	C	
17-Jul-17	19	10	11	17.8	13.2	10.4	14.8	13	0	0	C	
18-Jul-17	18.6	10.2	11.4	15	11.6	10	14.8	10.2	0	0	C	
19-Jul-17	11.6	9.8	19.8	18.2	10.6	9.8	10.2	10.6	5.7	6.5	C	
20-Jul-17	15.6	8.6	10.4	12	12.2	10.4	12	11.4	0.2	0	C	
21-Jul-17	17.4	7.2	8.4	16	12.2	7.8	14.6	12.2	0	0	C	
22-Jul-17	20	8.2	8.6	18.8	13.2	8	16.2	11.6	0	0	S	4
23-Jul-17	21	8	13	19.8	14	8.4	15	13.4	0	0	C	
24-Jul-17	21	8.4	11.2	19	13.8	9.2	16	11.4	0	0	C	
25-Jul-17	25	10	11.4	23	15.8	11.2	18.4	14.2	0	0	W	8
26-Jul-17	20	10.2	13	18.2	13.6	12.4	15.2	12	0	0	N	2
27-Jul-17	21	10	13.6	19	15	12.6	15.4	13.6	0	0	W	8
28-Jul-17	20	10.6	12.6	17.8	12.8	11.4	14.8	12.4	0	0	C	
29-Jul-17	18.6	10.6	11.8	15	12.6	11.4	14.2	11	0	0	W	4
30-Jul-17	18.8	10.4	11.4	17.6	11.8	10.2	16.8	11.8	13	0	C	
31-Jul-17	20.4	10.8	11.8	19	13.8	11.8	16	13.4	0	0	C	

AGOSTO - 2017												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Ago-17	20.4	9.2	10	19	13.6	9.2	15.2	13	0	0	C	
02-Ago-17	21.4	9.4	10	18.6	15	9	15.6	14.2	0	0	C	
03-Ago-17	22.2	10	12.8	20.8	16.2	11.2	16.4	13.2	0	0	S	4
04-Ago-17	20	9	11.4	17.6	12.8	9.6	16	11.4	0	0	W	6
05-Ago-17	20.8	10.8	13	18.8	13.8	11.8	16.2	12.6	0	0	N	4
06-Ago-17	21	10.4	12.6	20.2	14.4	11	18.4	13.6	0	0	W	2
07-Ago-17	22.4	10	13	20.6	15.8	11.6	17.8	13	0	0	W	6
08-Ago-17	22	10.4	12.6	20.8	16	11.4	18	14.2	0	0	C	
09-Ago-17	20.2	10	12.8	19	14.8	9.4	16.6	12.8	0	0	C	
10-Ago-17	21	10.4	13	20	14	12.4	18.6	13.4	0	0	C	
11-Ago-17	19.6	11	11.8	16	12.4	11.8	15.6	11.8	0	0.7	C	
12-Ago-17	19.8	10	12.6	17.4	12.2	11.6	15.8	11	0	0	C	
13-Ago-17	19	11	13	16.2	11.4	12.8	15	11.4	0	0.2	C	
14-Ago-17	19.2	11.2	12.6	15	11.4	11.8	13.8	11	0.3	0	C	
15-Ago-17	21.6	10	13.6	20.8	15.8	12.6	17.4	14	0	0	C	
16-Ago-17	17.2	11.2	12.6	16	12.8	11.2	16	12.8	0	1.4	C	
17-Ago-17	17.8	11	12.8	17	13.2	11.8	16	12.8	14.5	0	C	
18-Ago-17	20	10.4	13.8	19.4	13.2	11.4	17.8	12	4	0	C	
19-Ago-17	20.4	11	13.2	18.6	13.8	12.4	16	12.4	7.5	0	C	
20-Ago-17	22	11.2	13	20.6	13.2	12.6	18.4	12.6	14.5	10.8	C	
21-Ago-17	20	10	11.8	19	13.6	11.6	16.2	12.4	14.2	0	C	
22-Ago-17	19.8	10.2	12.6	16.4	11.6	12	15.4	11.4	7.5	0.2	C	
23-Ago-17	18.8	10.4	11	15	12	9.6	14.4	11.6	0	0	C	
24-Ago-17	22	11	13.2	21	14.2	12	18.2	13	0	0	N	4
25-Ago-17	20	11.2	11.8	18.4	13.8	11	16.2	12.6	0	0	S	6
26-Ago-17	21	10	12.4	20	14.8	11.2	17.4	13.6	0	0	C	
27-Ago-17	20.6	10	12.8	16.2	12.6	11.6	15.4	11.2	0	0	W	6
28-Ago-17	20.2	11.4	13.2	18	13.8	12.6	16.4	13	0	0	C	
29-Ago-17	21.6	10.4	12.8	14.6	14.8	11.4	14.2	13.6	0	0	S	2
30-Ago-17	22.2	9.4	11.6	20.8	14.8	10	17.6	13.4	5.2	0	S	2
31-Ago-17	22	10	12.4	19.6	15.4	11	14.4	14	0.5	0	C	

Fuente: SENAMHI

SEPTIEMBRE - 2017												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Sep-2017	22.2	10	13	20	15.2	10	16	13	0.5	0	C	
02-Sep-2017	22	9.6	13	21	16	12.8	17.2	15.6	0	0	C	
03-Sep-2017	22	11.4	12.4	20.2	14.4	11.4	18.6	13.6	0	0	C	
04-Sep-2017	22	11.2	13	21	14	12.8	19.2	13.4	0	0	W	8
05-Sep-2017	20	10.8	13	18.2	13.8	12.4	16	12.6	0	0	C	
06-Sep-2017	19.8	11.8	12.8	17.2	13.6	12	15.8	12.4	1.4	0	C	
07-Sep-2017	20.2	10.6	13.2	18.6	13.8	12.4	16.2	13	0	0.3	C	
08-Sep-2017	17.6	11.2	12	15	12.2	12	14	12	0	10.2	C	
09-Sep-2017	18.2	12	12	16	13.6	12	15.2	13	0	7.6	C	
10-Sep-2017	17	11.8	12	15.8	13.6	12	15.8	13.4	6.7	0.4	C	
11-Sep-2017	17.8	11.6	13.4	14.6	12.4	12.8	14	12.2	14.4	0.6	C	
12-Sep-2017	17	11.8	12	15	11.8	12	14	11.6	6.5	0	C	
13-Sep-2017	17.2	11.6	12.6	17	12	11.6	15.8	11.6	0	25.2	SE	6
14-Sep-2017	16	12	12.8	14.8	12.6	12.8	14	12	0	10.2	C	
15-Sep-2017	17	11.4	12	16	13.8	12	15.6	12.4	15.6	0.8	C	
16-Sep-2017	15	11	12.2	13.8	11.6	12.2	12.8	11.6	10.4	6.6	C	
17-Sep-2017	14.6	11.6	12	13	11.8	12.2	12.8	11.6	0.2	5.2	C	
18-Sep-2017	17.6	11.4	11.4	15.2	12.8	12	13	11.4	0	0	C	
19-Sep-2017	20	12	13	17	13.6	11.4	14.6	12.6	0	0	C	
20-Sep-2017	22.4	12.2	14	17	14.2	13.2	15.6	13.8	0	0	C	
21-Sep-2017	21.4	12.4	13.4	19.8	14	13.4	17.6	13.6	0	0	C	
22-Sep-2017	20.2	12.2	14.2	17.8	13.8	13.8	15.2	12.4	0	0	C	
23-Sep-2017	22	11.8	13.6	18.4	13.8	13.6	16.4	12.2	0	0	C	
24-Sep-2017	21	11.6	13.8	19	13.8	13	17.8	12.6	4	0.1	C	
25-Sep-2017	21.4	11.4	12.8	18.4	13.2	12.6	16.8	12.6	3.4	0	C	
26-Sep-2017	18	11	12.6	16	12.8	12.6	15.8	12.2	3.8	0	C	
27-Sep-2017	18.6	11.4	12.4	15.2	13	12.4	14.6	12.6	-888	4.8	C	
28-Sep-2017	20.4	11	12.8	18.4	13.8	12	16.2	13	0	10.4	C	
29-Sep-2017	20	12	13.2	18	13.4	12.8	16	11.4	1.2	10.2	C	
30-Sep-2017	21.8	11.4	13.4	20.4	13	12.2	18	12.6	0.1	0	C	

OCTUBRE - 2017												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Oct-17	20.6	11.6	12	18.6	13.8	11.6	16.2	12.4	0	0	C	
02-Oct-17	22.8	11.8	12.8	20.4	14	12	16.2	13.6	0	0	N	4
03-Oct-17	21.6	11.4	13	19.8	13	11.8	17	12.4	0	0	W	6
04-Oct-17	18.8	11.6	12	16	12.6	11.8	16	12	0	17.4	N	2
05-Oct-17	19	10.4	11.4	17.2	12.8	11.4	16.6	12.2	18.5	0	C	
06-Oct-17	18.6	11	12.8	14.8	12.4	12	14	11.6	0	0	C	
07-Oct-17	20	10.8	12.8	18	13.6	11.6	16.8	12.4	0	10.4	C	
08-Oct-17	21.4	11	13	18.8	12.8	12.8	16.4	11.4	0	0	C	
09-Oct-17	22.8	11.4	13.4	20.2	14.6	11.2	17.4	13.2	0	0	C	
10-Oct-17	19.8	11.8	12.6	16.6	12.4	11.8	15.4	11.6	0	0	C	
11-Oct-17	21.2	11.4	12.4	18.2	14	12.4	16.8	13.6	0	2.2	C	
12-Oct-17	18.6	10.4	13.8	16.8	12	13	16	11.8	0	0	C	
13-Oct-17	21.2	11.8	12.6	20	13.4	11.6	17.4	12.6	0	0	W	6
14-Oct-17	22	11.4	12.6	20	14.2	12	17.2	13.4	0	0	C	
15-Oct-17	14	11	11.2	13	10.8	11.2	13	10.8	14.2	13	C	
16-Oct-17	17.2	11.6	12.8	15.4	11.8	12	15.2	11.4	0	21.8	C	
17-Oct-17	20.4	11.4	13	17.6	12.6	12.8	16	11.8	0	0	N	2
18-Oct-17	20.8	12	13	18.6	12.8	12.6	16	12	0	0	C	
19-Oct-17	22.4	12.2	13	19.8	13.2	12.8	16.6	12.4	0	0	C	
20-Oct-17	21.6	12.4	13	20	13.8	12.6	18.2	12.6	6	0	C	
21-Oct-17	21.2	12	13.6	16.6	12.8	12	16.6	11.8	2	0	C	
22-Oct-17	16.6	11.2	12.7	15.6	12	11.8	14.8	12	11.2	0	N	6
23-Oct-17	18.1	12	12.4	16.6	12.1	12.4	16	12.1	15	0	C	
24-Oct-17	20	11	12.6	18.8	11	12.1	16.8	11	15.3	0	S	6
25-Oct-17	19.6	12	12	16.8	12.4	12	16.6	12.4	15.3	10.2	C	
26-Oct-17	20.2	11.4	13	18.2	12.1	13	16.2	11.9	2	0	S	6
27-Oct-17	21.6	12	12.8	20	12.1	12.6	18.6	12.1	0	0.2	C	
28-Oct-17	22	11.6	13.2	20.1	11.8	12.8	19.6	11.8	3	0	C	
29-Oct-17	23.2	11.6	12.6	22	12.2	12.6	20	12	10.1	6.3	SE	2
30-Oct-17	22.8	9	11.8	21.2	12.6	11.2	16.4	12.4	10.1	0	S	6
31-Oct-17	19.4	11.8	13.4	18.6	12	12.6	15	12	0	0	SE	4

Fuente: SENAMHI

NOVIEMBRE - 2017												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Nov-17	22.6	9.8	14.2	21.4	11.8	13.2	19.2	11.6	0	0	C	
02-Nov-17	19	12.4	13.2	17.8	12	13	16.2	11.8	0	0	C	
03-Nov-17	23	12	13.2	22	13.2	12	18	12.8	0	0	W	6
04-Nov-17	18.6	11	12	16.3	12.4	11.8	15.8	11.8	3.4	0	C	
05-Nov-17	19.2	11.2	12	16	12	11.8	14.6	12	0	0	C	
06-Nov-17	16.2	12	12	13	12	12	13	12	1.3	1.9	C	
07-Nov-17	16.4	12	13	12.8	11.8	13	12.2	11.6	2.7	0	C	
08-Nov-17	21	11.8	12.8	18	14.2	12	16	14.2	0	2	C	
09-Nov-17	16.4	12.4	12	14.4	13.4	12	13	13.4	7	2	S	14
10-Nov-17	20	12	13.2	18.8	14.6	11.8	16.4	14	0	2.2	C	
11-Nov-17	16.4	12.6	13.6	16.2	13	13.6	15.2	13	0	25.4	N	2
12-Nov-17	18.6	12.4	13.4	16.4	14	13	15.6	12.6	0	6	C	
13-Nov-17	17.2	12.4	13	12	12.2	13	12	12	0	10.7	C	
14-Nov-17	21.8	12.8	13.8	19.6	13	13	16.8	13	0	0.2	C	
15-Nov-17	20.2	12	12.4	18	12.2	12.4	16.2	12	20.5	3.5	C	
16-Nov-17	20.4	12.2	12.2	16.8	12.4	12.4	16	12	0.3	0	C	
17-Nov-17	19.2	12.4	13	16	13.2	13	15.8	13	0.5	0.4	C	
18-Nov-17	16.8	12.4	13.4	16.4	11.8	13.4	15.8	11.4	6.2	10.7	C	
19-Nov-17	16	12	13.6	13.8	11.4	12	13.8	11	0	0.2	C	
20-Nov-17	17.6	12.1	13.8	15.8	12.6	12.4	15	11.4	0	0	C	
21-Nov-17	20.2	12	13	19	13.2	13	17.4	12.6	0	2.4	C	
22-Nov-17	18.6	12.6	13.8	16.6	12	12.8	16	11.6	0	0	S	4
23-Nov-17	17.6	13	14	15	12	13	15	11.2	0	7.9	C	
24-Nov-17	18.8	11.6	14	15.2	11.6	12	15	11	0	2.4	S	2
25-Nov-17	21	11.4	13	17.6	13.8	12.6	16	13.4	0	0	N	4
26-Nov-17	21	12.6	14	20	14	13.6	17.8	13.4	10.2	0	W	6
27-Nov-17	20.8	11.6	13.6	18.6	13.8	12.4	17.6	12.8	0	4.6	C	
28-Nov-17	18	9.6	12.8	13	11.6	10.6	13	11.4	15.8	18.6	S	10
29-Nov-17	20	11.2	13.6	19	13.6	12.8	17.6	12.2	0	2.4	C	
30-Nov-17	19.8	10.8	13	16.8	12	12.8	16.2	12	0	0.1	C	

DICIEMBRE - 2017												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Dic-17	17.6	12.8	13	15.6	11.6	12.8	15.6	11.6	10	0.4	C	
02-Dic-17	16	12.4	12.8	15	11	12.8	15	11	5.8	0.8	C	
03-Dic-17	19	10	12.2	16	12	11.2	15.6	11.8	4.4	0	C	
04-Dic-17	18	11.4	12.4	13	12.8	12.4	13	12.8	2.2	12.1	C	
05-Dic-17	15.2	12	13	12	12.8	13	12	12.4	10	9.5	C	
06-Dic-17	14.8	12.2	12.6	13	11.2	12.2	13	11	9.5	2.8	C	
07-Dic-17	19.8	12	13.6	16.2	12.8	12.6	15	12.4	0	0	C	
08-Dic-17	22.2	12.2	13.8	20.2	15.6	12.6	17.8	14.2	0	0	N	2
09-Dic-17	21.8	12.6	14.8	19.8	14	13.8	18	13.6	0	0	N	2
10-Dic-17	22.6	12	13.4	20.8	14.8	12.4	18	14	0	0	C	
11-Dic-17	15.8	11.8	13.4	13	11.8	12.6	12.4	11.6	6.8	2.3	C	
12-Dic-17	22	11.6	13.6	20.2	14	12.4	16	12.6	0	0	W	4
13-Dic-17	21	11.4	13	19.8	14.2	11.6	16.2	14	0	6.8	C	
14-Dic-17	21	11.2	12.8	20.6	14.4	11.2	18.2	14	0	5.4	W	4
15-Dic-17	16.8	11.2	13.2	13.6	11	13	13.6	11	0	7.8	C	
16-Dic-17	19.8	11.4	13.2	18	12.6	11.8	17.6	12	0	18.3	C	
17-Dic-17	20	11	12.2	18.4	15	12	16.2	14.8	0.1	3.1	W	4
18-Dic-17	20.2	12	13	17.8	13.8	11.4	16.2	12.6	0.4	1.6	C	
19-Dic-17	15.4	11	11.6	14	13.2	11.6	14	13	27.3	0.9	N	6
20-Dic-17	18	11.4	13.2	15.2	12.2	13	14.6	12	0	2.5	S	4
21-Dic-17	17.2	12.2	13	15.2	12	13	15	12	0.1	0.4	C	
22-Dic-17	15	12	12.4	13	11.8	12.4	13	11.8	4	8.2	C	
23-Dic-17	16.2	12.2	12.8	14.2	11.8	12.6	14.2	11.6	18.2	1.1	C	
24-Dic-17	17.6	11.8	12.8	16	13.2	12.8	15.8	12.6	0	2.4	C	
25-Dic-17	16.4	12.4	13.8	13	12.4	13.4	13	12.2	0	0	C	
26-Dic-17	16.4	11.2	12.6	14	12.8	12.4	14	12.8	0	4	C	
27-Dic-17	15.8	11.4	12.6	13.6	11.8	12.6	13	11.4	16.7	0	C	
28-Dic-17	19.8	11.4	12.8	17	13	12.6	16.2	12.8	0	0	C	
29-Dic-17	20	10.4	13.2	15.6	14.4	13.8	15.6	14.4	47.1	0	S	4
30-Dic-17	16	12	12.8	14	12.6	12.2	14	11.8	10.8	12.2	C	
31-Dic-17	16	11.4	12.8	13.6	11.2	12.6	13.6	11	0	9.5	C	

Fuente: SENAMHI

Reporte pluviométrico de la EMC "Carpish" año 2018

ENERO - 2018												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Ene-18	15.8	11	12.8	12	11.2	12.6	12	11	0.2	5.3	C	
02-Ene-18	14	11.2	12.2	13.8	11.8	12.2	13.8	11.8	22.1	9.2	C	
03-Ene-18	17.8	10.8	12.2	16	13.6	11.2	15.8	13.6	0	0	C	
04-Ene-18	17.8	11.6	12.2	15.2	13.6	12	14.8	13.2	1.7	2.1	C	
05-Ene-18	15.8	11	13.2	16.2	12.8	11	15.6	12.8	12.3	6.2	C	
06-Ene-18	16.8	10.8	13.4	14	13	12.6	14	13	8.9	0.2	C	
07-Ene-18	17	10.6	11	14	10.8	10.8	14	10.6	9.4	6.4	C	
08-Ene-18	18	10.4	11	15.6	12.8	10.4	15	12.6	24.6	4.8	C	
09-Ene-18	15.6	10.8	11.6	14	12	11	13.8	11.2	0	1.5	C	
10-Ene-18	17.4	10.2	12.6	15.4	14	10.8	13.4	13.6	0	1.3	C	
11-Ene-18	15.6	11	11.8	13	10.6	11.8	13	10.6	0	2.1	C	
12-Ene-18	18.6	11.4	14.4	15.6	13	14.4	15.4	13	8.6	2.1	C	
13-Ene-18	15	11.2	11.6	13	12	11.4	13	11.8	3.2	0	C	
14-Ene-18	15.8	11	13	14.8	12	12	13.2	12	1.9	0.2	C	
15-Ene-18	14.8	10	11.6	13.8	11.6	10	12.8	11.2	29.7	8.6	C	
16-Ene-18	19.6	10.6	13.2	18.6	13.6	12.6	15.6	12.2	6.2	0	C	
17-Ene-18	14.8	11.2	12.4	13.6	11.8	12.4	13.4	11.6	1.2	3.6	C	
18-Ene-18	15.6	11.4	12.6	14	12.6	12.6	13.6	12.6	30.3	1.6	C	
19-Ene-18	18.4	11.2	12.6	14.8	12.6	12.4	12.4	12.6	1.2	12.2	C	
20-Ene-18	16.6	11.4	12.8	15.6	13.6	12.6	15	12.8	3.1	14.2	C	
21-Ene-18	18	11	13	15	12.8	12.6	14	12.8	2.2	10.2	C	
22-Ene-18	15.2	11.2	12.2	14	12.8	11.4	14	12.4	14.2	9.8	C	
23-Ene-18	15.4	11	11.2	13.8	12.6	11.2	13.4	12	0	0.7	C	
24-Ene-18	20.6	10	12.8	18.6	12.8	9	17.4	12	0	10.6	C	
25-Ene-18	19.4	9	12.4	16.6	13.2	10	13.4	12.8	0	1.4	C	
26-Ene-18	19	11.2	13.4	17.6	14	12.6	16.4	13.6	0	4.4	C	
27-Ene-18	21	11.4	12.4	18.8	15	10.2	15.8	14.2	0	0	C	
28-Ene-18	18	12	14	15.2	12.6	13	15.2	12	0	0	C	
29-Ene-18	20.4	11	11.6	19	13.8	11.2	17.6	12.4	0	0	C	
30-Ene-18	19.6	11.4	13	18.2	13.8	12.2	16	12.6	0	0	C	
31-Ene-18	21.4	12	13.4	19.8	14	12.6	17.4	13.6	0	0	C	

FEBRERO - 2018												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Feb-18	20.2	11.6	13	18.6	14	12	16.8	13.6	0	0	C	
02-Feb-18	21	12.2	13.2	19.8	14	12.6	17.2	13.6	0	0	N	2
03-Feb-18	17.6	12.4	13.6	15	13.4	13	14	12.6	0	0	C	
04-Feb-18	19.8	11.6	13.4	18.2	12.8	12	15.2	12.6	0	6.2	N	2
05-Feb-18	21	12.4	14	19.8	14.2	13.8	15.2	13.4	0	0	C	
06-Feb-18	19.6	11.8	13	18.4	13.6	12.6	16	12.4	0	2.9	C	
07-Feb-18	17.4	12	13	15	11.6	13	14.8	13	0	0	W	4
08-Feb-18	15	12.4	13.4	13.6	11.8	13	13.4	11.6	0	0	C	
09-Feb-18	15	12.2	14.4	13	12.2	14	13	12	1.6	1.2	C	
10-Feb-18	15.4	11.2	12	12.8	11.4	12	12.8	11.4	30.1	0.2	C	
11-Feb-18	17.4	11.4	12.4	16	13	12	15.4	12.6	4.2	0	C	
12-Feb-18	18.6	12.2	12.6	17	13.2	12.4	16.6	13	0	0.1	C	
13-Feb-18	19.8	12	12.8	17.8	13.6	12.8	16.2	13.6	2.4	0	C	
14-Feb-18	16.2	12.4	12.8	15.6	11.8	12.6	15.2	11.4	1	8.4	C	
15-Feb-18	17.4	11.2	13	15.2	13	12.4	14	12.4	2.4	8.6	C	
16-Feb-18	17	11.4	12.8	14.6	13	11.6	14	12.4	20.4	0	C	
17-Feb-18	16.8	11.6	12.8	13	11.6	12.8	13	11.6	10.2	9.1	C	
18-Feb-18	17	12	13.4	16.2	12.8	13	16	12.6	3.8	8.1	C	
19-Feb-18	15	12.4	12.8	13	11.8	12.6	13	11.4	3	0	C	
20-Feb-18	15.8	11.2	12	12.6	12.2	11.4	12.6	12.2	2.7	2	C	
21-Feb-18	15	11.4	13.2	13.2	12	12.8	13.2	12	0	0	C	
22-Feb-18	18.6	10.2	16.2	16.2	12.8	11.6	16	12.4	1.7	-888	C	
23-Feb-18	17	10	16.2	16.2	12.8	9.8	16	12.6	5.6	0	C	
24-Feb-18	17	11.2	15.8	15.8	11.8	11.8	15.6	11.2	1.1	0	C	
25-Feb-18	17.4	11	13.8	13.8	13	11.6	13.6	12.8	0.2	6	C	
26-Feb-18	17.6	11.4	16.8	16.8	12.6	12	16	12.2	0	8.5	C	
27-Feb-18	18.6	11.6	14.6	14.6	12	12.4	14	12	0	2	C	
28-Feb-18	16.6	11.4	15.8	15.8	11.8	11.4	15.6	11.6	0	0	C	

Fuente: SENAMHI

MARZO - 2018												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Mar-18	15	11.2	12.8	13	11.8	12.6	13	11.6	0	2.1	C	
02-Mar-18	20	11.4	12	15.8	12.8	12	15.4	11.8	1.8	19.7	C	
03-Mar-18	19	11.4	12.4	18.8	13.6	11.6	15.2	13	2.2	0	C	
04-Mar-18	20	12	13	18.2	13.4	13	16.8	13.2	0.6	0.2	C	
05-Mar-18	19	12	12.2	16	13.8	12.2	15.6	13.6	22.3	9.2	C	
06-Mar-18	19.8	11.8	12.6	15	15.4	12.6	14.4	12.4	2.2	15.8	C	
07-Mar-18	20.4	11.4	13	17.8	13.6	11.4	16.6	13.2	10.1	0	C	
08-Mar-18	17.8	11.8	13	14.8	12.6	12.2	14.4	11.8	0	10.2	C	
09-Mar-18	19.2	11	12.2	16	13	11.8	15.4	12.2	8.2	0	C	
10-Mar-18	15.8	12.2	13.4	13	12	12.6	13	11.8	2.9	6.2	C	
11-Mar-18	20.2	11.4	12	19.8	13.8	11.8	17	12.6	-888	0	S	2
12-Mar-18	19.2	11.8	13.2	15.2	11.8	12.8	15.2	11.2	0	0.8	C	
13-Mar-18	17.6	11.2	12.6	17	13.4	11.8	16.4	13	2.1	-888	W	4
14-Mar-18	18.2	11	12.8	17	13.6	12.4	16.8	12.8	5.3	0.5	C	
15-Mar-18	16.8	10.8	12.6	16	12.6	11.8	15.8	11.4	2.7	8.2	C	
16-Mar-18	19.2	11	13.6	16.2	12	12	15.6	11.4	23.6	0.5	C	
17-Mar-18	17	12.2	12.8	15.2	13.6	12.8	15	13.6	0	2.7	C	
18-Mar-18	16.4	11	13.6	15.2	12.8	13	15.2	12.6	3	4.7	S	2
19-Mar-18	17.6	10.4	12.4	16.2	12.8	11.6	16	11.8	0.2	3.7	S	2
20-Mar-18	17.6	11.4	13	16.4	13	12.6	15.6	12.8	0	6.4	S	2
21-Mar-18	18	10.6	12.6	17	13	12.4	16.2	12.8	7.4	2.5	C	
22-Mar-18	15.6	12	12.6	13	11.8	12	13	11.4	4.3	5.6	C	
23-Mar-18	16	12.2	12.6	14	12	12.4	13.8	11.8	0	3	C	
24-Mar-18	16.2	11.2	12.6	16	11.8	12.4	15.6	11.6	0	3	C	
25-Mar-18	19	11.4	12.2	17.6	13	12	17	12.8	10.3	0.2	C	
26-Mar-18	15	12	12.8	15	12	12.4	14.8	11.6	2	5.5	C	
27-Mar-18	14.8	10.2	11.2	13.6	11.8	10.8	13.4	11	0	4.1	C	
28-Mar-18	15.8	11.2	12	15.8	11.8	12	14	11.8	0	8.2	C	
29-Mar-18	17.8	11	12.8	15	13.8	12.8	15	12.6	12.5	0.2	W	4
30-Mar-18	14.8	12.4	12.8	12.6	11	12.8	12.6	11	0.4	5.4	C	
31-Mar-18	15.6	12	13.2	14.4	11.6	13.2	14.4	11	6.8	10.1	C	

ABRIL - 2018												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Abr-18	17.8	11	12.4	15.8	13.6	12	15.5	12.4	0	0	C	
02-Abr-18	16	11.4	11.8	13.6	13.4	11.6	13.4	11.2	0.3	1.6	C	
03-Abr-18	18.6	11	13	17.6	13.8	12.6	16.2	13.4	0	0.5	C	
04-Abr-18	18.8	11.4	12.2	16.4	13.6	10	15	13.2	0	1.1	C	
05-Abr-18	21.6	11.2	12.4	21	14.6	11.4	17.6	14	0	0	W	4
06-Abr-18	19	12	12.8	17.6	13.8	12.6	16.2	13	0	0	C	
07-Abr-18	18	12.2	12.6	17	13.8	12.4	16.6	13.2	0	3.5	C	
08-Abr-18	19.2	11.4	13.4	16.2	13.8	13	15.8	13	0	0	C	
09-Abr-18	18.4	10.2	13	16.6	13.8	10	15	13.6	36.5	2.6	C	
10-Abr-18	19.6	10.4	12.8	18.4	13.6	11.8	17	13.4	6	5.3	E	2
11-Abr-18	21	12.2	14	20	13.8	13.2	18.8	13.6	0	2	C	
12-Abr-18	19	12.4	14	15	13.2	13.6	13.8	13	0.1	0.2	C	
13-Abr-18	18	11	12.4	17	12	10	16.8	12	7.1	2.1	C	
14-Abr-18	15	12.4	13.4	14.2	12.8	12.8	14	12	10.3	0.8	C	
15-Abr-18	20.4	12.2	13	17.8	14	12.4	16	13.8	0	0	N	2
16-Abr-18	21	10.4	12	19.2	14.2	11	17.4	14	0	0	C	
17-Abr-18	20	10	10.8	17.6	14.8	10.4	16	14.6	0	0	C	
18-Abr-18	19.8	10.6	11.8	17	13.8	11.8	15.2	12.4	0	0	S	2
19-Abr-18	22	10.8	11.6	20.2	14.8	11.6	16	13.8	0	0	C	
20-Abr-18	21.2	11.8	12.2	19.2	14	12.2	17	13.8	1	0	C	
21-Abr-18	16.8	11.4	12.6	16	13.8	12	15.6	13.4	2.4	0	C	
22-Abr-18	20	11	13	19	14	11.2	16.6	13.6	0	10.1	C	
23-Abr-18	20	10	11.8	19.8	14.2	11	17.2	14.2	7.7	2	C	
24-Abr-18	17	11.2	11.8	14.2	12.8	11	14.2	12.6	0	5.5	C	
25-Abr-18	17	11	12	15.8	12.6	12	15.6	12.4	0.2	6.5	C	
26-Abr-18	20	11.4	12.6	17	14.2	12.4	16.8	13.8	0	8.1	C	
27-Abr-18	21	11.2	11.6	19.4	14	11.6	17	13.6	0	0	C	
28-Abr-18	15	11	12.6	12.4	12	11.2	11.6	11.4	40.8	2.8	C	
29-Abr-18	18	11.4	13	17	12.8	11.6	16	12	0	1.3	N	2
30-Abr-18	20.8	10.8	13	17	13	11.6	15.8	12.4	0	0	C	

Fuente: SENAMHI

MAYO - 2018												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-May-18	20.6	11.6	14	17.2	14.2	12	15.8	13.6	3.2	1.5	N	4
02-May-18	19.8	11.4	13.6	15.8	12	11.8	15	11.6	0	0	C	
03-May-18	21.6	11.2	13	19.8	14	12.8	17.2	13.4	0	0	W	4
04-May-18	20.2	11.6	12	17	14	11.2	15.8	12.6	0	0	C	
05-May-18	19	10.2	12.2	16	13	11.4	15.2	12.8	2.6	0	C	
06-May-18	20	11	12.4	18.6	13.8	11.8	15	13.4	16.3	0	C	
07-May-18	19.8	10	12.2	16.4	12.2	11.2	15.8	11.6	3.4	4.1	C	
08-May-18	18.6	10.8	11.6	15.6	11.8	10.6	15	11.8	0	4.6	C	
09-May-18	20.4	11	12.6	19	14.2	11	17.6	12.4	12.4	0.2	S	4
10-May-18	21	12.4	13	19.2	14	13	17.4	13.6	3.5	0	C	
11-May-18	18.8	12	12.6	15.8	11.4	12.6	15	11	0	12.6	W	2
12-May-18	20.8	11	13	16.2	13	11.8	15	13	0	0.2	S	2
13-May-18	20.6	10.8	13.8	19.2	13.8	11	14.2	12.6	22.1	0	C	
14-May-18	20	11.2	12	16	14.2	11.8	15.2	13.8	0	0	C	
15-May-18	19.8	11.4	12.6	17	11.2	11.4	15.2	11	0	0	C	
16-May-18	18.8	11.2	13.4	17.6	13.6	13	16	12.4	0	0	C	
17-May-18	20.2	11.4	12.6	18.6	13.8	12.2	16.4	12.6	0	7.1	S	2
18-May-18	21.8	11	13.8	20	14	12.6	18	13.8	0	0	N	4
19-May-18	21	11.4	12.4	20	14	12	16.4	13.6	0	0.8	W	4
20-May-18	18	10.6	12	15.6	11.8	11.8	15	11.8	0	0	S	2
21-May-18	13.6	10.6	11.4	12.2	10.8	11.4	12.2	10.8	2.8	0.1	C	
22-May-18	14.8	10	10.4	14.2	10.2	10.2	13.6	10	0	0	C	
23-May-18	17.8	10.2	11.2	15.2	12.4	10.4	15	12.2	0	0	C	
24-May-18	18.6	10	11.8	18.2	11.8	10.2	16	11.6	0	0	N	4
25-May-18	20	10	12	19.2	13	10	16.2	12.6	0	0	N	4
26-May-18	21.6	10.8	12.8	19	14	11.6	17.2	13.6	0	0	S	2
27-May-18	20	10.2	12.4	18.2	13.8	10.6	16.2	13	0	0	C	
28-May-18	18	10.4	10.6	16	11.8	10.4	15.8	11.8	6.9	0	C	
29-May-18	17.6	10	11.8	15	12.6	10.4	14.6	11.4	0	0.2	C	
30-May-18	17.4	10.8	12	14.6	12.4	12	14.4	12	0	0	C	
31-May-18	19.2	10.2	11.8	15.8	12.2	11.6	15.2	12.2	0	-888	C	

JUNIO - 2018												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Jun-18	18.2	11.2	13.2	15.2	11.4	12.2	15	11.4	19	0.3	C	
02-Jun-18	20	10	12.8	18.6	13.4	12.8	16	13.2	6.7	10.4	C	
03-Jun-18	13	10.4	12.2	12.4	10.2	10.4	12.4	10.2	22	27.8	C	
04-Jun-18	16.2	10	12.4	15.2	12.6	11.6	14.4	12.2	2.1	1.8	C	
05-Jun-18	18.8	10.2	13.2	16	12.8	11.2	15.8	12.4	0	0	C	
06-Jun-18	21	10	11.4	19.8	14	10.4	17	14	0	0	C	
07-Jun-18	20.2	10.4	12	19.4	14.6	10.2	16.8	14	0	0	N	2
08-Jun-18	21.8	9.6	10.6	20.2	15.2	10.4	16	14.6	0	0	W	4
09-Jun-18	17	10	11.6	13.4	11.4	11.2	12.4	11	0	0.2	C	
10-Jun-18	17	10.8	12.8	13.4	12	10.8	13	11.6	2.8	1.2	C	
11-Jun-18	13.8	11.2	12	13	10.2	12	13	10.2	6.8	1.3	C	
12-Jun-18	13.6	10.4	11.6	12.8	11.2	11.6	12.8	11	6.2	3.4	C	
13-Jun-18	15	10	11.2	13.6	12.8	10	13.6	12	0.2	6	C	
14-Jun-18	19	10.2	10.6	18.2	13.8	10.4	16	13.2	0	-888	C	
15-Jun-18	15.4	10	12	13.6	12.8	10.4	13	12.6	0	0.2	C	
16-Jun-18	13.6	10.4	10.4	11.8	11.6	10.4	11.8	11.6	10.1	1.4	C	
17-Jun-18	17.6	8.8	10	15.8	13	8.8	14.2	12.4	0	0	C	
18-Jun-18	19	10.2	11	17	13	10.4	15.2	12.6	0	0	C	
19-Jun-18	19.8	8.4	9.8	15.6	12.8	8.6	14.8	12.6	0	0	C	
20-Jun-18	20	9	9.6	18.8	14.2	8.6	15	13.6	0	0	C	
21-Jun-18	19.8	8.6	10	18.6	13.2	9.6	15	12.4	0	0	C	
22-Jun-18	20.2	8.2	9.2	18.8	13.6	8.8	14.6	11	0	0	C	
23-Jun-18	19	8.8	9.6	18	12.6	8.8	14.8	11.2	0	0	C	
24-Jun-18	21	8.6	9.2	18.6	14	9	16.4	13.2	0	0	C	
25-Jun-18	13.4	9.6	11.6	12	10.8	11	12	10	1.3	1.2	C	
26-Jun-18	19	9.4	11.4	17.8	12.4	11.4	15.8	11.2	3.6	0	S	2
27-Jun-18	20	9.8	11	19	13.8	9.6	16	12.6	0	0	W	6
28-Jun-18	19.8	10	11.8	17	12.4	11.6	14.8	11.6	0	0	C	
29-Jun-18	20.6	10.2	10.6	18.4	13.6	10.4	16	12.6	0	0	C	
30-Jun-18	21	8.6	10.2	19.6	13	9.4	16.2	12.4	0	0	C	

Fuente: SENAMHI

JULIO - 2018												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Jul-18	20.2	9.8	12.4	18.6	13.8	9	15.2	12.6	0	0	N	2
02-Jul-18	20.8	8.6	12	20.2	13.8	10.2	15.6	12.4	0	0	W	6
03-Jul-18	20	9.8	12	18.4	14	9.4	15.6	13.4	0	0	C	
04-Jul-18	20	8.6	12	19	13.8	10.2	16.4	12.6	0	0	C	
05-Jul-18	15.8	10.4	11.4	13.2	12.6	11	13	12	0.6	0	C	
06-Jul-18	20.4	10	10.4	18.6	13	10.2	14.8	12.6	0	0	C	
07-Jul-18	21.6	10.2	11.6	21	14.2	11.4	16	13.4	0	0	W	6
08-Jul-18	21	10	12	20	15.4	11.6	16.2	13.6	0	5.9	C	
09-Jul-18	14.2	11	12.6	13	11.6	12.6	13	11.4	0	-888	C	
10-Jul-18	17	10.4	10.6	16	12.6	10.6	13.6	11.4	25.7	20.2	C	
11-Jul-18	14.2	9.4	10.4	12	11.2	10.4	12	11.2	0.4	1.1	C	
12-Jul-18	16.2	9.8	10.6	13	11.6	10.6	13	11.4	0	2.4	C	
13-Jul-18	20.8	9.8	10.2	19.4	14.2	9.8	16.4	13.6	0	0	C	
14-Jul-18	20.2	9	13	19	13.8	9.8	15	12.4	10	0	S	2
15-Jul-18	20.4	9.2	11.4	19	14.6	9	16.2	12.6	0	0	C	
16-Jul-18	21	10	10.8	20	14	9	16.2	12.6	0	0	C	
17-Jul-18	20.2	10.4	11.2	19	13.6	10.4	15.6	13.4	0	0	N	4
18-Jul-18	17	9.6	11.4	15.6	12.8	9.6	13	12.6	13.8	0	C	
19-Jul-18	19.2	10	11	16	13.6	10.6	16	13.8	2	8.8	C	
20-Jul-18	19	10.6	11	16.2	14	11	15	13.6	0.2	20.6	C	
21-Jul-18	19	10	11.2	16	12.4	10.2	15.2	13	10.2	20.8	C	
22-Jul-18	13	10.4	11.2	11.6	10	11.2	11.6	9.8	20.8	10	C	
23-Jul-18	20	10.2	11.6	16.2	14.4	10.2	14.4	13.6	0	1.4	C	
24-Jul-18	18	10	11.6	14.6	12.8	11.4	13.8	11.6	0	0	C	
25-Jul-18	20	10.2	11.2	16.6	13.8	10	14.6	13	0	0	S	4
26-Jul-18	19.2	10	11.6	19	12.6	11.4	15.4	12.2	0	0	C	
27-Jul-18	20.8	10.8	11.2	19.4	14	9.8	15.4	13.2	0	0	C	
28-Jul-18	20.8	9	11	19.4	15.2	9.2	16.2	14.4	0	0	W	4
29-Jul-18	20.2	9.2	9.8	19.8	14.6	9.2	15.6	14.2	0	0	N	4
30-Jul-18	20	9	11.2	15.4	13.8	9	14.4	13.2	0	0	C	
31-Jul-18	21.4	10	11.2	20.8	15.2	10.2	15	13	0	0	C	

AGOSTO - 2018												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Ago-18	14	11.2	11.6	12.6	10.8	11.6	12.6	10.4	0	0	C	
02-Ago-18	18	11	12.6	15	11.8	12.6	14.6	11.8	0	0.3	C	
03-Ago-18	21	9.8	11.2	20	14.4	10.6	17	14	0	0	C	
04-Ago-18	18.8	10.6	11.6	14.8	11.8	11.6	13.6	11	0	8.2	C	
05-Ago-18	16.4	10.2	11.6	13.6	11	10.4	13.6	11	0	0	C	
06-Ago-18	13	10.4	10.8	11	10.2	10.8	11	10	9.8	11.8	C	
07-Ago-18	20	10	11.2	18.4	13	10.2	15.2	13.6	0	0	C	
08-Ago-18	19.6	10.2	11.8	15.2	12.6	10.4	14.4	11.2	2.8	0	C	
09-Ago-18	20.8	10	11	19	14	10.6	16.8	11.6	0	0	C	
10-Ago-18	16	10.4	11.6	13	11.2	11.6	13	11.2	9.4	11.1	C	
11-Ago-18	20.6	9.8	9.8	19	13.8	8.6	15.2	11.4	0	0	C	
12-Ago-18	21.4	9.2	10.8	16.4	14.2	9.4	15.6	13.4	0	0	C	
13-Ago-18	21.6	10.2	10.4	18.2	15.6	10.2	15.2	14.2	0	0	C	
14-Ago-18	21	10	13	20.2	14.2	9	15	12.8	0	0	S	4
15-Ago-18	21.4	10.2	11.2	21	14	10.2	17.6	13.2	0	0	C	
16-Ago-18	15.6	10	10.2	13.4	10.8	10.2	13	10.2	15.1	1.1	C	
17-Ago-18	17.8	10.2	11.6	14	11.6	10.6	13.2	11	0	2.7	C	
18-Ago-18	20	9.8	10.2	16	11.8	9.8	13.8	11.4	0	0	N	4
19-Ago-18	15.8	9.6	11.2	13.4	10.8	11.2	13	10.4	0	2.3	W	4
20-Ago-18	20	10	10.6	18.8	13.6	10.2	15.6	13	0	0	C	
21-Ago-18	18.4	9.8	11.2	15.4	11.2	10.4	13.8	11	0	2.8	C	
22-Ago-18	18.6	10	10.6	14.8	11.6	10.2	13.8	11.2	10.6	0	C	
23-Ago-18	19.6	9.6	10	17.8	13.2	9.8	15	12.6	0	0	C	
24-Ago-18	18	9.4	10.6	17.2	11.8	9.4	14.2	11.2	0	0	C	
25-Ago-18	20	10.2	11	19.4	13.8	10.2	15.4	12.6	0	0	C	
26-Ago-18	18.6	10	11	13.2	12	10	13.2	11.8	0	18.2	C	
27-Ago-18	19.6	9.8	11.4	16.4	11.8	10	14	11.2	0	5.5	N	4
28-Ago-18	19	9.6	10.4	13.6	12.2	9.8	13	11.6	0	0	C	
29-Ago-18	20.2	9.4	10	19	14.2	9.2	15	12.8	0	0	N	6
30-Ago-18	21.2	9.8	12.6	20.2	15.2	9.8	17.4	13.6	0	0	C	
31-Ago-18	22.4	10.4	11.2	21	15.6	10.4	16.2	14	0	0	C	

Fuente: SENAMHI

SEPTIEMBRE - 2018												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Sep-2018	20	10.4	12.4	18.6	13	11.2	15	11.8	0	0	C	
02-Sep-2018	19.6	11	12.8	16.6	11.8	12	14.8	11.2	0	1.3	C	
03-Sep-2018	19.6	11.2	12	15	12	11.8	14	11.8	0	0	C	
04-Sep-2018	19.8	9.2	12.4	15.4	12.2	9.2	14	11.4	0	0	W	6
05-Sep-2018	20	8.2	9	17.6	14.8	8.2	13.6	12.4	0	0	N	8
06-Sep-2018	21	9.8	10	20	13.8	8.6	14.8	11.8	0	0	N	6
07-Sep-2018	21.6	9	9.8	20.4	15	9.2	17.8	12.6	0	0	N	6
08-Sep-2018	21	10	10	20.4	15.2	8.6	14.8	13	0	0	N	4
09-Sep-2018	21.4	10.2	12.4	20	14.8	7.8	17.2	13.6	0	0	C	
10-Sep-2018	21.4	10	12.4	20.2	15	11.6	15	13.4	0	0	S	4
11-Sep-2018	20.2	11.4	12.6	18	13.6	11.6	15.8	12	0	0	N	4
12-Sep-2018	21.4	11	13	21	14.8	11.2	16.2	13.4	0	0	N	6
13-Sep-2018	21.2	12	12.8	20.4	15.4	12	16.4	13.8	0	0	N	6
14-Sep-2018	19.4	12	12.6	16.8	12.4	11.6	14.6	12	0	0	C	
15-Sep-2018	16	12.2	13.2	13	11.6	12	13	11	0	2	C	
16-Sep-2018	21.6	10.8	12.6	20.6	14.8	12	17.2	14	0	0	C	
17-Sep-2018	21	12	13.6	20.2	14.6	12.8	17	13.8	0.9	0	N	6
18-Sep-2018	19.8	12	12.6	17.4	12	12	15.6	11.6	10.9	0	N	2
19-Sep-2018	21.8	11.4	13	20	13.8	11.4	16.8	12.6	0	0	C	
20-Sep-2018	22	11.4	13.8	21.4	14.8	12.6	17.6	13.2	0	0	C	
21-Sep-2018	20.8	10.8	12.2	16.8	13.6	11	19.8	12.8	0	0	N	6
22-Sep-2018	21.4	10	12.2	20.4	15	10.8	17.2	14.4	0	0	C	
23-Sep-2018	20.2	11.4	12.4	15.8	13.4	11.6	14.8	12.8	0	0	C	
24-Sep-2018	21	12.2	12.6	17.4	14.8	12.4	15.6	13.6	0	0	W	6
25-Sep-2018	20.8	11.8	12	19	13.8	12	16.2	13	9	2.8	C	
26-Sep-2018	20	10	12.8	19.6	13.8	11	16.2	13	0	0	C	
27-Sep-2018	21	10.4	12.4	20.6	14.6	11.6	15.8	13.4	0	0	C	
28-Sep-2018	21.8	11.4	14	19.8	15.6	11.6	16.2	14.4	0	8.3	C	
29-Sep-2018	22.6	11	12.6	21	16.2	11.2	16.4	12	0	0	N	4
30-Sep-2018	22	12	12.6	21.8	16	11.6	17.4	14.2	0	0	C	

OCTUBRE - 2018												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Oct-18	19.8	11.4	13	15	12.2	12.6	14.4	11.8	0	7.7	C	
02-Oct-18	20.4	11	14.8	19.4	13	11.6	16	12.6	0	0	C	
03-Oct-18	19.6	11.2	13.6	17	12.4	12.4	16.6	12	4.7	2.1	C	
04-Oct-18	18.4	10.2	13.2	13.6	12	13	13.4	12	10.2	3.7	C	
05-Oct-18	17.8	10	12.4	12.8	11.6	11.2	12.6	11.6	25.2	8.3	C	
06-Oct-18	16.8	10.8	13	14	12.6	13	14	12.6	2.6	10.2	C	
07-Oct-18	16.4	12	12.8	14.6	11.2	11.6	14.6	11	3.8	2.3	C	
08-Oct-18	16.4	11.4	12.4	15.6	13.6	11.6	15	13	12.2	0	N	6
09-Oct-18	18	11	12.6	17.4	12	12.2	16	11.8	0.8	2.8	C	
10-Oct-18	20	12	13.2	19	13.8	12	17.2	13.6	2.7	0	W	6
11-Oct-18	16.8	10.8	12.8	13.8	11.4	11.6	13.8	11.4	2.1	0	C	
12-Oct-18	20	11.4	12.8	14.6	13.8	12.6	14.4	13.2	1.2	0	C	
13-Oct-18	17.6	11.6	14	15.8	12.6	13.6	15.6	12.4	1.6	20.8	N	6
14-Oct-18	19.8	10.8	11	14.2	12.6	11	14.2	12.6	45.4	15.6	N	2
15-Oct-18	18	11.4	12.6	17.4	13	11	16	12.8	12.8	10.6	C	
16-Oct-18	21.4	10.8	13	20	14	12.6	17	13	0	0.5	SE	4
17-Oct-18	19.2	10.6	12.8	17.8	14	12.2	16.4	13.8	3.7	0	C	
18-Oct-18	19	10	12.6	15.6	14.8	12.6	15	11.8	0	15.6	C	
19-Oct-18	20.8	9.8	12.8	18	14	11.8	16.4	13.6	0	0	C	
20-Oct-18	21	12.6	13.8	15.8	13.4	12.8	15.4	13	0	20	C	
21-Oct-18	15	11.6	12	14	11.2	12	13.6	11	12.1	5.5	C	
22-Oct-18	19.8	12	13.4	16.6	12.8	13	14.4	12.6	0	1.2	C	
23-Oct-18	20	12.6	14	17.8	14	13.6	15.2	13.6	0	4.6	C	
24-Oct-18	16	12	13	12	11.4	12	12	11.4	18.5	0.6	C	
25-Oct-18	15.8	11.6	14	14.6	11.2	12	14.6	11	0	4.6	C	
26-Oct-18	15.8	12	12.4	13.4	12.8	12.4	13.4	11.8	9.5	13.6	C	
27-Oct-18	16.8	11.6	12.4	14.4	13	12.4	14.2	12.8	12	10.6	C	
28-Oct-18	16.8	12	12.8	14.4	12	12.8	14	11.6	8.6	9.4	C	
29-Oct-18	20	11.6	12.8	15.6	14.2	12.8	14.8	13.8	12.6	4.1	C	
30-Oct-18	16.8	11.4	13	15.6	12	12.4	15	11.6	0.4	0	C	
31-Oct-18	17	12	12	15.4	11.6	12	15.2	11	2.4	5.2	C	

Fuente: SENAMHI

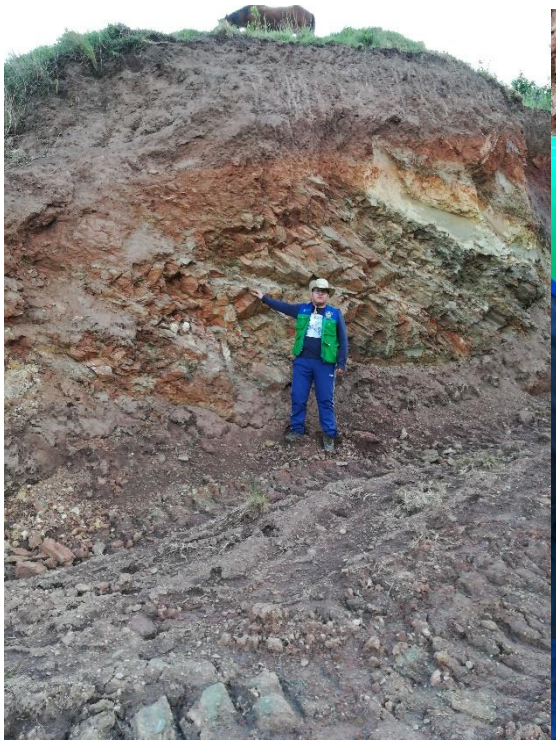
NOVIEMBRE - 2018												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Nov-18	15	12	12.8	13	12	12.2	13	12	10.4	0		
02-Nov-18	19.8	11	13.2	17.2	12.8	11.8	15	12	0	0		
03-Nov-18	22	11.8	13.8	20.8	13.2	12.8	18.2	12	0	0		
04-Nov-18	21.8	12	13.4	14.2	14.8	13	13.6	14.2	0	0		
05-Nov-18	15	11.4	13	12.8	11.6	12.6	12.8	11.4	0	1.7		
06-Nov-18	17	11	13	14.6	12.8	13	14	12.2	0	0		
07-Nov-18	16.8	11.2	13	13.2	12.4	12.8	13.2	12.4	10.2	0.4		
08-Nov-18	18.6	11.4	12.8	16.8	13.6	12	15.6	13.4	0.7	0		
09-Nov-18	18	12.2	12.6	16	13	12	15.8	12.8	1.7	0		
10-Nov-18	21.2	12.4	13.4	17.4	15.4	13.4	16.6	13.8	1.8	0		
11-Nov-18	18.4	12.4	13.6	16.8	12.6	13.4	15.2	12	1.1	0		
12-Nov-18	18	12.2	14.4	16.4	12.8	12.2	15	12.6	0	0		
13-Nov-18	17	12	13.2	15.2	14.2	12.6	14.8	14	11.8	0		
14-Nov-18	18	12	13.6	16.6	12.8	12.6	15.2	12.4	1.8	0		
15-Nov-18	19.2	12.4	13.6	14.4	13	13.6	14.4	12.8	9.3	0		
16-Nov-18	16.8	12.8	13	14.8	12.6	13	14.8	12	26.1	19.3		
17-Nov-18	19	11.6	13.6	17	14	13	16.2	13.6	0	0		
18-Nov-18	17	13	13.4	16.8	13.6	13.4	15.6	13	0	0		
19-Nov-18	19	13	14	17.8	13.6	13.6	15.8	13.4	0	0		
20-Nov-18	16	12.6	13	15	12.4	13	14.8	12	0	8.1		
21-Nov-18	19	11.6	14	16.6	14	12.8	14.8	13.6	0	0		
22-Nov-18	16.2	12.6	13.4	15	13.2	13	14.2	13	0	0		
23-Nov-18	17.8	13	13.8	16.6	14	13	16	13.6	2	0		
24-Nov-18	19	13.2	14	17.8	14.2	13.6	16.2	14	1	0		
25-Nov-18	19.4	12.6	14	15.6	13.8	13.2	15.8	12.6	30.1	0		
26-Nov-18	16	12.2	13	16	12	13	16	11.8	8.9	5.8		
27-Nov-18	2.2	11.2	12.6	19.2	15	12.6	16.4	14.6	1	0		
28-Nov-18	15.6	12.2	13.2	13.2	11.8	12.4	13.2	11.4	0.2	0.1		
29-Nov-18	18	11.4	12.6	13	12.8	12.6	13	12.4	3.6	0.5		
30-Nov-18	18	11.2	14	15.4	12.8	12.6	15.2	12.6	0	0.4		

DICIEMBRE - 2018												
Día/mes/año	Temperatura Max. (°c)	Temperatura Min. (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Húmedo			Precipitación (mm)		Dirección del viento 13h	Velocidad del viento 13h (m/s)
			07h	13h	19h	07h	13h	19h	07h	19h		
01-Dic-18	19.2	10.6	13.2	18	13	12.4	16.2	12.8	0	0		
02-Dic-18	16	11.4	13.4	14.8	13	12	14.4	12.6	3	0		
03-Dic-18	16.2	12	12.6	15	13	12.6	14.6	12.8	0	2.7		
04-Dic-18	15	11.4	12.8	13.4	12.2	12.8	13.4	12	0.6	2		
05-Dic-18	16.2	11.6	13	15	12.8	12.8	13.8	12.8	0	4		
06-Dic-18	17.8	11.6	12.6	16	13	12.4	15.6	12.8	0.2	15.2		
07-Dic-18	16.2	11.4	13.6	14	12.8	13	13.4	12.8	8.4	0		
08-Dic-18	16.6	12	13.2	14.6	13	13	14.6	12	0	2.6		
09-Dic-18	21.4	11	13.4	20.2	14.6	11.4	17.6	14	0	0		
10-Dic-18	20.8	12.4	13.6	19	14	15.2	17.6	13.8	0	3.2		
11-Dic-18	20.2	12	14	17.4	13.8	13	16.4	12.6	0	0		
12-Dic-18	19.8	11.4	13.4	17	13	13	16.2	12.2	0	0		
13-Dic-18	20.2	12.4	13	18.4	13	12	16.2	12.6	0	0		
14-Dic-18	22	12	13.4	18.8	15	12.2	17	14.6	0	0		
15-Dic-18	20.2	11.2	14.2	18.4	14.8	12	17	14	31.8	0		
16-Dic-18	15	12	12.2	13	12.8	12.2	13	12.8	28.2	0.1		
17-Dic-18	19	10.8	11.4	18.2	11.8	11	15.6	11.4	0	0		
18-Dic-18	18.8	11	12	14.6	11	12	14	11	8.8	8.4		
19-Dic-18	20	11.2	13	19	13.2	12.6	14.8	12.4	6.2	0		
20-Dic-18	15.6	12	13	13.6	11.8	13	13.6	11.8	0.2	10.6		
21-Dic-18	18.4	10.4	13.4	13	11.2	12.4	13	11	28.2	6.5		
22-Dic-18	16	11.8	12	14	12	11.8	13.6	11.8	0	5.2		
23-Dic-18	17	11.4	12	16.4	12.8	11.6	16	11.6	0	0		
24-Dic-18	19	11.6	13	18	12.2	13	16.2	11.4	8	0.2		
25-Dic-18	16.2	12	12.6	15.2	12.4	12	14.6	11.8	5.4	0.6		
26-Dic-18	16.4	12	13	13.8	11.8	13	13.8	11.8	8.4	1.5		
27-Dic-18	17.2	11.4	12.4	15.2	13	11.6	15	12.6	0	0.6		
28-Dic-18	18	11.4	12.8	16.4	12.6	12.2	15.8	12	1.2	1.2		
29-Dic-18	15	12.2	13	14.4	11.8	13	14.4	11.8	0	2.7		
30-Dic-18	17.2	11.4	12	16.2	12.6	11.6	15.4	11.8	0	10.2		
31-Dic-18	14	11.8	12	13	11.8	12	13	11.6	5.5	1.4		

Fuente: SENAMHI

ESTUDIO GEOLÓGICO

- **TESIS:** “ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018”.





- **CENTRO POBLADO** : PACHACHUPAN
- **DISTRITO** : CHINCHAO
- **PROVINCIA** : HUANUCO
- **DEPARTAMENTO** : HUANUCO

HUANUCO - PERÚ

2018

INDICE

I. INTRODUCCIÓN.

II. OBJETIVOS.

2.1. Objetivo general.

2.2. Objetivos específicos.

III. MATERIALES Y METODOLOGÍA.

3.1. Equipos y materiales.

3.2. Metodología.

IV. IDENTIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS EN EL ÁREA DE INVESTIGACIÓN.

4.1. Ubicación y geografía.

4.2. Características geológicas en el área de investigación

4.3. Estratigrafía.

4.4. Geomorfología.

V. HIDROGEOLOGÍA EN EL ÁREA DE INVESTIGACIÓN.

5.1. Hidrografía en la región de Huánuco.

5.2. Aguas subterráneas.

VI. PANEL FOTOGRÁFICO.

VII. CONCLUSIONES.

VIII. RECOMENDACIONES.

IX. BIBLIOGRAFÍA.

I. INTRODUCCIÓN.

El presente trabajo corresponde al estudio, evaluación e identificación de las características geológicas en el área de investigación como: las unidades lito estructurales, sistema estructural, identificación del perfil estratigráfico, peligros geológicos, susceptibilidad a los movimientos de masa, geomorfología, neotectónica, etc. De la misma manera la evaluación de zonas estructurales, entre ellas la zona II: de fallas y plegamientos. Averiguando sobre su estado de activación de la falla geológica, así como la vulnerabilidad y riesgo que genera en el área de investigación.

El presente trabajo se desarrolló en base a estudios realizados por entidades públicas y privadas entre ellas: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Gobierno Regional de Huánuco (GOREHCO) y GITEC CONSULT.

II. OBJETIVOS.

2.1. Objetivo general.

- Reconocer e identificar las características geológicas en el área de investigación.

2.2. Objetivos específicos.

- Reconocer e identificar los peligros geológicos, riesgos y demás eventos de geodinámica externa en el área de investigación.
- Reconocer e identificar las unidades litológicas y estructurales en zonas críticas del área de investigación.
- Desarrollar y elaborar el perfil estratigráfico en el área de investigación.

III. MATERIALES Y METODOLOGÍA.

3.1. Equipo y materiales.

El desarrollo del estudio comprometerá el siguiente equipo de trabajo:

- Tesista (para el análisis, evaluación, recopilación y toma de muestras en campo).
- Ayudantes (para los trabajos de excavación en las zonas críticas a considerar).
- Chofer (encargado de traslado del personal al lugar de trabajo).

Entre la logística de materiales para el presente estudio están:

- 1 laptop intel core I7 para la elaboración del presente estudio.
- 1 automóvil para el traslado del personal.
- 1GPS garmin.
- 1 brújula.
- 1 lupa de 10x.
- 1 cámara fotográfica.
- Libreta de campo.
- Picota Stanley de geólogo.

Figura N° 1. Equipos básicos para estudio geológico.



Fuente: https://ponungeologentuvida.wordpress.com/2013/04/24/las-herramientas-de-un-geologo/.

3.2. Metodología.

El presente estudio temático geológico comprende cuatro fases bien definidas:

3.2.1. Primera fase: fase de trabajo preliminar.

- Coordinación con el equipo técnico de trabajo.

3.2.2. Segunda fase: fase de gabinete inicial.

- Obtención de todo el material cartográfico necesario para realizar el presente estudio geológico.
- Recopilación y clasificación de información geológica del INGEMMET, de estudios anteriores de entidades públicos y privados encontrados.
- Elaboración de mapas de ubicación y cartográficos en el área de investigación.

3.2.3. Tercera fase: fase de campo.

- Reconocimiento de las unidades litológicas, estructurales con el desarrollo del perfil estratigráfico.
- Registro fotográfico de áreas geológicas relevantes.
- Coordinación con pobladores en el área de investigación.

3.2.4. Cuarta fase: fase de post campo.

- Análisis e interpretación de las imágenes satelitales, delimitando las unidades de acuerdo a su forma, textura, patrón de drenaje, zonas de riesgo y vulnerabilidad en el área de investigación, etc.
- Elaboración del presente estudio geológico**.**

IV. IDENTIFICACIÓN DE LAS CARÁCTERÍSTICAS GEOLÓGICAS EN EL ÁREA DE INVESTIGACIÓN.

4.1. Ubicación y geografía.

El área de investigación se encuentra situada en la progresiva Km 37+700 al Km 37+800 de la carretera central, tramo Huánuco – Tingo María (ruta nacional PE+18A) en el centro poblado de Pachachupán, perteneciente geográfica y políticamente al distrito de Chinchao, provincia de Huánuco, departamento de Huánuco.

- ✓ **Ubicación Política:**

  Centro Poblado: Pachachupán.
  Distrito: Chinchao.
  Provincia: Huánuco.
  Departamento: Huánuco.

- ✓ **Ubicación Geográfica:**

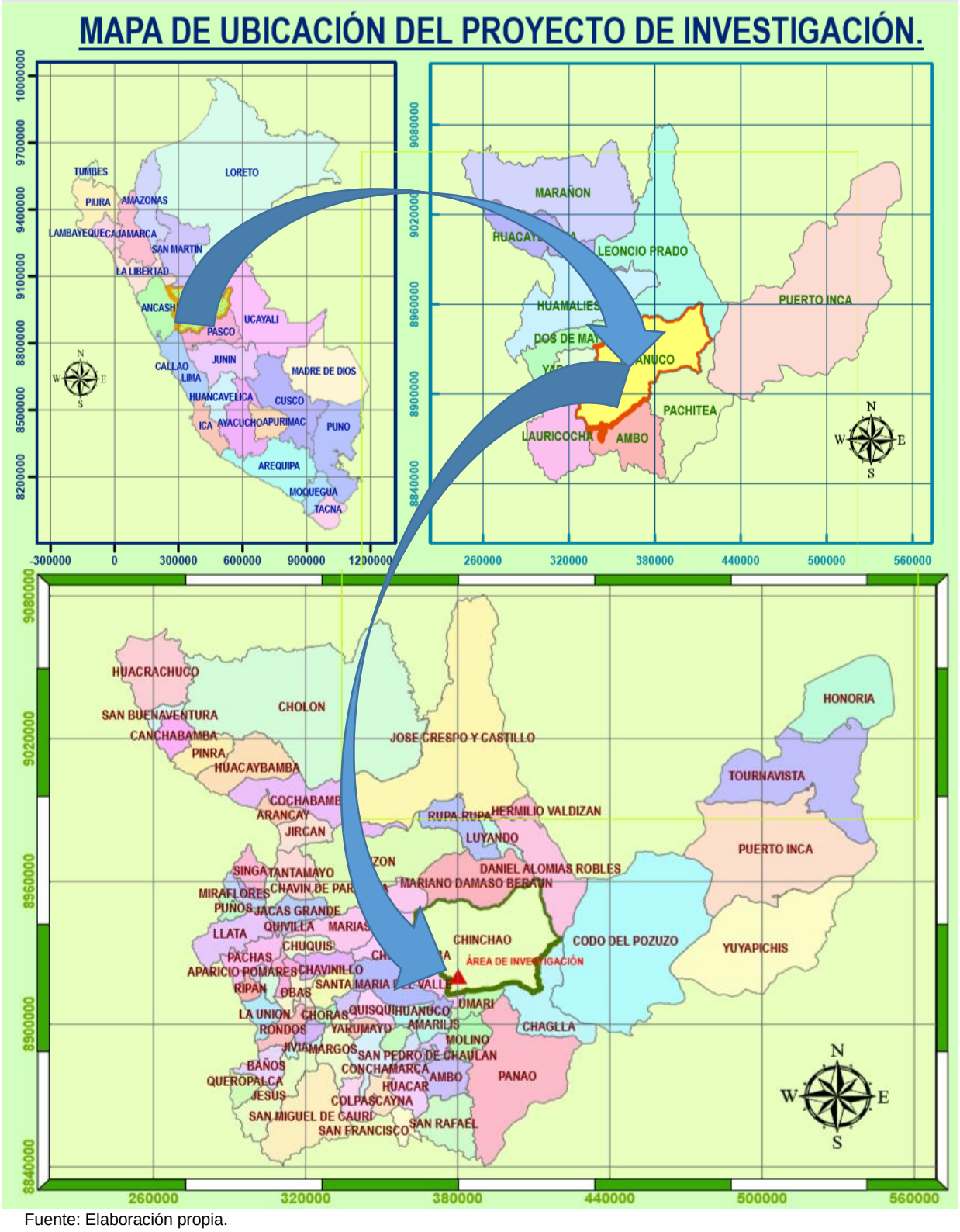
  Este: 380144 E
  Norte: 8920140 N
  Altitud: 2313 m.s.n.m.

Figura N° 2. Vista aérea del área de Investigación.



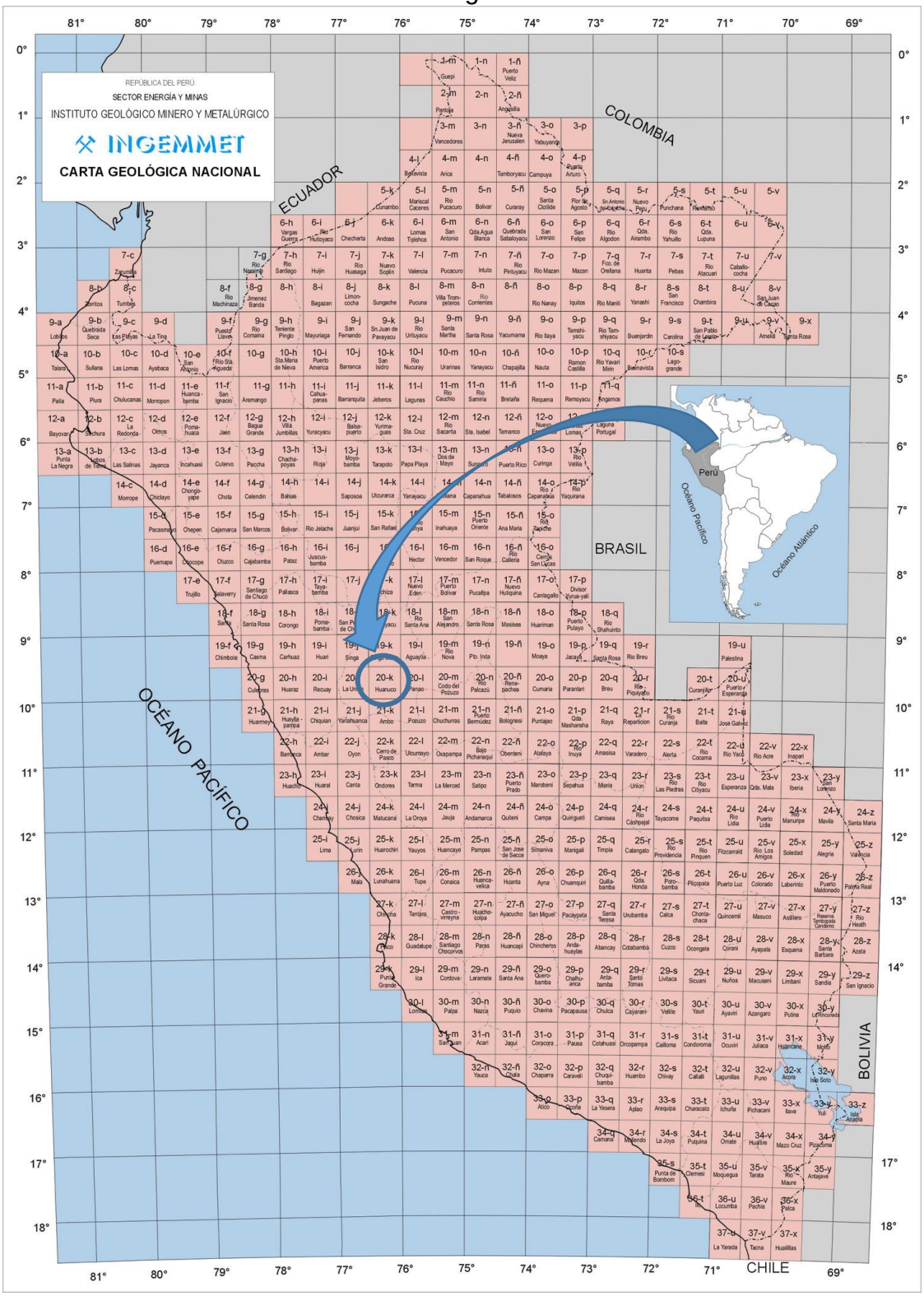
Fuente: Elaboración propia en Google Earth Pro.

Figura N° 3. Vista del mapa de ubicación del proyecto de investigación.



Fuente: Elaboración propia.

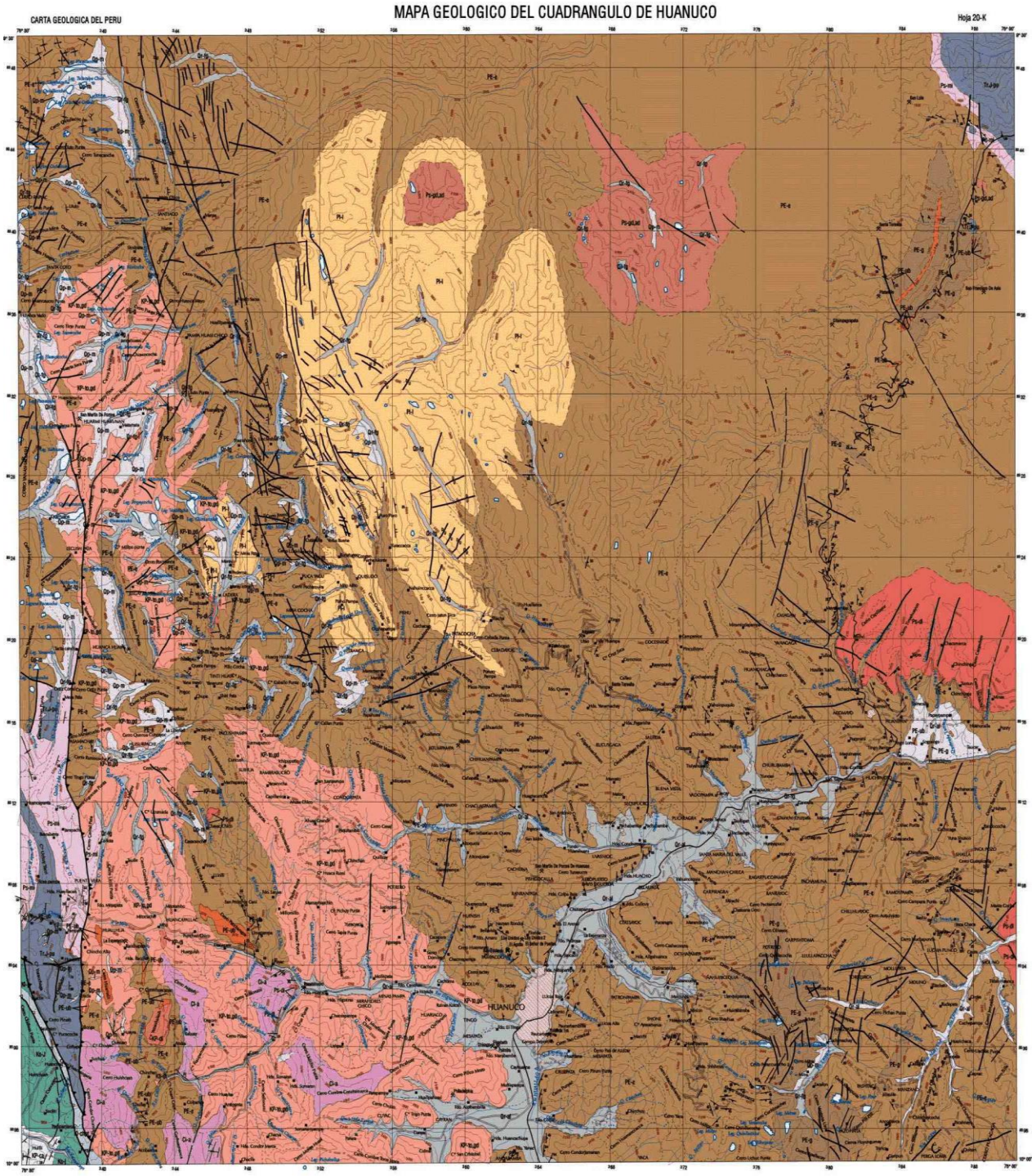
Figura N° 4. Vista de la carta geológica nacional (escala 1:100´000) y ubicación del cuadrángulo del área de investigación.



Fuente: INGEMMET.

Como se puede observar el área de investigación se encuentra en el cuadrángulo 20-k, a continuación, se detallará únicamente el cuadrángulo señalado:

Figura N° 5. Vista del cuadrángulo 20-k, perteneciente a Huánuco.



Fuente: GEOCATMIN-INGEMMET.

4.2. Características geológicas en el área de investigación.

En base a la figura 5. Anteriormente señalada procederemos a detallar las características geológicas principales en el área de investigación encontradas:

4.2.1. Por su distribución litológica.

El área de investigación presenta como unidades lito estratigráficas: **esquistos y gneises**.

- Esquistos y micaesquistos (VI-1): Se encuentran conformado un relieve irregular accidentado irregular con abundante material de escombros en los flancos y laderas, constituido por micaesquistos y esquistos de coloraciones verdes y grises, con vetas de cuarzo. Su susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa es alta, produciéndose derrumbes, deslizamientos, flujos y reptación. En algunos sectores, por meteorización, generan suelos de espesor potente, suelos residuales de características permeables.

- Gneis (VI-2): Sus afloramientos se encuentran al suroeste de la localidad de Panao, consisten de gneis de mica-cuarzo-plagioclasa, gneis de granate-muscovita-biotita y gneis de biotita y moscovita; morfológicamente se encuentran conformando montañas de fuerte pendiente. La susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa en esta unidad es baja.

Figura N° 6. Vista de presencia de esquistos y gneis en el área de investigación.



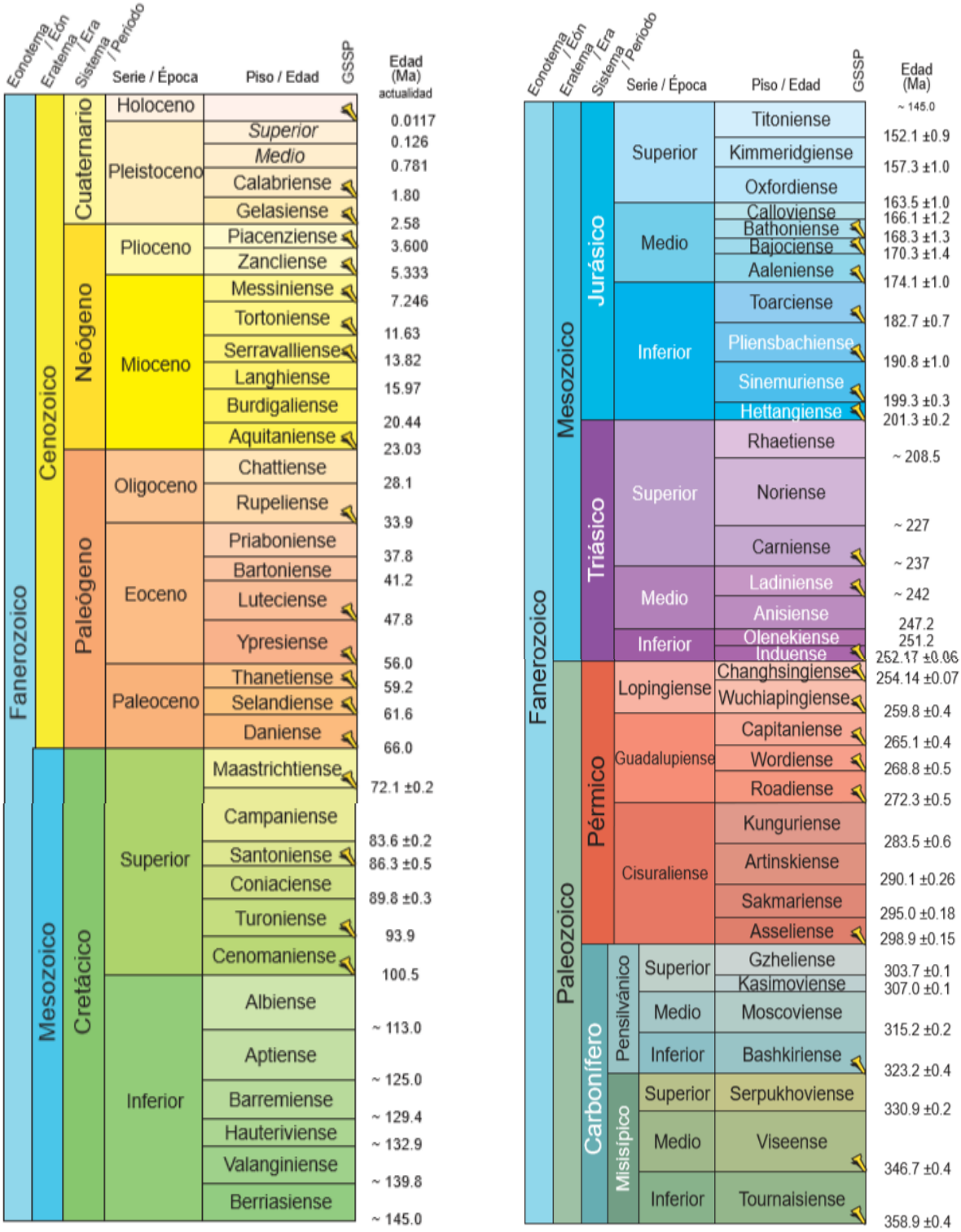
Fuente: Elaboración propia.

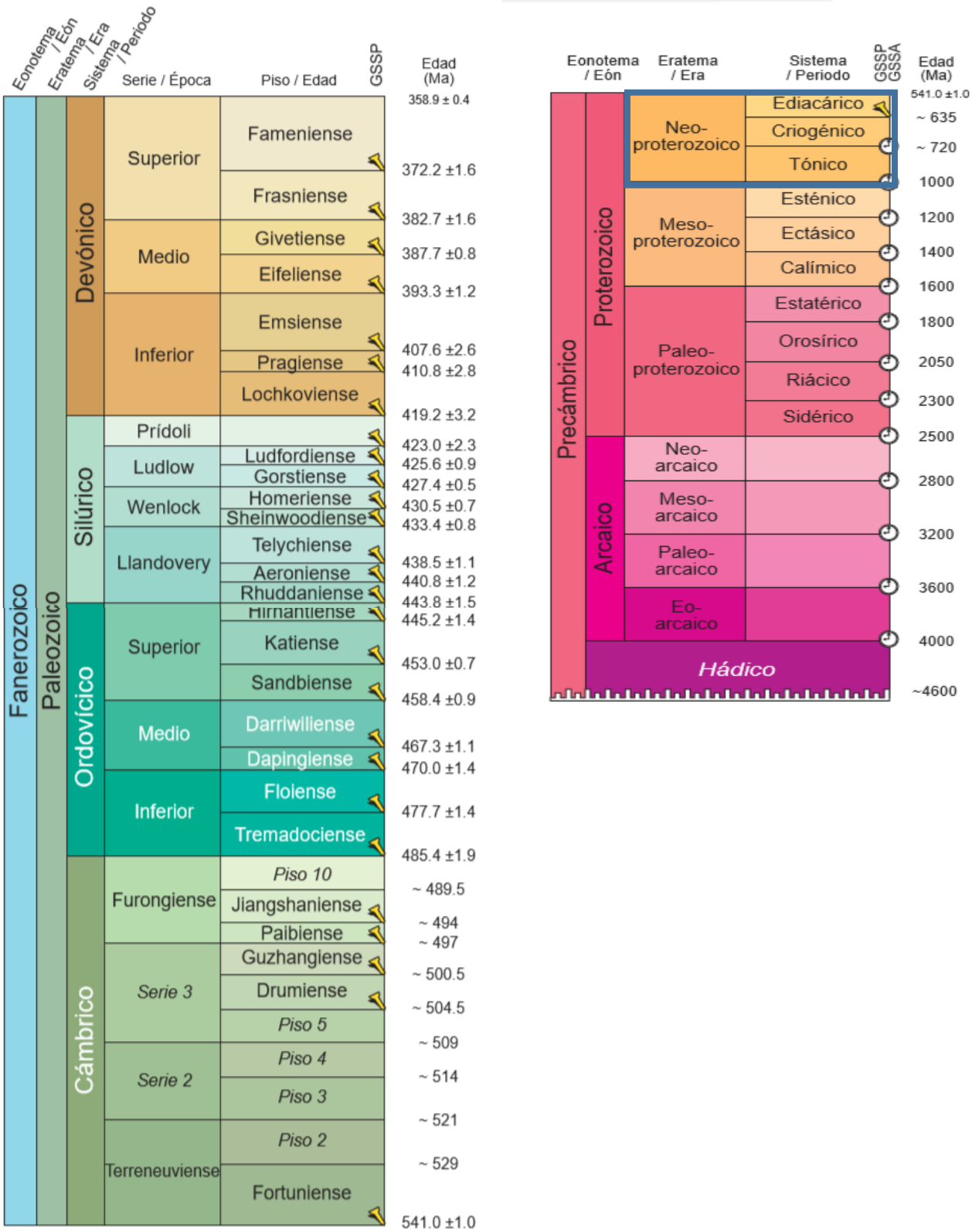
4.2.2. Por su geo cronología.

El área de investigación de acuerdo a su edad geológica pertenece al **neoproterozoico**.

- Neoproterozoico: Las unidades litológicas que se emplazaron en esta edad es el complejo metamórfico marañón de esquistos y gneis, siendo los metamórficos de esquistos los que alcanzan mayor extensión desde la parte central avanzando hacia el noroeste del territorio de la provincia de Huánuco. El complejo metamórfico de gneis se presenta en menores proporciones en forma de islas al este y oeste de la provincia de Huánuco siendo esta roca la más antigua en el área de estudio.

Figura N° 7. Tabla cronoestratigráfica internacional.





Fuente: Comisión Internacional de Estratigrafía (2015). *Tabla Cronoestratigráfica Internacional.*

4.2.3. Por su génesis.

El área de investigación está constituida por **rocas metamórficas**. Las rocas metamórficas, son rocas secundarias que provienen de otras rocas que podrían ser rocas sedimentarias pizarras, calizas, areniscas, etc.; o de rocas intrusivas granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas, que han sufrido cambios o transformaciones texturales y estructurales que modificaron sus características físicas y mineralógicas. En diversos sectores de la provincia se puede observar facies de esta transformación de rocas. Hay esquistos que parecen ser más intrusivos o al inverso producto de un proceso de metamorfismo regional de bajo grado. Pero la zona está dominada por los diversos tipos de esquistos provenientes de rocas sedimentarias. Las rocas primarias sufrieron la recristalización de sus minerales alineándose incipientemente en micas o bandas llegando a transformarse en esquistos o gneis. Las rocas del complejo metamórfico de esquistos y gneis que se manifiestan en el área de estudio son rocas que han sufrido su transformación por eventos geotectónicos de movimientos de placas con metamorfismo regional de bajo grado.

Figura N° 8. Vista de una roca metamórfica meteorizada por cambios de presión y temperatura.



Fuente: Elaboración propia.

4.3. Estratigrafía.

Es la ciencia que trata del estudio e interpretación de los estratos (de cualquier litología); sus relaciones espaciales, en sentido vertical y horizontal (correlación de las unidades estratigráficas) y sus relaciones temporales (edad de la roca).

4.3.1. Objetivos.

- Identificación de los materiales.
- Delimitación de unidades litoestratigráficas.
- Ordenación relativa de las unidades (secciones estratigráficas).
- Levantamiento de secciones estratigráficas.

Para nuestro caso, en el área de investigación se debe considerar:

- ✓ Complejo Marañón de gneis (Pe-cmgn). Conformada por gneis de mica-cuarzo-plagioclasa, gneis de granate-muscovita-biotita.

- ✓ Complejo Marañón de esquistos (Pe-cme). Se encuentra conformado un relieve accidentado irregular con abundante de escombros en los flancos y laderas, conformado por micaesquistos y esquistos de coloraciones verdes y grises, con vetas de cuarzo. Éstas rocas son las más visibles y dominan el área de trabajo.

  A continuación, detallaremos con imágenes tomadas las vistas del perfil estratigráfico encontrado en el área de investigación.

Figura N° 9. Vista del tesista con el perfil estratigráfico, donde se observa notoriamente los diferentes estratos horizontes.



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 1. Detalle del perfil estratigráfico encontrado.

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

SECCIONES ESTRATIGRÁFICAS EN UNA LADERA DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN. PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800, PACHACHUPÁN.

ECNOTEMA /EÓN		ERATEMA/ERA	SISTEMA /PERIODO	SIMBOLO	COLUMNA ESTRATIGRAFICA	PROFUNDIDAD APROXIMADA EN METROS	DESCRIPCION
PRECÁMBRICO	PROTEROZOICO	NEO-PROTEROZOICO	EDIACÁRICO Edad en Ma (541.0–635)	Pt		0 – 0.70m	Turba, suelo altamente orgánico. Presencia interna raíces y demás residuos orgánicos.
				OL		0.70 – 1.00m	Arcilla orgánica de baja plasticidad. Presencia de arcillas con raíces y elevado contenido de humedad.
			CRIOGÉNICO Edad en Ma (635–720)	CL		1.00 – 3.00m	Arcilla inorgánica de baja plasticidad. Se verificó insitu que el material tenía baja plasticidad ya que se desbo-ronaba fácilmente y no era moldeable con la humedad. Esta se debe a la presencia de silicatos, carbonatos, sulfatos, óxidos, entre otros.
			TÓNICO Edad en Ma (720–1000)	GW		3.00 – 4.50m	Grava bien graduada. Finalmente se pudo observar grava con matriz de arcillas, limos, coloides, entre otros. Cabe resaltar que se realizó una exploración de campo insitu directa. Para obtener datos a mayores profundidades en el suelo es necesario realizar una exploración de campo insitu indirecta.

Fuente: Elaboración propia.

4.4. Geomorfología.

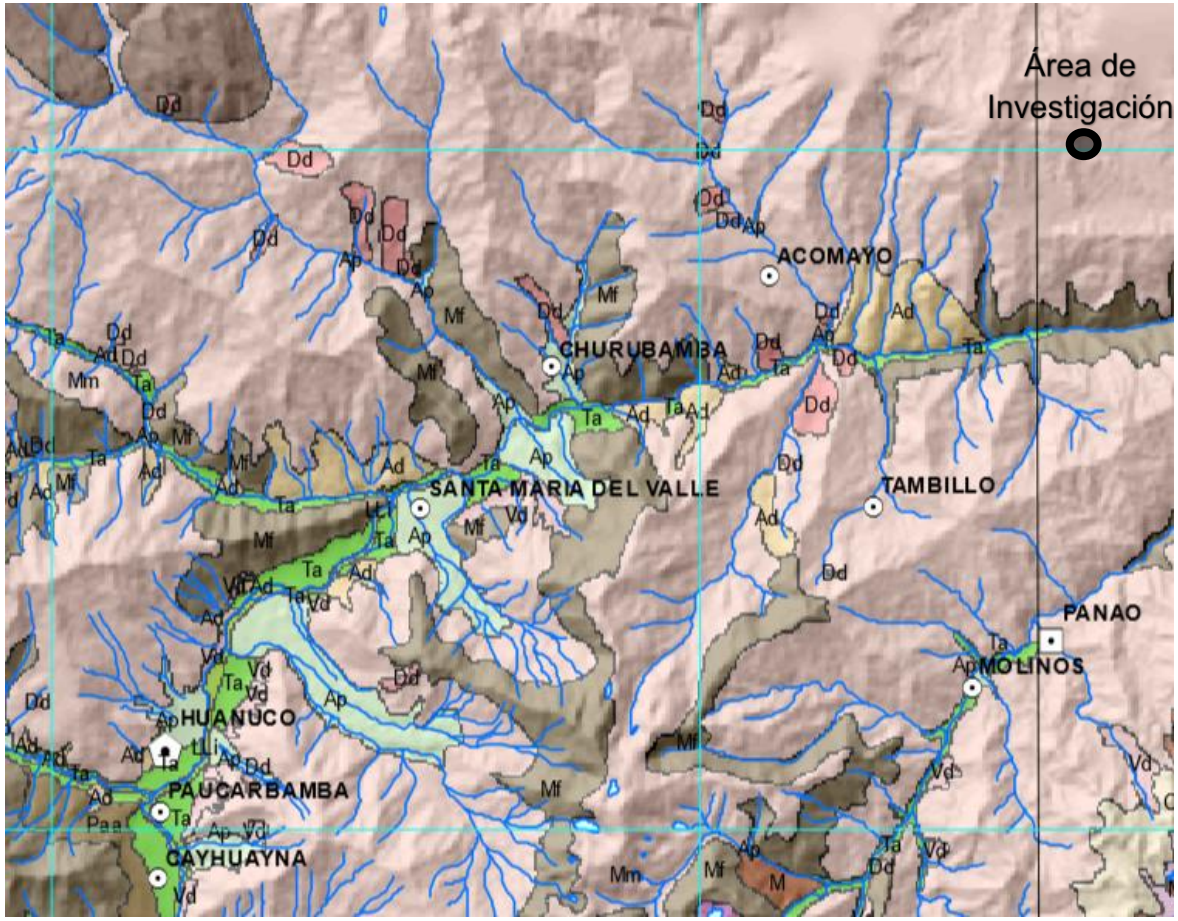
Es la rama de la geología y geografía que estudia las formas de la superficie terrestre y los procesos que las generan. Los mapas geomorfológicos como herramientas para el análisis de los peligros naturales, se consideran indispensables al estar relacionados con procesos geodinámicos.

4.4.1. Unidades Geomorfológicas. La cartografía geomorfológica y delimitación de unidades se fundamenta en el criterio principal de homogeneidad relativa y la caracterización de los siguientes aspectos:

1) Origen general y específico del relieve, ya sea de erosión o acumulación.
2) Tipos generales y específicos del relieve (planicies, colinas y lomeríos, piedemontes y montañas), teniendo en cuenta su amplitud de relieve o altura relativa; para el caso de montañas se consideró además la diferenciación de acuerdo a la pendiente y el control estructural de sus laderas.
3) Se incluye en la descripción de las diferentes unidades la litología principal de las rocas aflorantes y/o depósitos inconsolidados, así como las amenazas geológicas asociadas.

A continuación, se mostrará una sección del mapa N°05 “mapa geomorfológico” del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), éste será adjuntado en un plano cartográfico detallado en los anexos para su mayor detalle.

Figura N° 10. Vista del área de investigación en el mapa geomorfológico.



Fuente: INGEMMET.

Cuadro N° 02. Identificación de la geomorfología en el área de investigación.

UNIDAD			AREA (%)	FORMAS Y DISTRIBUCION PRINCIPAL	LITOLOGÍA ASOCIADA	AMENAZAS GEOLOGICAS
MONTAÑAS			**64,06**	**Elevaciones mayores de 300 m desde su nivel de base local. Topografías moderadas a fuertes de la Cordillera Oriental y Faja Subandina.**		
Mf		Montañas con laderas de moderada a fuerte pendiente	15,65	Laderas de pendiente mayor a 30º. Sectores encañonados de los ríos Marañón Y Huallaga y algunos tributarios. Se distribuyen en la parte central de la región, márgenes del río Marañón y divisoria de aguas con el río Huallaga, al oeste de Tingo María, y sector Sur de la región en la divisoria de las cuencas Huallaga/Pachitea (al Este y Sureste de Ambo), y Este de Panao.	Secuencias metamórficas del Complejo Marañón distribuidas a lo largo del valle del río Marañón (Chavinillo, Singa, Huacrachuco). Secuencias sedimentarias.	Derrumbes y caída de rocas, deslizamientos (en roca) y procesos de erosión de laderas. Avalancha de rocas.
Mm		Montañas con laderas de moderada pendiente	25,95	Laderas de 15 – 30° de pendiente, de morfología ondulada a moderada, muy distribuidas en la región, en la porción central de la región (Huanuco, Panao y Ambo), colindantes con zonas de fuerte pendiente y montañas estructurales.	Secuencias metamórficas y afloramientos intrusivos del Complejo Marañón y rocas paleozoicas,	Asociados a procesos dominantes de erosión de laderas (cárcavas) deslizamientos y también huaycos.
Me		Montañas con laderas estructurales	22,27	Alineamientos montañosos constituidos por secuencias sedimentarias estructuralmente plegadas y/o con buzamientos de capas que controlan la pendiente de las laderas, formando cuestas. También rocas metamórficas. Presentan además fuerte a muy fuerte pendiente mostrando también zonas encañonadas en los valles del río Huallaga y Marañón.	Secuencias sedimentarias del Mesozoico y también algunos sectores en rocas metamórficas del Complejo Marañón.	Caída de rocas, derrumbes, vuelcos, deslizamientos planares, erosión de laderas y flujo de detritos. Avalancha de rocas,
Mg		Montañas con cobertura glaciar	0,19	Picos o nevados con escasa cobertura de hielo o hielo/nieve, permanente, generalmente por encima de 5000 msnm, ubicados en el sector Sur y Suroeste de la región.	Rocas principalmente sedimentarias y volcánicas.	Avalanchas , derrumbes y caída de rocas. Particularmente aluviones, generados por desbordes de lagunas.

Fuente: INGEMMET.

Análisis. Como se puede observar en el cuadro N°02, en el área de investigación se encuentra montañas con laderas de moderada pendiente (Mm). “Laderas de 15 - 30% de pendiente, de morfología ondulada a moderada, muy distribuidas en la región en la porción central de la región (Huánuco, Panao y Ambo), colindantes con zonas de fuerte pendiente y montañas estructurales”.

V. HIDROGEOLOGÍA EN EL ÁREA DE INVESTIGACIÓN.

5.1. Hidrografía en la región de Huánuco.

La región Huánuco presenta tres cuencas principales pertenecientes a la vertiente del atlántico, que cruzan su territorio de sur a norte, siendo de oeste a este: Alto Marañón, Alto Huallaga y Pachitea. La cuenca principal en nuestra área de investigación es la del Alto Huallaga.

- **Río Huallaga.** El río Huallaga se origina fuera de la región, en las alturas de Cerro de Pasco, al sur de la cordillera Raura, en la laguna de Huascococha, en sus orígenes se denomina rio Ranracancha, hasta unirse con el río Huariaca, lugar a partir del cual toma la denominación de río Huallaga.

  En su trayecto, a lo largo de los valles se ubican las poblaciones más importantes de la región, de sur a norte se tiene: Ambo, Huánuco, Tingo María y Aucayacu. Se ubica en la porción central de la región, presenta dos quiebres o recodos principales entre Huánuco y Tingo María, y ocurre encajonado y con moderada a fuerte pendiente, variando a una pendiente más suave y valle ancho aguas debajo de Tingo María, característica típica de un río de la selva. En el área recibe aportes importantes de los ríos Higueras, Pumachaca, Monzón y Chontayacu por la margen izquierda y aportes menores de ríos y quebrada en su margen derecha.

5.2. Aguas subterráneas.

En la región existen escasos conocimientos sobre la hidrogeología y en general sobre la evaluación de aguas subterráneas, sin embargo, existen condiciones favorables para almacenar agua subterránea en depósitos del Paleógeno-Neógeno (depósitos aluviales, fluvioglaciares y depósitos pleistocenos), así como rocas sedimentarias del Mesozoico (calizas del Pucará, areniscas de las formaciones Sarayaquillo, areniscas y calizas del Grupo Oriente y formaciones Chonta y Vivian).

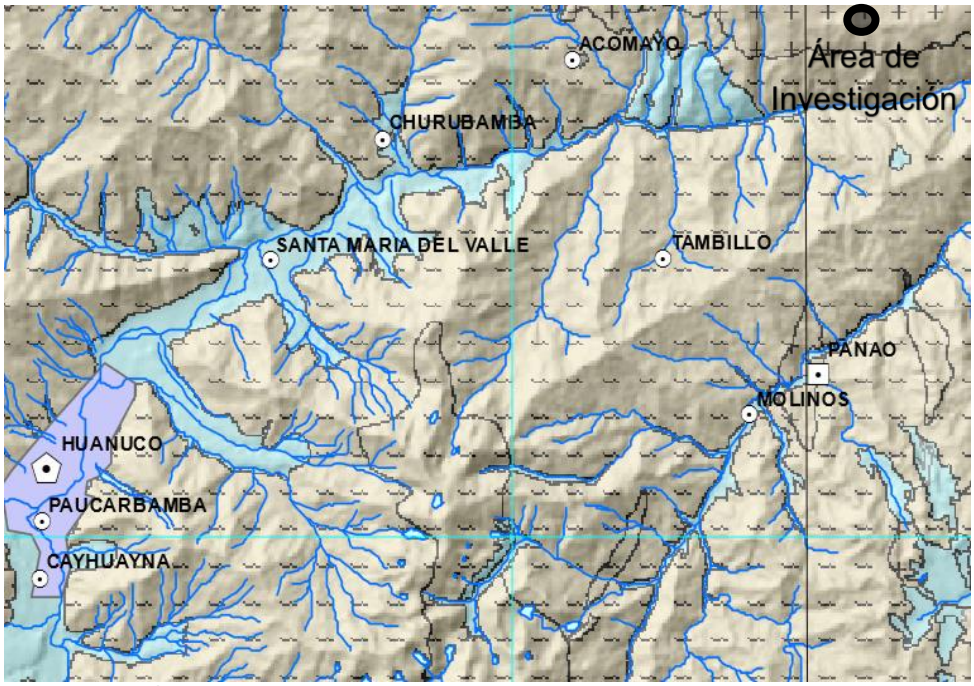
- **Mapa hidrogeológico.** Sobre la base de información geológica a escala 1:100 000 y aprovechando la diferenciación de unidades litológicas, basándose además en la versión preliminar del Mapa Hidrogeológico de Perú y de acuerdo a la permeabilidad de cada unidad geológica, **el área de investigación pertenece a la siguiente unidad hidrogeológica**:

  Formaciones generalmente sin acuíferos (permeabilidad baja a muy baja).

  Esquistos y micaesquistos; gneis, filitas y pizarras: facies metamórficas del Complejo Marañón

  Para mayor detalle y constatación del tema se trabajó con el Mapa N°04, “Mapa Hidrogeológico” del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET). Éste se adjuntará en los anexos. A continuación, se mostrará una sección del mapa N°04 para la identificación en nuestra área de investigación.

Figura N° 11. Vista del área de investigación en el mapa hidrogeológico.



Fuente: INGEMMET.

Cuadro N° 03. Identificación de la hidrogeología en el área de investigación.

UNIDAD			CARACTERÍSTICAS Y DISTRIBUCIÓN
Formaciones con acuíferos locales o sin agua subterránea en cantidad apreciable, con permeabilidad baja a muy baja.		Lavas dacíticas andesíticas y basálticas	Volcánicos lávicos del Grupo Calipuy, de extensión reducida.
		Andesitas, tufos y conglomerados	Constituida de una andesita púrpura y flujos de lava, andesita piroclástica, conglomerados de guijarros de andesita y areniscas rojas. A Noreste del cuadrángulo de Yanahuanca y al Norte de La Unión, esta conformado por conglomerados gruesos a finos, intercaladas con areniscas rojas y en la parte superior lodolitas rojas interestratificadas con areniscas de grano fino a grueso. Secuencia de conglomerados de matriz arenosa semiconsolidada, intercalada con sedimentos tobáceos de naturaleza riolítica de la Formación Lantorache.
		Tobas	Secuencias reducidas de la Formación Huayllay en el sector suroccidental del área.
		Granodioritas, granitos, tonalitas; dioritas y pórfidos	Ubicados en el área de Suroeste de la región, así como dioritas y pórfidos: en afloramientos aislados.
		Esquistos y micaesquistos; gneis, filitas y pizarras	Facies metamórficas del Complejo Marañón de amplia distribución en la región centra del área de estudio.

Fuente: INGEMMET.

- **Unidades hidrogeológicas y susceptibilidad.**

El agua es el factor que más comúnmente se le asocia con los movimientos en masa, y en general al fallamiento de los taludes o laderas en zonas tropicales, debido a que la mayoría ocurren después de lluvias fuertes o durante períodos lluviosos prolongados, siendo entonces, el agua subterránea uno de los principales factores en su ocurrencia.

La lluvia, durante varios días consecutivos o con pocos días de diferencia, puede producir acumulación de agua subterránea, debido a que el talud no ha drenado el agua infiltrada; al ocurrir la siguiente lluvia se produce un ascenso del nivel freático. El régimen de aguas subterráneas en respuesta a las lluvias será diferente según la pendiente de la ladera, su litología y vegetación.

El tiempo que se requiere para que una lluvia produzca un deslizamiento es mayor en una arcilla que en un material arenoso debido a las diferencias de infiltración; este tiempo es inversamente proporcional a la permeabilidad para valores constantes de los demás parámetros (DUQUE & ESCOBAR, 2001).

La cantidad de agua que se infiltra en la tierra queda determinada además de la cantidad, intensidad y tipo de precipitación, estructura geológica (fracturamiento), la pendiente del terreno y cantidad y tipo de vegetación, por la permeabilidad de los suelos y rocas, relacionados a la estratigrafía o secuencia de estratos permeables e impermeables. Una infiltración alta puede producir problemas de presión del agua interna que genere un deslizamiento. En el caso de que el talud llegue a saturarse, la facilidad o dificultad con que el talud se autodrene depende de las formaciones geológicas circundantes, por tanto la presencia de mantos permeables de evacuación de agua favorecerán grandemente su estabilidad. Los

materiales impermeables que impiden el paso de las corrientes de agua subterránea, facilitan la ocurrencia de deslizamientos.

A continuación, se determinará la unidad hidrogeológica y el nivel de susceptibilidad en el siguiente cuadro para nuestra área de investigación:

Cuadro N° 04. Unidades hidrogeológicas y susceptibilidad.

Unidad		Susceptibilidad	
Formaciones detríticas no consolidadas: Permeabilidad alta	Depósitos aluviales, fluvioglaciales del Holoceno	Muy Baja a Nula	0
	Depósitos glaciofluviales, morrénicos y de vertiente, holocénicos.	Baja	1
Formaciones detríticas poco consolidadas: Permeabilidad media	Conglomerados, areniscas conglomerádicas con intercalaciones de limoarcillitas pleistocénicas	Media	2
Formaciones consolidadas y fisuradas: permeabilidad alta	Calizas y margas	Baja	1
	Areniscas y lutitas	Muy alta	4
Formaciones consolidadas y fisuradas: permeabilidad media	Lodolitas y limolitas	Alta	3
	Limolitas, limoarcillitas, areniscas arcósicas:	Alta	3
	Lutitas y lutitas carbonosas	Muy alta	4
Formaciones con acuíferos locales o sin agua subterránea en cantidad apreciable: permeabilidad baja a muy baja.	Lavas dacíticas andesíticas y basálticas	Baja	1
	Tobas	Baja	1
	Andesitas, tufos y conglomerados	Media	2
	Granodioritas, granitos, tonalitas; dioritas y pórfidos	Alta	3
	Esquistos y micaesquistos; gneis; filitas y pizarras	Muy Alta	4

Fuente: INGEMMET.

Como se puede apreciar en el cuadro N°04 la susceptibilidad en el área de investigación es muy alta, teniendo como unidad hidrogeológica la presencia de esquistos y micaesquistos, gneis.

VI. PANEL FOTOGRÁFICO.



Figura N°12. Vista panorámica del área de investigación.



Foto N°13. Vista del tesista con el asistente para la constatación del perfil estratigráfico.



Figura N°14. Vista del tesista en la verificación del perfil estratigráfico en el área de investigación.



Figura N°15. Vista del tesista determinando el buzamiento y rumbo con la brújula del plano de falla de la roca metamórfica.



Figura N°16. Toma de datos en la libreta de campo para elaborar el perfil estratigráfico.



Figura N°17. Vista del tesista utilizando la lupa 10x para verificar las características físicas de los esquistos, micaesquistos y gneiss.



Figura N°18. Vista de la geomorfología en el área de investigación.



Foto N°19. Vista del tesista culminando con el trabajo de exploración de campo y toma de datos por la trocha desarrollada en coordinación con los pobladores de la zona.

VII. CONCLUSIONES.

- El área de investigación se encuentra en el cuadrángulo 20-k de la carta geológica nacional.

- Las características geológicas en el área de investigación son:
  - Por su distribución litológica: esquistos y gneises.
  - Por su geo cronología: neoproterozoico.
  - Por su génesis: rocas metamórficas.

- El perfil estratigráfico se compone por la siguiente columna estratigráfica: turba (Pt), arcilla orgánica de baja plasticidad (OL), arcilla inorgánica de baja plasticidad (CL), y grava bien graduada (GW). Éstos estratos se determinaron in situ en una ladera cercana al área de investigación determinándose en base a sus características físicas (olor, color, brillo, textura, etc.), así como en la identificación de los estratos estructurales de macizos rocosos encontrados determinando los planos de debilidad, falla, rumbo, azimut, etc. Para mayor información de la clasificación de los suelos (SUCS y AASHTO) se podrá evaluar en el estudio geotécnico de la presente tesis.

- Geomorfológicamente el área de investigación se encuentra montañas con laderas de moderada pendiente (Mm). En cuanto a la certeza de los parámetros geométricos (pendientes, quiebres, relieves, etc.).

- Hidrogeológicamente el área de investigación pertenece a formaciones generalmente sin acuíferos (permeabilidad baja a muy baja).

VIII. RECOMENDACIONES.

- Se recomienda a los investigadores en el rubro geológico, buscar todos los antecedentes posibles de estudios, evaluaciones, opinión de expertos y especialistas, así como el acceso a información de las bases de datos de entidades identificadas con este rubro de investigación (INGEMMET).

- Se recomienda a las autoridades universitarias colaborar con centros de formación científica en el rubro de geología y geotecnia especializada, evitando los excesivos gastos de preparación y especialización de los investigadores en eventos nacionales e internacionales a fin de desarrollar un buen trabajo o proyecto de Ingeniería.

- Se recomienda a la comunidad universitaria profundizar más los conocimientos en temas de los cursos de geología, geotecnia llevadas en la universidad y aplicarlas en estudios de los diferentes eventos de geodinámica externa (huaycos, deslizamientos, flujos de lodo, desprendimiento de rocas, etc.) que se suscitan en la región de Huánuco. Para el desarrollo de la investigación científica universitaria y para colaborar con las autoridades locales en las diferentes jurisdicciones de nuestra región que por desconocimiento son partícipes de proyectos mal construidos y con muchas observaciones posteriormente.

IX. BIBLIOGRAFÍA.

- Cohen, K., Finney, S., y Gibbard P. (2015) *Tabla Cronoestratigráfica Internacional: International Comission on Stratigraphy*. Recuperado de: http://www.stratigraphyorg/ICS chart/ChronostratChart2015-01Spanish.pdf

- Geología de Mallorca. (2006) *Estudio Estabilidad de Taludes Talud 2 cantera coma de S´aigua, (campanet).* Recuperado de: https://docplayer.es/28985158-Estudios-geologicos-estudio-estabilidad-de-taludes-talud-2-cantera-coma-de-s-aigua-campanet-exp-1304-06.html

- Gobierno Regional de Huánuco. (2016) *Zonificación Ecológica y Económica: Estudio Geológico.* Recuperado de http://zee.regionhuanuco.gob.pe/wp-content/uploads/2016/09/memGeologia_Huanuco.pdf

- Zavala, B. y Vílchez M. (2006). *Estudio de riesgos geológicos en la región de Huánuco boletín N°34 serie C – geodinámica e ingeniería geológica.* Lima: INGEMMET.

ESTUDIO DE GEOTÉCNICO

- **TESIS:** “ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018”.



- **CENTRO POBLADO** : PACHACHUPAN
- **DISTRITO** : CHINCHAO
- **PROVINCIA** : HUANUCO
- **DEPARTAMENTO** : HUANUCO

HUANUCO - PERÚ

2018

INDICE

I. INTRODUCCIÓN.

1.1. Conceptos generales.

II. OBJETIVOS.

2.1. Objetivo general.

2.2. Objetivos específicos.

III. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA.

3.1. Metodología.

3.1.1. Recopilación de la información.

3.1.2. Reconocimiento geológico.

3.1.3. Planificación de la exploración y muestreo.

3.1.4. Exploración de campo (in-situ).

3.1.5. Selección de muestras.

3.1.6. Ensayos de laboratorio.

3.1.7. Interpretación de la investigación.

IV. FALLA GEOLÓGICA.

4.1. Concepto geotécnico.

4.2. Geometría de la falla.

4.3. Movimiento de falla.

4.3.1. Movimiento de deslizamiento por inclinación.

4.4. Indicadores directos de la falla geológica.

4.4.1. Desplazamientos**.**

4.4.2. Estrías**.**

4.4.3. Brechas de falla**.**

4.4.4. Arrastres**.**

4.5. Indicadores indirectos de la falla geológica.

4.5.1. Morfología**.**

4.5.2. Vegetación**.**

4.5.3. Manantiales**.**

V. PANEL FOTOGRÁFICO (GENERAL).

VI. CONCLUSIONES.

VII. RECOMENDACIONES.

VIII. BIBLIOGRAFÍA.

I. INTRODUCCIÓN.

1.1. Conceptos generales.

a) Geotecnia. Es la aplicación de los métodos científicos y de los principios de ingeniería a la generación, interpretación y utilización del conocimiento de los materiales y procesos que ocurren en la corteza terrestre para la solución de problemas de ingeniería. Para su cabal desarrollo requiere la aplicación de diferentes campos del conocimiento, entre ellos, la mecánica de suelos, la mecánica de rocas, la geología, la geofísica, la hidrología, la hidrogeología y las ciencias relacionadas.

Problemas que se plantean en la práctica de la geotecnia.

- **Taludes.** La infraestructura, el urbanismo y las edificaciones en áreas pendientes requieren movimientos de tierra para adecuación de terrenos. Estas actividades dan como resultado taludes de corte y de relleno, pendientes y altos, donde es necesario optimizar el espacio útil, o requieren estructuras de contención. Los taludes y laderas naturales sufren inestabilidad y ocasionan problemas graves con pérdidas económicas y de vidas.

- **Estructuras en tierra.** Cuando se construyen estructuras en suelos granulares o plásticos para la adecuación de terrenos en un proyecto vial, una conducción de agua o una edificación, son necesarias estructura o terraplenes de materiales con las características geomecánicas de diseño. Para lograrlo es necesario realizar el control de la humedad, verificar el grado de compactación, la estabilidad volumétrica y la resistencia del suelo.

- **Estabilidad de estructuras.** Cuando se construyen estructuras en suelos granulares o plásticos para la adecuación de terrenos en un proyecto vial, una conducción de agua o una edificación, son necesarias estructura o terraplenes con materiales con las características geomecánicas de diseño. Para lograrlo es necesario realizar el control de la humedad, verificar el grado de compactación, la estabilidad volumétrica y la resistencia del suelo. Estos valores se verifican por medio de los ensayos de campo y laboratorio sobre especímenes tomados de la estructura y los análisis de estabilidad física y volumétrica.

- **Drenajes.** Las estructuras hidráulicas son el soporte de la estabilidad de estructuras como vías, áreas urbanas, tratamientos de taludes, y su omisión o las fallas que se pueden presentar en una estructura hidráulica son causas de problemas graves. De ahí que las soluciones de geotecnia incluyen la determinación de los caudales de las aguas de escorrentía, el dimensionado de las estructuras hidráulicas y de los descoles.

- **Subdrenajes.** Los elementos de subdrenaje contribuyen a la estabilidad de estructuras como vías, muros de contención, pantallas ancladas y taludes, todos conservan su estabilidad en el tiempo gracias a la acción de los elementos de subdrenaje, cuando controlan la fluctuación de los niveles freáticos y las presiones de poro.

b) Estudio geotécnico. Son las actividades que comprenden el reconocimiento de campo, la investigación del subsuelo, los análisis y recomendaciones de ingeniería necesarios para el diseño y construcción de las obras en contacto con el suelo, de tal forma que se garantice un comportamiento adecuado de las estructuras (superestructura y subestructura) para edificaciones, puentes, torres, silos y demás obras, que preserve la vida humana, así como también evite la afectación o daño a construcciones vecinas.

Tipos de estudios geotécnicos. De manera general, el proceso de estudio y diseño geotécnico consiste en:

- **Estudio geotécnico preliminar.** Conjunto de actividades necesarias para aproximarse a las características geotécnicas de un terreno, con el fin de establecer las condiciones que limitan su aprovechamiento, los problemas potenciales que puedan presentarse, los criterios geotécnicos y parámetros generales para la elaboración de un proyecto. El estudio debe presentar en forma general el entorno geológico y geomorfológico, características del subsuelo y recomendaciones geotécnicas para la elaboración del proyecto incluyendo la zonificación del área, amenazas de origen geológico, criterios generales de cimentación y obras de adecuación del terreno. La presentación de este tipo de estudio queda a criterio del ingeniero geotécnico en consideración de la magnitud y/o características especiales del proyecto.

- **Estudio geotécnico definitivo.** Estudio que se ejecuta para un proyecto específico en el cual se debe precisar todo lo relativo a las propiedades físicas y geomecánicas del subsuelo, así como las recomendaciones detalladas para el diseño y construcción de todas las obras relacionadas.

  Dentro del estudio geotécnico definitivo se incluye:
  - Ensayos de campo.
  - Ensayos de laboratorio.
  - Estudios de estabilidad de laderas y taludes.
  - Diseño de cimentaciones, etc.

El presente estudio geotécnico es **definitivo** delimitando un área específica de investigación en la cual se deberá **considerar todas las propiedades físicas y geomecánicas necesarias del subsuelo para el análisis de estabilidad del talud**, así como **plantear obras de mitigación y remediación inmediatas y factibles**. El área de investigación depende del tamaño del proyecto y de la extensión de los factores geológicos y topográficos que afectan el problema a estudiar, por ello se debe considerar lo siguiente:

- El área debe incluir las fuentes de agua subterránea y superficial y las estructuras geológicas que pueden afectar la estabilidad.

- El período de estudio debe incluir periodos lluviosos y secos. Todo talud debe analizarse y diseñarse en las peores condiciones climáticas esperadas, de lo contrario se puede llegar a conclusiones optimistas las cuales tienen un nivel alto de incertidumbre.

II. OBJETIVOS.

2.1. Objetivo general.

- Determinar las propiedades físicas y geo mecánicas del suelo, así como las características geotécnicas de la falla geológica en el área de investigación.

2.2. Objetivos específicos.

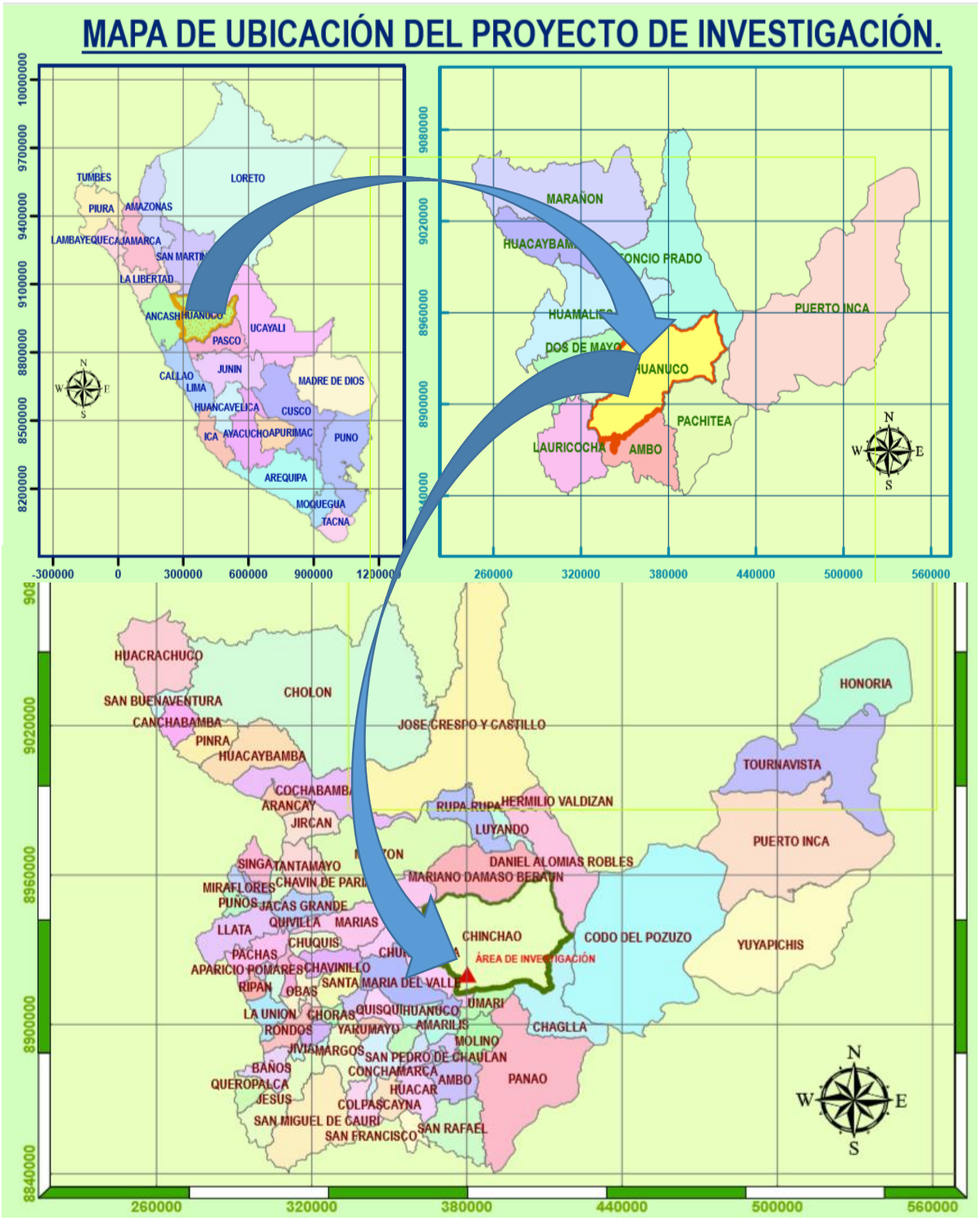
- Recopilar la información geotécnica en el área de investigación.
- Realizar el reconocimiento geológico.
- Planificar las actividades de exploración y muestreo.
- Realizar la exploración de campo (in-situ).
- Determinar y seleccionar las muestras.
- Realizar los ensayos de laboratorio.
- Procesar los resultados e interpretar la investigación geotécnica realizada.

III. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA.

3.1. Metodología. La metodología empleada permitirá conocer las características geotécnicas (recopilación, análisis y procesamiento de datos), para obtener las propiedades físicas y geo mecánicas del suelo en el Área de Investigación.

3.1.1. Recopilación de información. Para realizar el análisis de información geotécnica en el área de investigación es necesario conocer: la topografía, geología, geomorfología, hidrología, hidrogeología y evaluación de amenaza y riesgo. Toda esta información fue obtenida a través de estudios multidisciplinarios realizados por el investigador en la presente tesis, que pueden ser verificados en los demás anexos de estudios básicos de ingeniería. A continuación, se indicará de manera resumida la información necesaria a saber:

Figura N° 1. Vista del mapa de ubicación del proyecto de investigación.



Fuente: Elaboración propia.

a) Topografía.

- La superficie topográfica presenta una elevación máxima de 2459.53 m.s.n.m y una mínima de 2427.61 m.s.n.m.
- La pendiente promedio general del talud es de 50.24%. Considerándose elevada y crítica.

b) Geología.

- El área de investigación se encuentra en el cuadrángulo 20-k de la carta geológica nacional.
- Las características geológicas en el área de investigación son:
  - Por su distribución litológica: esquistos y gneises.
  - Por su geo cronología: neoproterozoico.
  - Por su génesis: rocas metamórficas.
- El perfil estratigráfico se compone por la siguiente columna estratigráfica: turba (Pt), arcilla orgánica de baja plasticidad (OL), arcilla inorgánica de baja plasticidad (CL), y grava bien graduada (GW).

c) Geomorfología.

- Geomorfológicamente el área de investigación se encuentra montañas con laderas de moderada pendiente (Mm).

d) Hidrología.

La precipitación en el área de Investigación está en un rango de 500 – 1000 mm de precipitación.

e) Hidrogeología.

En el área de investigación se encuentra formaciones con acuíferos locales o sin agua subterránea en cantidad apreciable, con permeabilidad baja a muy baja.

f) Evaluación de amenza y riesgo.

- **Peligros geológicos.** El área de investigación se pueden encontrar los siguientes peligros geológicos: flujos de tierra, deslizamientos y movimientos complejos.

- **Susceptibilidad a los movimientos en masa.** El área de investigación se encuentra en una zona de muy alta susceptibilidad, “es decir, zonas en donde todas las condiciones del terreno son muy favorables para generar movimientos en masa, ocurrieron deslizamientos en el pasado o recientes (activos), o reactivaciones de los antiguos, al modificar sus taludes, ya sea como deslizamientos, derrumbes o movimientos complejos”.
- **Susceptibilidad a inundaciones y erosión fluvial.** El área de investigación se encuentra en una zona de grado de susceptibilidad nula, con montañas y colinas, vertiente de laderas inclinadas y cóncava, terrazas antiguas elevadas.
- **Amenazas por movimientos en masa con lluvias normales.** El área de investigación se encuentra en una zona de grado de amenaza muy alta, asociados con áreas de muy alta a alta susceptibilidad, donde se a inventariado muchos movimientos en masa activos y antiguos.
- **Zonas críticas por peligros geológicos y geo hidrológicos.** el área de investigación se encuentra en una zona crítica por peligro geológico en la provincia de Huánuco, en la cual el centro poblado de Pachachupán del distrito de Chinchao se encuentra vulnerable a flujos de tierra, agrietamientos en talud superior y roturas en zanja de coronación.

3.1.2. Reconocimiento geológico. Para el reconocimiento geológico se realizó la exploración directa en campo identificando las características geológicas de manera observacional, para ello se tomó en cuenta la información de los estudios geológico y geotécnico. De ésta manera el investigador evaluó el área de investigación tomando las siguientes consideraciones:

- Identificación de varias terrazas aluviales con presencia de vegetación (sembríos, arbustos, árboles). Cuyo trayecto va de la parte superior a inferior del área de estudio.
- Identificación de depósitos aluviales provocados por la acción gravitatoria y de agentes meteorológicos de transporte (lluvia y viento).
- Identificación de zona de falla geológica en la parte superior del talud, donde se puede observar: el plano de falla, las brechas de falla, formación de estrías y desplazamientos (agrietamientos) generando grandes desplazamientos de la corteza en su entorno. Ello se debe a los procesos tensionales y compresionales de las placas tectónicas generadas por la actividad sísmica principalmente.
- Identificación de procesos de meteorización y erosión masiva en el talud de investigación (zona escarpada), lo cual aumenta el riesgo de generarse tipos de movimiento geotécnico (flujo de detritos, de lodo, deslizamientos o complejos).
- Identificación de rocas metamórficas en su mayoría por presentar fracturas y deformaciones debido a cambios permanentes de presión y temperatura. Además de rocas sedimentarias en zonas cercanas a afluentes o torrentes en el área de investigación.

3.1.3. Planificación de la exploración y muestreo.

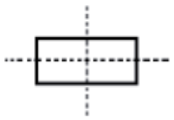
La planificación de la exploración y muestreo fue evaluada por el investigador buscando una fecha en donde se evite presencia de lluvias, temperaturas bajas, entre otros agentes perjudiciales a la exploración. Para ello se buscó el pronóstico de la fecha con información del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). Además, se buscó la contratación de un obrero para el apoyo de los trabajos de excavación conjuntamente con el tesista y posteriormente para la extracción de las muestras. La fecha elegida

para la exploración y muestreo en el área de investigación fue para el día 26 de noviembre del año 2018 en horas de la mañana.

3.1.4. Exploración de campo (in-situ).

La exploración fue directa de campo a cielo abierto (calicatas y/o trincheras) donde se evaluó realizar 2 prospecciones de campo para el muestreo: uno en la parte superior o cabezal del talud (calicata N°02) y otra en la inferior o pie del talud (trinchera N°01). Estas consideraciones fueron en base a la tabla N°7 "Técnicas de Exploración" de la Norma Técnica E050 SUELOS Y CIMENTACIONES 2018.

TABLA 7
TÉCNICAS DE EXPLORACIÓN

TÉCNICA DE EXPLORACIÓN	SÍMBOLO	
Pozo o Calicata	C – n	
Perforación	P – n	
Trinchera	T - n	
Auscultación	A – n	

Fuente: Norma E-050 actualizada. (2018). *Tabla 7 Técnicas de exploración.* (p.15)

A continuación, se detallará las coordenadas UTM (este, norte, altitud) de ambas prospecciones de campo con sus respectivas profundidades de excavación:

Trinchera N°01. De sección rectangular (1.10m x 1.90m)

- **Este:** 380151.
- **Norte:** 8920160.
- **Cota:** 2428.412 msnm.
- **Profundidad de excavación:** 1.50m.

Calicata N°02. De sección cuadrada (1.80m x 1.80m)

- **Este:** 380114.
- **Norte:** 8920176.
- **Cota:** 2442.361msnm.
- **Profundidad de excavación:** 2.60m.



Figura N° 2. Vista del tesista en la prospección de campo (trinchera N°01).



Figura N° 3. Vista del tesista en la prospección de campo (calicata N°02).

3.1.5. Selección de muestras.

Conforme a la norma E-050 de suelos y cimentaciones para la selección y extracción de muestras luego de realizar las excavaciones se tuvieron 2 tipos de muestra: **inalterada** (en bloque) que fue extraído con sumo cuidado para el material fino (suelo arcilloso) sellado con parafina, guardado y conservado en un cajón de madera rellenado con aserrín húmedo en su alrededor. Y muestra **alterada** (en bolsa) para los demás estratos encontrados. Estas consideraciones fueron en base a la tabla N°4 de la norma técnica E050 SUELOS Y CIMENTACIONES 2018.

TABLA 4

TIPO DE MUESTRA	NORMA APLICABLE	FORMAS DE OBTENER Y TRANSPORTAR	ESTADO DE LA MUESTRA	CARACTERÍSTICAS
Muestra inalterada en bloque (Mib)	NTP 339.151 SUELOS. Prácticas normalizadas para la preservación y transporte de suelos	Bloques	Inalterada	Debe mantener inalteradas las propiedades físicas y mecánicas del suelo en su estado natural al momento del muestreo (Aplicable solamente a suelos cohesivos, rocas blandas o suelos granulares finos suficientemente cementados para permitir su obtención).
Muestra inalterada en tubo de pared delgada (Mit)	NTP 339.169 SUELOS. Muestreo geotécnico de suelos con tubo de pared delgada	Tubos de pared delgada		
Muestra alterada en bolsa de plástico (Mab)	NTP 339.151 SUELOS. Prácticas normalizadas para la preservación y transporte de suelos	Con bolsas de plástico	Alterada	Debe mantener inalterada la granulometría del suelo en su estado natural al momento del muestreo.
Muestra alterada para humedad en lata sellada (Mah)	NTP 339.151 SUELOS. Prácticas normalizadas para la preservación y transporte de suelos	En lata sellada	Alterada	Debe mantener inalterado el contenido de agua.

Fuente: Norma E-050 actualizada. (2018). *Tabla 4 Tipos de muestras.* (p.10)

Figura N° 4. Vista de la muestra Inalterada (en bloque).



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 5. Vista total de las muestras: inalterada (en bloque) y alterada (en bolsa) en el banco de trabajo.



Fuente: Elaboración propia.

3.1.6. Ensayos de laboratorio.

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

REFERENCIA

ASTM D-2216, NTP 339.127, J. E. Bowles (Experimento N°01), MEM 2016

1° OBJETIVO.

El presente modo operativo estabelece el método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

2° APARATOS.

- **Horno de secado. -** Horno de secado termostáticamente controlado, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.
- **Balanzas. -** De capacidad conveniente y con las siguientes aproximaciones: de 0.1 g para muestras de menos de 200 g de 0. 1 g para muestras de más de 200 g
- **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.
- **Utensilios para manipulación de recipientes. -** Se requiere el uso de guantes, tenazas o un sujetador apropiado para mover y manipular los recipientes calientes después de que se hayan secado.
- **Otros utensilios. -** Se requiere el empleo de cuchillos, espátulas. cucharas, lona para cuarteo, divisores de muestras, etc.

3° DEFINICIONES.

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, al peso de las partículas sólidas.

4° PRINCIPIO DEL MÉTODO.

Se determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a 110 ± 5 °C*. El peso del suelo que permanece del secado en horno es usado como el peso de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerado como el peso del agua.

Nota. - (*) *El secado en horno siguiendo este método (a 110 °C) no da resultados confiables cuando el suelo contiene yeso u otros minerales que contienen gran cantidad de agua de hidratación o cuando el suelo contiene cantidades significativas de material orgánico. Se pueden obtener valores confiables del contenido de humedad para estos suelos, secándolos en un horno a una temperatura de 60 °C o en un desecador a temperatura ambiente.*

5° MUESTRAS.

Las muestras serán preservadas y transportadas de acuerdo a la Norma ASTM D-4220, Grupos de suelos B, C ó D. Las muestras que se almacenen antes de ser ensayadas se mantendrán en contenedores herméticos no corroíbles a una temperatura entre aproximadamente 3 °C y 30 °C y en un área que prevenga el contacto directo con la luz solar. Las muestras alteradas se almacenarán em recipientes de tal manera que se prevenga ó minimice la condensación de humedad en el interior del contenedor. La determinación del contenido de humedad se realizará tan pronto como sea posible después del muestreo, especialmente si se utilizan contenedores corroíbles (tales como tubos de acero de pared delgada, latas de pintura, etc.) ó bolsas plásticas.

6° ESPECIMEN DEL ENSAYO.

Para los contenidos de humedad que se determinen en conjunción con algún otro método ASTM, se empleará la cantidad mínima de espécimen especificada en dicho método si alguna fuera proporcionada.

La cantidad mínima de espécimen de material húmedo seleccionado como representativo de la muestra total, si no se toma la muestra total, será de acuerdo a lo siguiente:

Máximo tamaño de partícula (pasa el 100%)	Tamaño de malla estándar	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados	
		a ± 0,1%	a ± 1%
2 mm o menos	2,00 mm (Nº 10)	20 g	20 g *
4,75 mm	4,760 mm (Nº 4)	100 g	20 g *
9,5 mm	9,525 mm (3/8″)	500 g	50 g
19,0 mm	19,050 mm (3/4″)	2,5 kg	250 g
37,5 mm	38,1 mm (1 ½″)	10 kg	1 kg
75,0 mm	76,200 mm (3″)	50 kg	5 kg

Nota. - *** *Se usará no menos de 20 g para que sea representativa.*

- Si se usa toda la muestra, ésta no tiene que cumplir los requisitos mínimos dados en la tabla anterior. En el reporte se indicará que se usó la muestra completa.

- El uso de un espécimen de ensayo menor que el mínimo indicado en 6.2 requiere discreción, aunque pudiera ser adecuado para los propósitos del ensayo. En el reporte de resultados deberá anotarse algún espécimen usado que no haya cumplido con estos requisitos.

- Cuando se trabaje con una muestra pequeña (menos de 200 g) que contenga partículas de grava relativamente grandes, no es apropiado incluirlas en la muestra de ensayo. Sin embargo, en el reporte de resultados se mencionará y anotará el material descartado.

- Para aquellas muestras que consistan íntegramente de roca intacta, el espécimen mínimo tendrá un peso de 500 g. Porciones de muestra representativas pueden partirse en partículas más pequeñas, dependiendo del tamaño de la muestra, del contenedor y la balanza utilizada y para facilitar el secado a peso constante.

7° SELECCIÓN DEL ESPECIMEN DEL ENSAYO.

- Cuando el espécimen de ensayo es una porción de una mayor cantidad de material, el espécimen seleccionado será representativo de la condición de humedad de la cantidad total de material. La forma en que se seleccione el espécimen de ensayo depende del propósito y aplicación del ensayo, el tipo de material que se ensaya, la condición de humedad, y el tipo de muestra (de otro ensayo, en bolsa, en bloque, y las demás).

- Para muestras alteradas tales como las desbastadas, en bolsa, y otras, el espécimen de ensayo se obtiene por uno de los siguientes métodos (listados en orden de preferencia):
- Si el material puede ser manipulado sin pérdida significativa de humedad, el material debe mezclarse y luego reducirse al tamaño requerido por cuarteo o por división.
- Si el material no puede ser mezclado y/o dividido, deberá formarse una pila de material, mezclándolo tanto como sea posible. Tomar por lo menos cinco porciones de material en ubicaciones aleatorias usando un tubo de muestreo, lampa, cuchara, frotacho, ó alguna herramienta similar apropiada para el tamaño de partícula máxima presente en el material. Todas las porciones se combinarán para formar el espécimen de ensayo.
- Si no es posible apilar el material, se tomarán tantas porciones como sea posible en ubicaciones aleatorias que representarán mejor la condición de humedad. Todas las porciones se combinarán para formar el espécimen de ensayo.
- En muestras intactas tales como bloques, tubos, muestreadores divididos y otros, el espécimen de ensayo se obtendrá por uno de los siguientes métodos dependiendo del propósito y potencial uso de la muestra.
- Se desbastará cuidadosamente por lo menos 3 mm de material de la superficie exterior de la muestra para ver si el material está estratificado y para remover el material que esté más seco o más húmedo que la porción principal de la muestra. Luego se desbastará por lo menos 5 mm, o un espesor igual al tamaño máximo de partícula presente, de toda la superficie expuesta o del intervalo que esté siendo ensayado.
- Se cortará la muestra por la mitad. Si el material está estratificado se procederá de acuerdo a lo indicado en (*). Luego se desbastará cuidadosamente por lo menos 5 mm, o un espesor igual del tamaño máximo de partícula presente, de la superficie expuesta de una mitad o el intervalo ensayado. Deberá evitarse el material de los bordes que

pueda encontrarse más húmedo o más seco que la porción principal de la muestra.

Nota. - (*) *Si el material está estratificado (o se encuentra más de un tipo de material), se seleccionará un espécimen promedio, o especimenes individuales, o ambos. Los especimenes deben ser identificados apropiadamente en formatos, en cuanto a su ubicación, o lo que ellos representen.*

8° PROCEDIMIENTO

- Determinar y registrar la masa de un contenedor limpio y seco (y su tapa si es usada).
- Seleccionar especimenes de ensayo representativos de acuerdo lo indicado en anteriormente.
- Colocar el espécimen de ensayo húmedo en el contenedor y, si se usa, colocar la tapa asegurada en su posición. Determinar el peso del contenedor y material húmedo usando una balanza seleccionada de acuerdo al peso del espécimen. Registrar este valor.
- Remover la tapa (si se usó) y colocar el contenedor con material húmedo en el horno. Secar el material hasta alcanzar una masa constante. Mantener el secado en el horno a 110 ± 5 °C a menos que se especifique otra temperatura. El tiempo requerido para obtener peso constante variará dependiendo del tipo de material, tamaño de espécimen, tipo de horno y capacidad, y otros factores. La influencia de estos factores generalmente puede ser establecida por un buen juicio, y experiencia con los materiales que sean ensayados y los aparatos que sean empleados.
- Luego que el material se haya secado a peso constante, se removerá el contenedor del horno (y se le colocará la tapa si se usó). Se permitirá el enfriamiento del material y del contenedor a temperatura ambiente o hasta que el contenedor pueda ser manipulado cómodamente con las manos y la operación del balance no se afecte por corrientes de convección y/o esté siendo calentado. Determinar el peso del contenedor y el material secado al homo usando la misma balanza

usada en 8.3. Registrar este valor. Las tapas de los contenedores se usarán si se presume que el espécimen está absorbiendo humedad del aire antes de la determinación de su peso seco.

$$W = \frac{Peso \cdot de \cdot agua}{Peso \cdot de \cdot suelo \cdot secado \cdot al \cdot horno} \times 100$$

$$W = \frac{M_{CWS} - M_{CS}}{M_{CS} - M_C} \times 100 = \frac{M_W}{M_S} \times 100$$

Donde:

W = es el contenido de humedad, (%).

Mcws = es el peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos.

Mcs = es el peso del contenedor más el suelo secado en horno, en gramos.

Mc = es el peso del contenedor, en gramos.

Mw = es el peso del agua, en gramos.

Ms = es el peso de las partículas sólidas, en gramos.

9° REPORTE

El reporte deberá incluir lo siguiente:

- La identificación de la muestra (material) ensayada, tal como el número de la perforación, número de muestra, número de ensayo, número de contenedor, etc.
- El contenido de agua del espécimen con aproximación al 1% o al 0.1%, como sea apropiado dependiendo de la mínima muestra usada. Si se usa este método conjuntamente con algún otro método, el contenido de agua del espécimen deberá reportarse al valor requerido por el método de ensayo para el cual se determinó el contenido de humedad.
- Indicar si el espécimen de ensayo contenía más de un tipo de material (estratificado, etc.).
- Indicar el método de secado si es diferente del secado en horno a 110 °C más o menos 5 °C.
- Indicar sí se excluyó algún material del espécimen de ensayo.

10° PRECISIÓN Y EXACTITUD

- **Exactitud.-** No existe valor de referencia aceptado para este método de ensayo; por consiguiente, no puede determinarse la exactitud.
- **Precisión:**

  Precisión de un Operador Simple. - El coeficiente de variación de un operador simple se encontró en 2.7%. Por consiguiente, los resultados de dos ensayos conducidos apropiadamente por el mismo operador con el mismo equipo, no deberían ser considerados con sospecha si difieren en menos del 7.8 % de su media.

  Precisión multilaboratorio.- El coeficiente de variación multilaboratorio se encontró en 5.0%. Por consiguiente, los resultados de dos ensayos conducidos por diferentes operadores usando equipos diferentes no deberían ser considerados con sospecha a menos que difieran en más del 14.0 por ciento de su media.

11° SUGERENCIAS

- 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. Se usa un recipiente para cada determinación.
- El cambio de humedad en suelos sin cohesión puede requerir que se muestree la sección completa. el material está estratificado (o se encuentra más de un tipo de material), se seleccionará un espécimen promedio, o especimenes individuales, o ambos. Los especimenes deben ser identificados apropiadamente en formatos, en cuanto a su ubicación, o lo que ellos representen.
- Para prevenir la mezcla de especímenes y la obtención de resultados incorrectos, todos los contenedores, y tapas si se usan, deberían ser enumerados y deberían registrarse los números de los contenedores en los formatos de laboratorio. Los números de las tapas deberían ser consistentes con los de los contenedores para evitar confusiones.

- Para acelerar el secado en horno de grandes especímenes de ensayo, ellos deberían ser colocados en contenedores que tengan una gran área superficial (tales como ollas) y el material debería ser fragmentado en agregados más pequeños.
- En la mayoría de los casos, el secado de un espécimen de ensayo durante toda la noche (de 12 a 16 horas) es suficiente. En los casos en los que hay duda sobre lo adecuado de un método de secado, deberá continuarse con el secado hasta que el cambio de peso después de dos períodos sucesivos (mayores de 1 hora) de secado sea insignificante (menos del 0.1 %). Los especímenes de arena pueden ser secados a peso constante en un período de 4 horas, cuando se use un horno de tiro forzado.
- Desde que algunos materiales secos pueden absorber humedad de especímenes húmedos, deberán retirarse los especímenes secos antes de colocar especímenes húmedos en el mismo horno. Sin embargo, esto no sería aplicable si los especímenes secados previamente permanecieran en el horno por un período de tiempo adicional de 16 horas.
- Colocar las muestras en un desecador es más aceptable en lugar de usar las tapas herméticas ya que reduce considerablemente la absorción de la humedad de la atmósfera durante el enfriamiento especialmente en los contenedores sin tapa.

Aplicación en el laboratorio de mecânica de suelos del ensayo:

Para nuestro caso, se realizó la determinación del contenido de humedad para 4 muestras en total, 2 por cada prospección de campo (trinchera y calicata) a diferentes profundidades. A continuación se detallará el panel fotográfico y las hojas de cálculo reportadas.

PANEL FOTOGRÁFICO

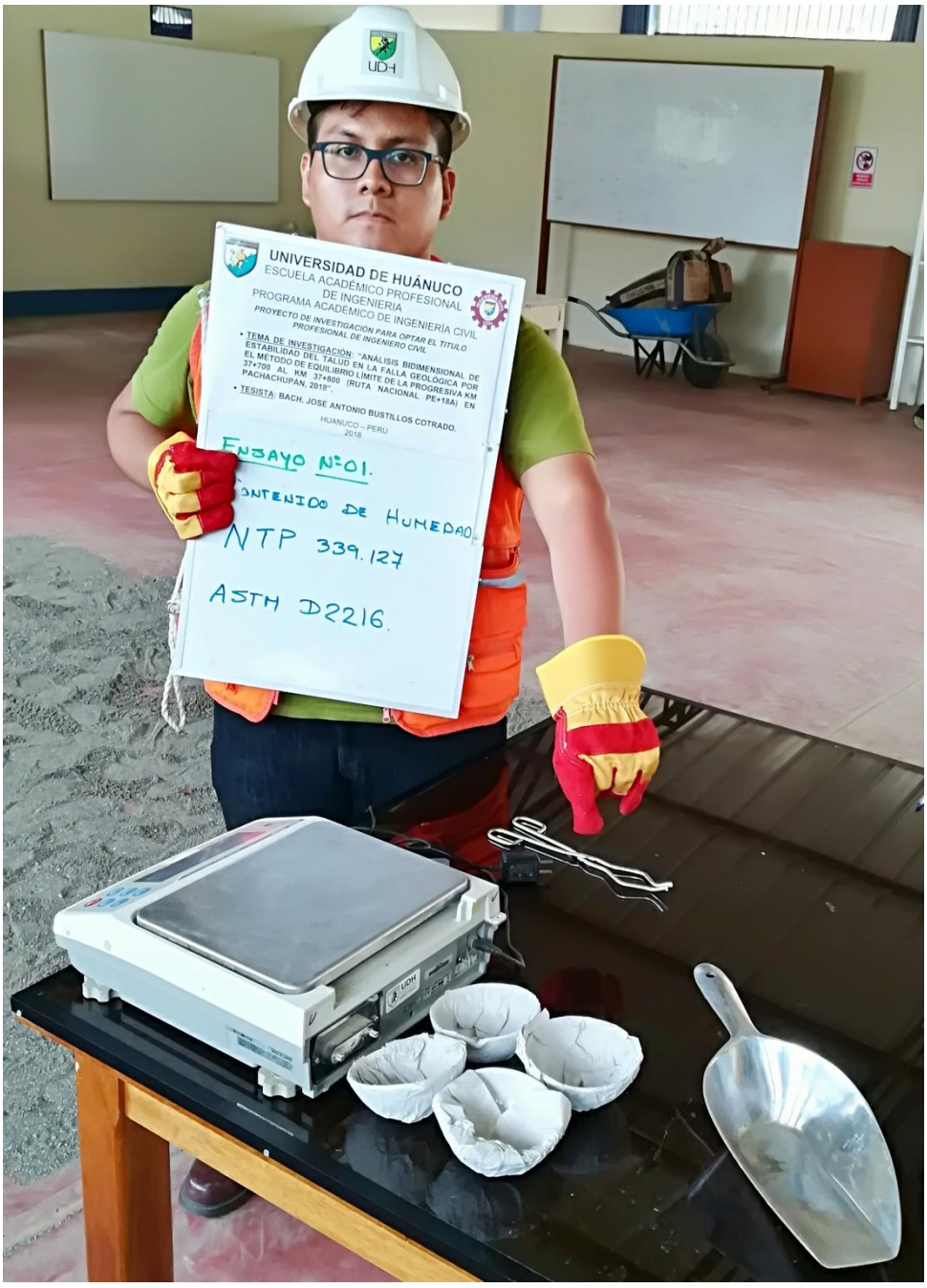


Figura N°06. Vista del tesista con sus EPP, instrumentos y equipos a utilizar para el ensayo de contenido de humedad.



Figura N°07. Vista del tesista codificando el frasco en el que se colocará la muestra de suelo.



Figura N°08. Vista del tesista tomando el peso del frasco en la balanza digital.



Figura N°09. Vista de la toma del peso del frasco en la balanza digital.



Figura N°10. Vista del tesista tomando una porción representativa de la muestra altearada.



Figura N°11. Vista del tesista tomando apuntes del peso del frasco más el suelo húmedo en la balanza digital.



Figura N°12. Vista del tesista colocando la muestra en el horno a una temperatura de 100°C para el secado de la muestra, dejándola por un período de 24h. de secado.



Figura N°13. Vista del tesista sacando la muestra del horno luego de 24h.



Figura N°14. Vista del tesista tomando el peso del suelo seco en la balanza.



Figura N°15. Vista del tesista calculando el contenido de humedad (w%).

Cálculos realizados.

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_t} * 100 = \frac{W_W}{W_S} * 100$$

Donde:

W = contenido de humedad, (%).

W_W = peso del agua.

W_s = peso seco del material.

W_1 = peso de tara más suelo húmedo en gramos.

W_2 = peso de tara más suelo seco em horno, en gramos.

W_t = peso de tara en gramos.

Reporte de resultados.

A continuación se mostrará la hoja de cálculo realizada, determinando el contenido de humedad por cada muestra analizada:

- **Para la muestra N°01.**

Tesista/Técnico:	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO					
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".					
Fecha:	04/12/2018				Informe N°:	1
Ubicación (Datum WGS84):	Norte	8920160	Medidas	1.10 x 1.90	Calicata:	T-01
	Este	380151	Muestra:	Alterada	Profundidad (m):	0.8

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (W)		
1	Peso del Frasco + Peso del Suelo Húmedo (gr.)	177.1
2	Peso del Frasco + Peso del Suelo Seco (gr.)	172.3
3	Peso del Agua Contenida (gr.)	4.8
4	Peso del Frasco (gr.)	100.2
5	Peso del Suelo Seco (gr.)	72.1
6	Contenido de Humedad (%)	6.6574

Fuente: Elaboración propia.

- **Para la muestra N°02.**

Tesista/Técnico:	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO					
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".					
Fecha:	04/12/2018				Informe N°:	2
Ubicación (Datum WGS84):	Norte	8920160	Medidas	1.10 x 1.90	Calicata:	T-01
	Este	380151	Muestra:	Alterada	Profundidad (m):	1.5

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (W)		
1	Peso del Frasco + Peso del Suelo Húmedo (gr.)	186.8
2	Peso del Frasco + Peso del Suelo Seco (gr.)	179.0
3	Peso del Agua Contenida (gr.)	7.8
4	Peso del Frasco (gr.)	102.9
5	Peso del Suelo Seco (gr.)	76.1
6	Contenido de Humedad (%)	10.2497

Fuente: Elaboración propia.

- **Para la muestra N°03.**

Tesista/Técnico:	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO					
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".					
Fecha:	04/12/2018				Informe N°:	3
Ubicación (Datum WGS84):	Norte	8920176	Medidas	1.80 x 1.80	Calicata:	C-02
	Este	380114	Muestra:	Inalterada	Profundidad (m):	1.35

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (W)		
1	Peso del Frasco + Peso del Suelo Húmedo (gr.)	181.9
2	Peso del Frasco + Peso del Suelo Seco (gr.)	172.4
3	Peso del Agua Contenida (gr.)	9.5
4	Peso del Frasco (gr.)	100.8
5	Peso del Suelo Seco (gr.)	71.6
6	Contenido de Humedad (%)	13.2682

Fuente: Elaboración propia.

- **Para la muestra N°04.**

Tesista/Técnico:	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO					
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".					
Fecha:	04/12/2018				Informe N°:	4
Ubicación (Datum WGS84):	Norte	8920176	Medidas	1.80 x 1.80	Calicata:	C-02
	Este	380114	Muestra:	Alterada	Profundidad (m):	2.55

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (W)		
1	Peso del Frasco + Peso del Suelo Húmedo (gr.)	217.7
2	Peso del Frasco + Peso del Suelo Seco (gr.)	211.5
3	Peso del Agua Contenida (gr.)	6.2
4	Peso del Frasco (gr.)	99.1
5	Peso del Suelo Seco (gr.)	112.4
6	Contenido de Humedad (%)	5.5160

Fuente: Elaboración propia.

DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE SUELO COHESIVO

REFERENCIA

ASTM Bs-1377, NTP 339.139

1° GENERALIDADES.

1.1. Terminología en la ntp. La densidad es expresada en términos de densidad de masa. La densidad de masa de un suelo, ρ es la masa por unida de volumen del depósito de suelo incluyendo el agua que contenga. La densidad seca ρ_d es la masa de suelo seco contenido em una unidad de volumen. Ambas son expresadas em Mg/m3, lo cual es numéricamente semejante a g/cm3.

NOTA: La densidad de peso (peso por unidad de volumen) denotado por ɣ, es usado cuando se calcula la fuerza ejercida por uma masa de suelo, y es derivada de la densidad de masa mediante la ecuación:

$$\gamma = \rho g$$

Donde: g es la aceleración de la gravedad (en m/seg2).

El valor de ɣ (en KN/m3) está numéricamente relacionado a ρ (Mg/m3) mediante la ecuación ɣ = 9.807ρ

1.2. Tipos de prueba. Se especifican tres métodos. El primero se aplica a suelos que puedan ser tallados em uma forma geométrica regular, cuyo volumen pueda ser calculado desde mediciones lineales. En el segundo, el volumen del especímen es determinado pesando lo sumergido en agua. En el tercero el volumen es medido por el desplazamiento de agua.

2° METODO DE MEDICIÓN LINEAL.

2.1. Generalidades. Este método es adecuado para la determinación de la densidad de una muestra de suelo cohesivo de forma regular, incluyendo especímenes preparados para otras pruebas. Las muestras usadas tienen normalmente forma de prismas rectangulares o cilindros rectos. Se especifican tres procedimientos para la preparación del especímen:

a) Procedimiento N°1: cortando y preparando um especímen en una forma adecuada a partir de un bloque de muestra inalterada.

b) Procedimiento N°02: Extrayéndolo desde um tubo para formar un especímen cilíndrico del mismo diámetro que el tubo.

c) Procedimiento N°03: Obteniéndose un especímen de diámetro más pequeño que un tubo de muestreo.

2.2. Aparatos. Los aparatos requeridos son uma balanza con aproximación a 0,01g.

2.3. Preparación de especímenes.

2.3.1. Procedimiento 1 (Especímen obtenido de un bloque de muestra).

- Corte al menos 10mm. desde la cara externa del bloque y corte um prisma aproximadamente rectangular de suelo ligeramente más grande que las dimensiones finales del especímen. Si el especímen va a ser usado para algunas otras pruebas su forma será apropiada para tal prueba.

- Haga los extremos del prisma planos y paralelos usando la caja de ingletes, o cortando y verificando cuidadosamente com una regla y escuadra (de comprobación) sobre una placa de vidrio. El especímen de prueba puede ser rectangular o cilíndrico.

- Para un especímen de forma rectangular, corte las cuatro caras del prisma de manera que ellos estén mutuamente perpendiculares y en ángulos rectos a las caras laterales. El espesor y cuadratura serán precisos dentro de un 0.5% de cada dimensión.

- Para un espécimen cilíndrico coloque el espécimen en un torno para suelos y corte el exceso de suelos en capas delgadas. Gire el espécimen entre cada corte hasta obtener um especímen cilíndrico. El espécimen no se tallará mientras se esté rotando. Remueve el espécimen de torno, corte a la longitud requerida y haga que los planos laterales y normales al eje del especímen estén dentro de 0,5°. Un

molde dividido puede ser usado como una plantilla para esta operación si es de duficiente precisión.

- Para un especímen cilíndrico usando un tubo muestreador de pared delgada, sujeto el tubo firmemente al gálibo de fijación. Empuje el tubo firmemente a velocidad constante dentro del suelo hasta que el tubo este casi lleno, manteniendo el alineamiento del eje del tubo con la dirección del movimiento. Gire el tubo unos 360° para cortar el especímen y separe el tubo. Finalemente recupere el especímen del tubo y tallelo.

2.4. Mediciones.

- Pese el especímen preparado a una medición de 0,1% (m).
- Para um especímen consistente en un prisma rectangular, mida y registre la longitud de cada cara a lo largo de las aristas y cerca de la parte central, com una aproximación de 0,1mm.
- Para un espécimen cilíndrico de suelo rígido, mida y registre el diámetro en dos diámetros perpendiculares, em cada extremo y cerca de la mitad, com aproximación a 0,1mm. Mida la longitud a lo largo de tres líneas espaciadas em alrededor de 120° sobre la superficie cilíndrica con aproximación de 0,1mm.
- Para un espécimen cilíndrico de suelo plástico, mida las dimensiones internas del molde o tubo a 0,1mm.
- Para un especímen cilíndrico de suelo plástico, mida las dimensiones internas del molde o tubo a 0,1mm.

NOTA: Si el especímen es propenso a deformarse al removerse desde el tubo, su volumen deberá ser determinado desde las mediciones del diámetro y longitud del tubo, y la distancia desde cada extremo del tubo a los extremos preparados del especímen.

2.5. Cálculo y expresión de resultados. Para un especímen de prisma rectangular calcule la densidad del especímen, ρ (em mg/m3), mediante la ecuación:

$$\rho = \frac{1000m}{LBH}$$

Donde:

L, B y H. sean las dimensiones medias del especímen determinadas como se especifica (en mm).

m. es la masa de especímen (en gramos).

Para un especímen cilíndrico calcule la longitud media L, y el diámetro medio D. Calcule la densidad del especímen ρ (em mg/m3) mediante la ecuación:

$$\rho = \frac{4000m}{\pi D^2 L}$$

Donde:

D es el diámetro medio del especímen o del tubo o modo determinado como se especifica em mm.

L es la longitud media del especímen o del tubo o molde determinado como se especifica em mm.

m es la masa del especímen em gramos.

Si se conoce el contenido de humedad w (en%) del suelo, calcule la densidad seca del especímen, ρ_d (en mg/m3) mediante la ecuación:

$$\rho_d = \frac{100\rho}{100+w}$$

Exprese la densidad y densidad seca del especímen de suelo com aproximación a 0,01mg/m3.

Exprese el contenido de humedad, si es conocido, a dos cifras significativas.

2.6. Reporte de prueba. El reporte de prueba incluirá la siguiente información:

a. El método de prueba usado.

b. La densidad y la densidad seca del especímen de suelo.

c. El contenido de humedad si es conocido.

3° METODO DE LA INMERSIÓN EN AGUA.

3.1. Generalidades. Este método cubre la determinación de la densidad de masa y densidad seca de uma muestra de suelo natural o remoldeado midiendo su masa en aire y su masa aparente cuando esté suspendido em agua. EL método puede ser empleado siempre y cuando se pueden obtener trozos de material de dimensiones adecuadas.

NOTA: Aunque la muestra deberá ser preferiblemente de forma cilíndrica a cúbica, la prueba puede ser llevada a cabo muy satisfactoriamente en especímenes de otras formas, a condición que ninguna dimensión sea mucho más pequeña que las otras dos. Sin embrago, los trozos com ángulos re-entrantes deberán ser evitados. Cuando la precisión de la prueba dependa del tamaño del especímen, es importante que se use el especímen más grande disponible, compatible con la capacidad de la balanza.

3.2. Equipo.

- Un contenedor impermeable de um tamaño adecuado.

- Una balanza com aproximación a 1g.

- Un bastidor y estructura de soporte similares em principio a aquel mostrado com el armazón pegado al cucharón o plataforma de la balanza, pueda soportar el bastidor debajo de la balanza.

NOTA: La disposición del bastidor y estructura de soporte mostrados há sido encontrada conveniente pero cualquier otro método que permita al especímen ser suspendido em agua, soportado solo por el cucharón o plataforma de la balanza antes mencionado, también será insatisfactorio. Los pesos de contrabalanceo adecuados deberán ser colocados em los tablones de soporte.

- Equipo para la fusión de cera parafinada.

- Equipo para la determinación del contenido de humedad.

3.3. Materiales.

- Plastilina o macilla.
- Cera o parafina.

3.4. Ajuste del aparato.

- Acondicione la balanza con el cucharón o plataforma sobre el contenedor y con al menos 300mm. de espacio libre entre la cara inferior de los soportes y la parte superior del contenedor.

- Llene el contenedor com agua hasta 80mm. del tope. Luego coloque el contenedor em una posición debajo de la balanza, y ajuste el bastidor y estructura de soporte, de manera que el bastidor sea suspendido en el agua sin tocar ya sea el fondo o los costados del contenedor. Asegúrese que el especímen más grande a ser ensayado esté sumergido completamente cuando esté en el bastidor.

- Coloque el contador de masa en el pasillo de la balanza hasta obtener la lectura caro si usa balanza de dos platillos, o use el dispositivo de taraje para ajustar la lectura de la balanza a cero.

3.5. Procedimiento.

- Prepare la muestra de suelo, si es necesario, hasta que el especímen mida por lo menos 100mm en cada dimensión. Pese el especímen con aproximación a 1g.
- Llene todos los vacíos de aire superficiales del especímen con un material que sea insoluble en agua, por ejemplo, plastilina o masilla. Las cavidades dejadas por la remoción de gravas no serán rellenadas. Pese con aproximación a 1g.

NOTA: Deberá tenerse cuidado en llenar solo los vacíos de aire y no los agujeros como resultado de la pérdida de grava durante la preparación del especímen. Al llenar los vacíos el material usado deberá ser preparado a nivel com la superficie del especímen.

- Cubra el especímen completamente mediante repetida inmersión en cera parafinada fundida. Permita que el especímen encerado se enfríe y luego pese con aproximación a 1g.

NOTAS:

1. *EL encerado del especímen deberá ser llevado a cabo muy cuidadosamente. Las depresiones superficiales, incluyendo cavidades dejadas por las gravas, deberán ser primero cubiertas con cera fundida aplicada con cepillo. Asegúrese que no se formen burbujas de aire debajo de la cera. Las caídas consideradas parte de los vacíos existentes por ejemplo em suelos compactos, debido a pobre compactación, deberán ser rellenadas antes de la aplicación de la cera.*
2. *Para evitar contracción y rajadura de la cubierta de cera, la cera deberá ser fundida solo em el momento justo de la aplicación. Ante la ausencia de un pote de cera termostáticamente controlado, el uso del pote de cola de carpintero ayuda a evitar el sobre calentamiento de la cera.*

- Coloque el especímen encerado en el bastidor y suspenda el bastidor desde la estructura de soporte a la plataforma de la balanza. Mida la masa aparente del especímen mientras esté suspendida em agua con aproximación a 1g.

NOTA: Cuando el especímen sea colocado en el agua, soportado por el bastidor, deberá tenerse cuidado en ver que ninguna burbuja de aire sea entrampada por debajo del espécimen. Además, mientras mida la masa aparente cuando esté suspendida en agua, asegúrese que el especímen sea sumergido completamente. Si éste no es el caso el nivel del agua en el contenedor deberá ser elevado o la estructura de soporte deberá ser ajustada hasta que el especímen sea sumergido completamente. El especímen deberá luego ser removido desde el bastidor y el aparato será reajustado como lo especificado.

- Remueva el espécimen desde el bastidor, seque su superficie y rómpalo. Tome uma porción del suelo que esté completamente libre de parafina, plasticina o masilla y determine su contenido de humedad W (%).

3.6. Cálculo y expresión de resultados. Calcule el volumen del especímen de prueba, Vs (em cm3) mediante la siguiente ecuación:

$$V_s = (m_w - m_g) - \left(\frac{m_w - m_f}{\rho_p}\right)$$

Donde:

m_w. Es la masa del especímen cubierto de cera (en g.);

m_g. Es la masa aparente de especímen cubierto de cera cuando se suspende em agua (en g.).

m_f. Es la masa del espécimen después de rellenarse los vacíos superficiales (en g.).

ρ_p. Es la densidad de la cera parafinada en (g/cm3).

NOTA: La densidad de la cera parafinada puede ser determinada por el procedimiento 1 descrito en 4.0.

Calcule la densidad de masa del espécimen, ρ (em mg/m3), mediante la ecuación:

$$\rho = \left(\frac{m_s}{V_s}\right)$$

Donde:

m_s. Sea la masa del espécimen del suelo (en g) preparado como se especifica.

Calcule la densidad seca del espécimen, ρ_d (em mg/m3) mediante la ecuación:

$$\rho_d = \left(\frac{100\,\rho}{100 + w}\right)$$

Donde:

w es el contenido de humedad del suelo (en %).

Exprese la densidad de masa y la densidad seca com aproximación a 0,01 mg/m3.

3.7. Reporte de prueba. El reporte incluirá la siguiente información:

a) El método de prueba usado.

b) La densidad de masa y densidad seca del espécimen del suelo.

c) El contenido de humedad.

4° METODO DEL DESPLAZAMIENTO DE AGUA.

4.1. Generalidades. Este método cubre la determinación de la densidad de masa y densidad seca de uma muestra de suelo midiendo su desplazamiento de agua y su masa. El método puede ser empleado siempre y cuando se puedan obtener trozos de material de tamaño adecuado.

NOTA: Aunque la muestra deberá ser preferiblemente cilíndrica o de forma cúbica, la prueba puede ser llevada a cabo muy satisfactoriamente em especímenes de otras formas, previendo que ninguna dimensión sea mucho más pequeña que las otras dos. Sin embargo, los terrones con ángulos re-entrantes deberán ser evitados, ya que la precisión de la prueba depende del tamaño del especímen, es importante que el especímen más grande disponible sea compatible com la capacidad de la balanza y del contenedor de sifón a ser usado.

4.2. Equipo.

- Un contenedor cilíndrico de metal con un tubo de sifón.
- Un contenedor hermético va actuar como un receptor para el agua sifoneada desde el contendor cilíndrico.
- Una balanza con aproximación a 1g.
- Equipo para la fusión de cera parafinada.
- Equipo para la determinación del contenido de humedad de acuerdo a lo especificado em NTP 339.127.

4.3. Materiales.

- Plasticina o masilla.
- Cera parafinada.

4.5. Procedimiento.

- Prepare la muestra de suelo, si es necesario, hasta obtener un especímen de aproximademente 100mm. en cada lado. Pese el especímen con aproximación a 1g.

- Rellene todos los vacíos de aire superficiales del especímen con un material que sea soluble en agua, por ejemplo plasticina o masilla. Las cavidades dejadas por la remoción de gravas no serán rellenadas. Pese el especímen com aproximación a 1g.

NOTA: Deberá tener cuidado para llenar solo los vacios de aire y no los agujeros resultantes de la pérdida de gravas durante la preparación del especímen. Al llenar los vacíos el material usado deberá ser preparado a nivel com la superficie del especímen.

- Cubra el especímen completamente mediante la inmersión repetida en cera parafinada fundida. Permite que el especímen se enfríe y luego pese com aproximación a 1g.

NOTAS:
1° El encerado del especímen deberá ser llevado a cabo muy cuidadosamente. Las depresiones superficiales, incluyendo cavidades dejadas por las gravas deberán ser primero cubiertas com cera fundida aplicada con escobilla, asegúrese que no se formen burbujas de aire debajo de la cera. Las cavidades consideradas parte de los vacíos existentes, por ejemplo, em suelos compactados debido a compactación pobre, deberán ser rellenados antes de la aplicación de la cera.
2° Para evitar la contradicción y rajadura de la cubierta de cera, la cera deberá ser fundida solo en el momento de la aplicación. En la ausencia de um pote de cera termostáticamente controlado, el uso de um pote de cola de carpintero ayuda a evitar el sobrecalentamiento de la cera.

- Ubique el contenedor de metal sobre una base nivelada y eche agua dentro de el hasta que el nivel del líquido esté encima del tubo de sifón. Suelte la abrazadera del tubo de salida de caucho para permitir que el agua em exceso corra al desague. Reajuste la abrazadera.

- Pese el contenedor para recibir el agua con aproximación a 1g (m_1) y luego colóquelo debajo de la salida del sifón. Baje el especímen cuidadosamente dentro del contenedor de manera que ninguna porción del especímen se proyecte encima del nivel del sifón.. Suelte la abrazadera del tubo de salida de sifón, permitiendo que el agua desplazada por el sifón entre al contenedor. Después que todo el

exceso de agua haya sido sifoneado afuera, reajuste el sujetador en el tubo de salida. Luego pese el receptor y agua con aproximación a 1g (m_2).

NOTA: Cuando el especímen se ubique en el contenedor com agua se deberá tener cuidado em ver que no existian burbujas de aire atrapadas por debajo del especímen.

Remueva el especímen del contenedor, permita que se seque la superficie y rómpalo. Tome uma muestra representativa del suelo, completamente libre de cera, plasticina o masilla, y determine su contenido de humedad, como lo especifica la NTP 339.127.

4.6. Cálculo y expresión de resultados.

Calcule el volumen del especímen de prueba, Vs (en cm3), de la ecuación:

$$Vs = (m_2 - m_1) - \left(\frac{m_w - m_f}{\rho_p} \right)$$

Donde:

m_1. Es la masa del receptor de agua (en g.)

m_2. Es la masa del recpetor y agua sifoneada dentro de él (en g.).

m_w. Es la masa de especímen después de cubrirlo com cera parafinada (en g.).

m_f. Es la masa de especímen después de cerrar los vacíos superficiales com relleno (en g.).

ρ_p. Es la densidad de la cera parafinada en (g/cm3).

NOTA: La densidad de la cera parafinada puede ser determinada facilmente mediante el procedimiento señalado.

Calcule la densidad de masa del especímen, ρ em (mg/m3) de la ecuación:

$$\rho = \frac{m_s}{V_s}$$

Donde:

$m_{s.}$ Es la masa del especímen de suelo (en g.) preparada como se especifica en el procedimiento anteriormente mencionado.

Calcule la densidad seca del especímen, ρ_d (mg/m3), de la ecuación:

$$\rho_d = \frac{100\rho}{100 + w}$$

Donde:

w es el contenido de humedad del suelo (en%).

Exprese la densidad de masa y la densidad seca com aproximación a 0,01 mg/m3.

Exprese el contenido de humedad con dos cifras significativas.

4.7. Reporte de prueba. El reporte incluirá la siguiente información:

a. El método de prueba pasado.

b. La densidad de masa y la densidad seca del especímen del suelo.

c. El contenido de humedad.

Aplicación en el laboratorio de mecánica de suelos del ensayo:

Para nuestro caso, se realizó el tercer tipo de prueba para determinar el peso volumétrico del suelo cohesivo. Es decir calcular el volumen por el desplazamiento de agua en una probeta graduada. A continuación se detallará el panel fotográfico y las hojas de cálculo reportadas.

PANEL FOTOGRÁFICO

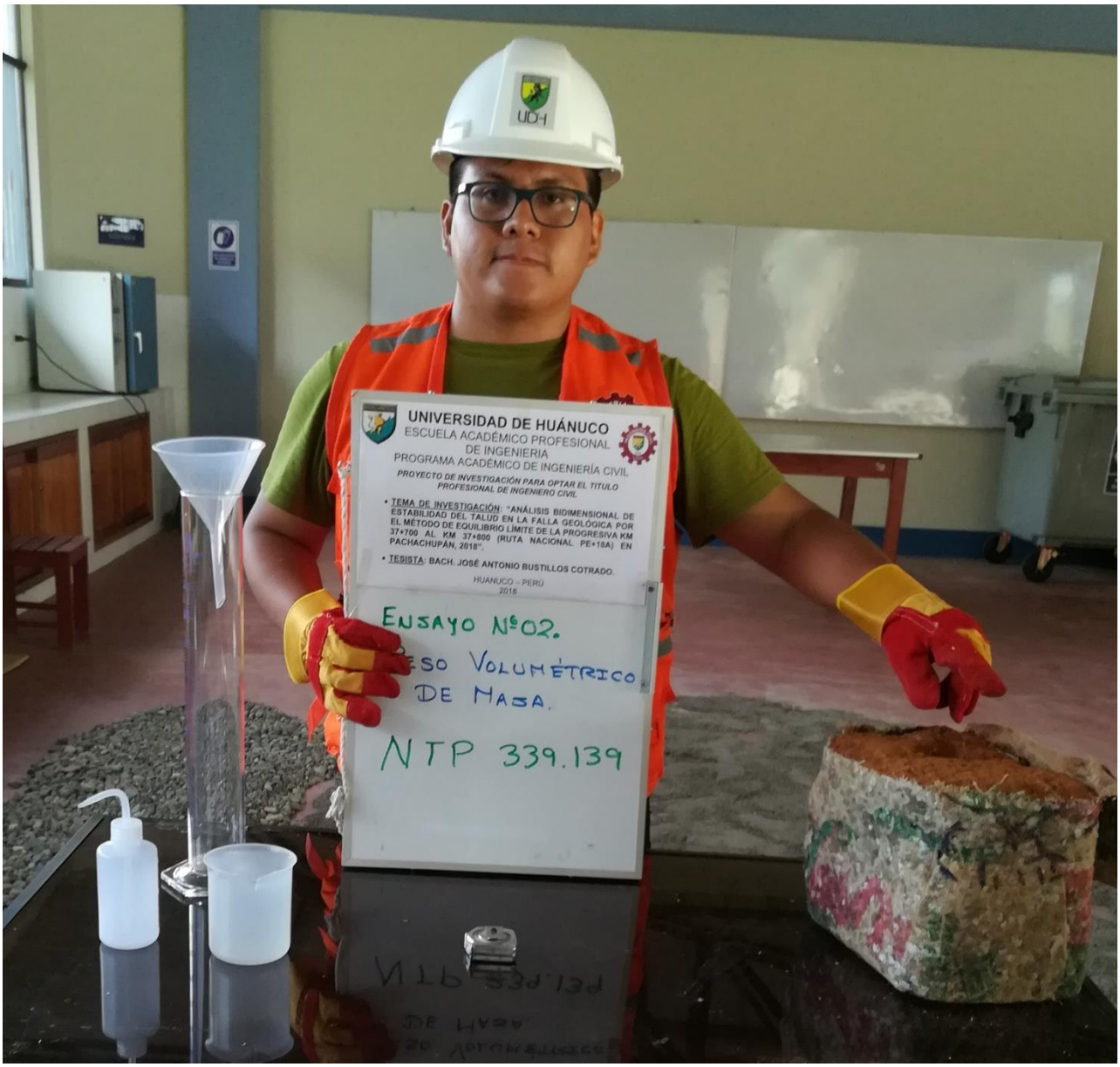


Figura N°16. Vista del tesista con sus EPP, equipos e instrumentos para el ensayo de peso volumétrico de suelo cohesivo.



Figura N°17. Vista del tesista con la muestra inalterada, para sacar una porción representativa irregular.



Figura N°18. Vista del tesista con la porción representativa irregular.



Figura N°19. Cálculo del peso de la porción irregular en la balanza digital.



Figura N°20. Cálculo del peso de la porción irregular en la balanza digital.



Figura N°21. Cálculo del peso de la porción irregular parafinada en la balanza digital.



Figura N°22. Llenado en la probeta graduada a un volumen conocido, para este caso de 600ml.



Figura N°23. Colocación de la porción parafinada del suelo dentro de la probeta para ver la variación de volúmenes.

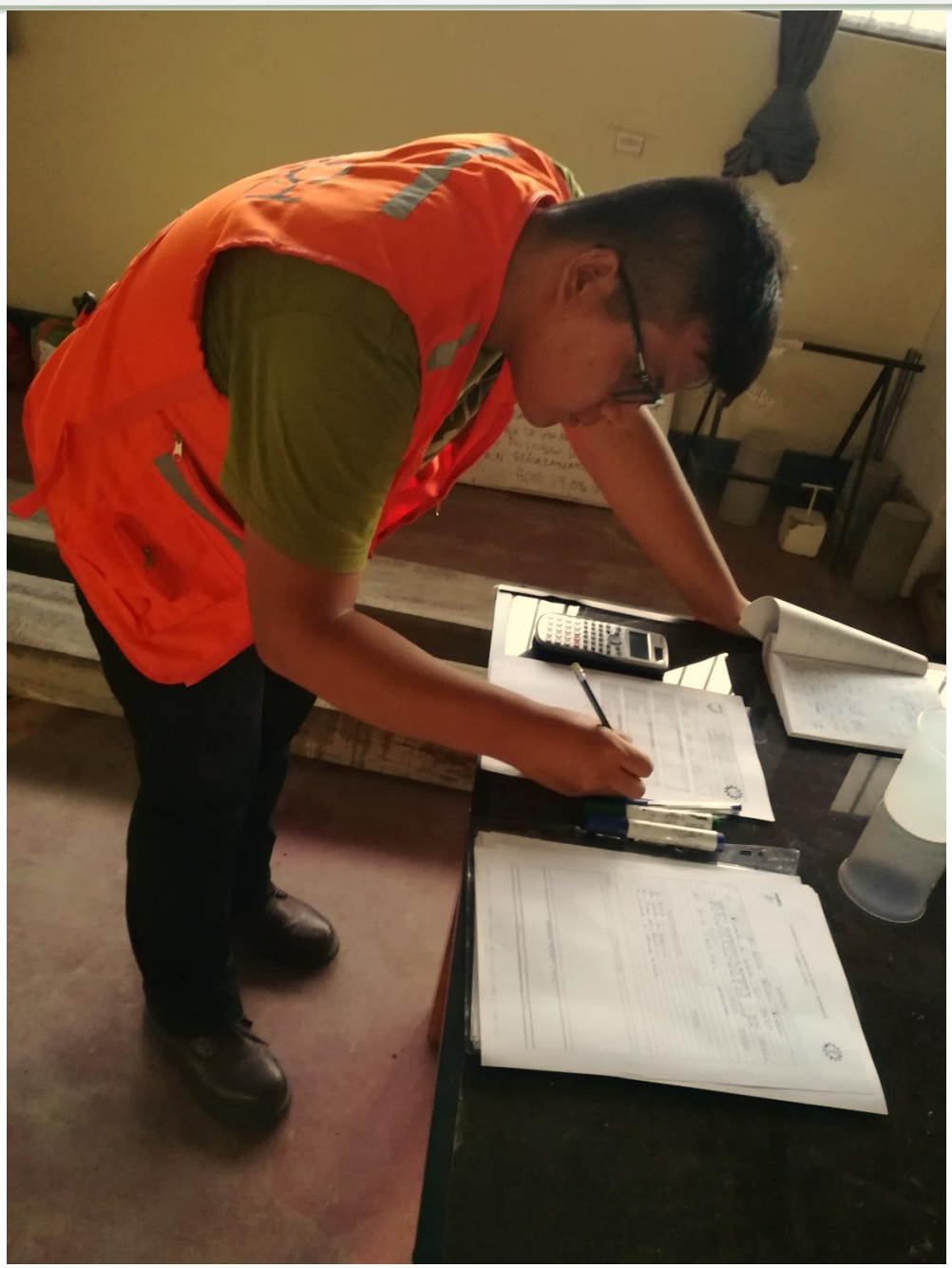


Figura N°24. Realización de cálculos del tesista para la determinación del peso volumétrico del suelo cohesivo de la muestra inalterada.

Cálculos realizados.

Volumen de muestra.

$\Delta V = V_{SUELO+PARAFINA}$

$V_{SUELO} = V_{SUELO+PARAFINA} - V_{PARAFINA}$

Volumen de la parafina.

$V_{PARAFINA} = W_{PARAFINA} / \gamma_{PARAFINA}$

Donde:

$W_{PARAFINA} = W_{SUELO+\ PARAFINA} - W_{SUELO}$

$$P.V. = \frac{W_{SUELO}}{\Delta V - V_{PARAFINA}}$$

Reporte de resultados.

A continuación se mostrará la hoja de cálculo realizada, determinando el peso específico de la muestra del suelo:

PESO VOLUMETRICO DE MASA (ɣ m)		
1	Peso del suelo + parafina (gr.)	89.1
2	Peso del suelo (gr.)	80
3	Peso de la parafina (gr.)	9.1
4	Volumen del suelo + parafina (cm3)	651
5	Volumen de la parafina (cm3)	10.4598
6	Volumen del suelo (cm3)	640.5402
7	Peso específico de masa (gr/cm3)	0.1249

Fuente: Elaboración propia.

ENSAYO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO INSITU MEDIANTE EL MÉTODO DE CONO DE ARENA

REFERENCIA

ASTM D1556, NTP 339.143, MTC E 117, MEM 2016

1°OBJETO

Establecer el método de ensayo estándar para determinar la densidad y peso unitario del suelo in situ mediante el método del cono de arena.

2° FINALIDAD Y ALCANCE

- Este método es usado para determinar la densidad de suelos compactados que se encuentran en el lugar durante la construcción de terraplenes de tierra, capas de rodadura, rellenos de carreteras y estructuras de contención. Es comúnmente utilizado como base de aceptación para suelos compactados a una densidad específica o a un porcentaje de densidad máxima determinada por un método de ensayo normado.
- Este método puede ser usado para determinar la densidad in-situ de depósitos de suelos naturales, agregados, mezcla de suelos u otro material similar.
- Este método de ensayo se aplica a suelos que no contengan una cantidad excesiva de roca o materiales gruesos con un diámetro mayor a 1 ½ pulg (38 mm).
- Esta norma también puede utilizarse para determinarla densidad y el peso unitario de suelos inalterados o suelos in-situ, que contengan vacíos naturales o cuando los poros sean lo suficientemente pequeños para prevenir que la arena usada en el ensayo penetre en los vacíos naturales.
- El suelo u otro material que esté sometido a prueba deberá tener la suficiente cohesión o atracción entre partículas para mantener estables los lados de un pequeño hoyo o excavación y debe estar lo suficientemente firme como para soportar la mínima presión ejercida al momento de cavar el orificio y colocar el equipo sobre él, sin que se deforme o caiga.

- Cuando los materiales que se van a someter a prueba contengan cantidades considerables de partículas mayores a 1 ½ pulg (38 mm), o cuando los volúmenes de los orificios de ensayo son mayores a 0,1 pie3 (2830 cm3), se aplica el Método de Ensayo ASTM D4914 o ASTM D5030.

- Es práctica común en la profesión de ingeniería utilizar corrientemente unidades de medida para representar tanto unidades de masa como unidades de fuerza. Esto implícitamente combina dos sistemas de unidades diferentes, esto es, el sistema absoluto y el sistema gravitacional. Científicamente, no es recomendable combinar el uso de dos clases diferentes de unidades dentro de una norma simple. Este método de ensayo ha sido elaborado utilizando el sistema gravitacional de unidades cuando se tratan las unidades en el sistema de centímetros y gramos. En este sistema, el gramo (gr.) representa una unidad de fuerza (peso). Sin embargo, el uso de balanzas o escalas para registrar medidas de masa (gm) o para registrar la densidad en gm/cm3 puede establecerse como conforme a este método de ensayo.

- El uso de este método está limitado generalmente a suelos en una condición de no saturados. Este método no es recomendable para suelos que sean suaves o desmenuzables (que se desmoronan fácilmente), o estén en una condición de humedad tal que el agua filtre dentro del hoyo excavado a mano. La precisión de este ensayo puede ser afectada por suelos que se deforman fácilmente o que sufran cambios volumétricos en el hoyo excavado debido a que el personal camine o se detenga cerca del hoyo durante el ensayo (ver Nota 1).

NOTA 1. Cuando se efectúa la prueba en suelos blandos condiciones suaves o en suelos que se acercan a la saturación. Pueden ocurrir cambios de volumen en el orificio excavado, como un resultado de la carga superficial debido al personal que se encuentra realizando la prueba o similares. Muchas veces esto se puede evitar utilizando una plataforma que debe estar apoyada a cierta distancia del orifico. Como no siempre es posible detectar cuando tiene lugar un cambio de volumen, los resultados de la prueba siempre deben compararse con la densidad de saturación teórica o la línea de cero vacíos de aire sobre la curva de densidad seca versus contenido de humedad. Cualquier prueba de densidad in situ en suelos compactados cuya saturación excede el 95% es un indicio de que se a cometido un error, o que el volumen del orificio a variado durante la prueba.

3° EQUIPOS Y MATERIALES

3.1 Equipos

3.1.1. Aparato de Densidad de cono de arena, consiste en lo siguiente:

a. Un frasco desarmable u otro contenedor de arena que tenga una capacidad de volumen que exceda el volumen requerido para llenar el orificio de prueba y el aparato durante la prueba.

b. Un dispositivo desarmable que consiste en una válvula cilíndrica con un orificio de ½" (13 mm) de diámetro, unido a un embudo de metal, un contenedor de arena con terminación en punta conectado y a un embudo largo de metal (cono de arena) en el otro extremo. La válvula debe tener un freno (seguro) para prevenir la rotación de una posición completamente abierta a otra completamente cerrada. El dispositivo se construirá de un metal suficientemente rígido para prevenir la distorsión o el cambio del volumen en el cono. Las paredes del cono formarán un ángulo de aproximadamente 60° con la base, para permitir un llenado uniforme de la arena.

c. Un plato de metal cuadrado ó rectangular, con un orificio central y un borde para recibir el embudo grande (cono) del aparato descrito en 4.1.1-B de este ensayo. La placa debe ser plana y cuadrada en la base y será como mínimo 3" (75 mm) más largo que el embudo (cono de arena) y será lo suficientemente grueso como para mantenerse rígido, con un espesor de 3/8" a 1/2" (10 a 13mm).

d. Los detalles del aparato descrito se muestran en la Fig.1 y representan las dimensiones mínimas aceptables y adecuadas para ensayar suelos que tienen un tamaño máximo de 2" (50mm) y volumen del orificio de ensayo de aproximadamente 0,1 pie3 (2 830 cm3). Cuando el material a ensayarse contiene un pequeño porcentaje de partículas extradimensionadas y alargadas, el ensayo debe ser trasladado a una nueva ubicación. Se necesitan aparatos y volúmenes del orificio de prueba más grandes cuando prevalecen las partículas mayores que 2" (50 mm). El aparato aquí descrito representa un diseño que ya ha sido probado satisfactoriamente. Pueden utilizarse aparatos más grandes u otros diseños de proporciones simples, siempre y cuando se

observen los principios básicos de la determinación del volumen de arena. Cuando se requieran volúmenes del orificio de prueba mayores a 0,1 pies3 (5660 cm3), puede utilizarse el método de ensayo ASTM D 4914.

3.1.2 Balanzas: Una balanza de capacidad mínima de 20 kg con una sensibilidad de 5,0 g de lectura es aceptable para determinar la masa de la arena y el suelo excavado cuando se utiliza el aparato con las dimensiones.

3.1.3 Equipo de secado: Controlado termostáticamente, capaz de mantenerse a una temperatura de 110 ± 5ºC, para determinar el contenido de humedad de la muestra extraída del hoyo.

3.1.4 Equipo diverso: Cuchillo, pico pequeño, cincel, espátula pequeña, destornillador o cucharas para excavar el hoyo del ensayo, cubos con tapa, latas de estaño sin costuras laterales ó de aluminio con tapa, costales plásticos u otro recipiente adecuado para retener la densidad y humedad de la muestra y la densidad de la arena; termómetro para la determinación de la temperatura del agua, brocha pequeña, calculadora, libreta de apuntes, etc.

3.2 Materiales

3.2.1 Arena: Deberá ser limpia, uniforme, seca, no cementada, durable y que discurra libremente. Tener un coeficiente de uniformidad (Cu=D60/D10) menor de 2 y el tamaño máximo de partículas menor que 2,0 mm (Malla Nº 10) y menos del 3% en peso que pase la malla de 250 µm (Malla Nº 60).

Debe estar libre de finos y partículas de arena fina para prevenir cambios significativos en la densidad de la masa por cambios diarios en la humedad atmosférica. Son deseable arenas naturales, redondeadas. Las arenas trituradas, partida o que tengan partículas angulares no son libres de escurrir en caída libre, por lo que esta condición puede causar una acción puente y estructuras inestables lo cual tendría resultados inadecuados y por lo tanto imprecisión en la determinación de la densidad (Nota 2). Para seleccionar la

arena de una fuente o cantera potencial se debe efectuar una gradación y cinco (5) determinaciones de la densidad de masa por separado, las cuales deben ser hechas para cada recipiente o saco de arena de acuerdo a los procedimientos que se establecen en el Anexo 2. Para ser aceptable la arena, la variación de densidad-volumen entre cualquier determinación y el promedio no debe ser mayor de 1% del promedio. Antes de usar la arena en determinaciones de densidad, esta debe ser secada, luego se deja que tome la humedad del aire del sitio donde va a ser usada (véase Nota 3). La arena para ser nuevamente usada, deberá estar libre de cualquier suelo contaminante, verificarse su gradación y secarla y volver a determinar la densidad y el volumen (véase Nota 4). Las pruebas de densidad y volumen de la arena deben ser hechas a intervalos no mayores de 14 días, siempre después de cualquier cambio significativo de humedad atmosférica; antes de volver a usar la arena y antes de usar un nuevo material previamente aprobado (véase Nota 5). En áreas de alta humedad o donde la humedad cambia frecuentemente, la densidad y el volumen pueden necesitar ser determinados en un tiempo mayor a los 14 días de intervalo máximo indicados. La necesidad de revisiones más frecuentemente puede determinarse comparando los resultados de diferentes pruebas de densidad y volumen en la misma arena, hecha en diferentes condiciones de uso por encima de un período de tiempo.

- ***Nota 2.*** *Algunas arenas manufacturadas (partidas) como arenas producto de explosiones, se han utilizado exitosamente con buena reproducibilidad. La reproducibilidad de los resultados de ensayo que utilizan arena angular debe revisarse bajo situaciones de ensayo controladas en laboratorio antes de seleccionar una arena angulosa para su uso.*

- ***Nota 3.*** *Muchas organizaciones han encontrado beneficioso almacenar arenas en contenedores resistentes a la humedad. La arena debe almacenarse en áreas secas protegidas del clima. El empleo de una bombilla u otra fuente de calor dentro de o adyacente a los contenedores de almacenamiento también se a encontrado beneficioso en áreas de alta humedad.*

- ***Nota 4.*** *Como regla general, no es recomendable la arena con segundo uso.*

- ***Nota 5.*** *La mayoría de las arenas tiene tendencia a absorber la humedad de la atmósfera. Una muy pequeña cantidad de humedad absorbida puede hacer un cambio sustancial en la densidad y el volumen. En áreas de alta humedad o donde la humedad cambia frecuentemente, la densidad y el volumen pueden necesitar ser determinados en un tiempo mayor a los 14 días de intervalo máximo indicado. La necesidad de revisiones más frecuentes puede determinarse comparando los resultados de diferentes pruebas de densidad y volumen en la misma arena, hecha en diferentes condiciones de uso por encima de un período de tiempo.*

4° MUESTRA

La masa de la arena requerida para llenar el aparato y el plato base se determinara según las instrucciones que se especifica en el Anexo A1 antes de su uso.

5° PROCEDIMIENTO

Seleccione una ubicación/elevación que sea representativa del área que se va a probar y determine la densidad del suelo in-situ de la siguiente manera:

- Inspeccione el cono por si hubiera algún daño, la rotación libre de la válvula y cerciórese de que el plato de base funcione apropiadamente. Llene el contenedor del cono con la arena condicionada para la cual ya se a determinado la densidad según el Anexo A2, y determine la masa total.
- Prepare la superficie del sitio que se va a ensayar de tal manera que sea un plano nivelado. El plato de base debe utilizarse como una herramienta para remover la superficie a un plano de nivel suave.
- Coloque el plato de base sobre la superficie plana, asegurándose de que existe contacto con la superficie del terreno alrededor del borde del orificio central. Marque el contorno del plato de base para revisar el movimiento durante la prueba y, si es necesario, asegure el plato contra el movimiento que se cause utilizando clavos insertados dentro del suelo adyacente al filo del plato, o en otros términos, sin disturbar el suelo que se va a probar.

- En suelos donde la nivelación no es exitosa o la superficie presenta vacíos, el volumen que se expulsa horizontalmente y que está limitado por el embudo, el plato y la superficie del terreno debe determinarse mediante un ensayo preliminar. Llene el espacio con arena del aparato, determine la masa de la arena utilizada para llenar el espacio, rellene el aparato y determine una nueva masa inicial del mismo y de la arena antes de proceder con la prueba. Después de que se complete esta medida, limpie cuidadosamente con una brocha la arena que queda sobre la superficie preparada (véase Nota 6).

Nota 6. *Puede tomarse un segundo aparato calibrado para el campo cuando se anticipa esta condición (en vez de volver a llenar o hacer una segunda determinación). Puede utilizarse el procedimiento en 5.1.4 de este ensayo. Para cada prueba cuando se desea la mayor producción donde se pueda obtener una superficie relativamente suave.*

- Se excava el hoyo de prueba a través del orifico central en el plato de base, teniendo cuidado de evitar que se disturbe o se deforme el suelo que delimitará el orificio. Los volúmenes del orifico de prueba serán tan grandes como para que sean prácticos y minimicen los errores, y en ningún caso serán más pequeños que los volúmenes indicados en la Tabla 1 para el tamaño máximo de la partícula del suelo removido del orificio de prueba. Los lados del orificio deben inclinarse levemente hacia adentro, y la parte central debe ser razonablemente plana o cóncava. El orificio debe mantenerse lo más libre posible de vacíos, salientes y obstrucciones fluidas ya que esto afectaría la exactitud de la prueba. Los suelos que son esencialmente granulares requieren extremo cuidado y también requieren que se cabe un orificio de prueba de forma cónica. Coloque todo el suelo excavado y cualquier otro suelo que se haya soltado durante la excavación, en un contenedor hermético que

TABLA 1

Volúmenes Mínimos del Hoyo de Ensayo Basados en el Tamaño Máximo de la Partícula

Tamaño Máximo de la partícula		Volumen Mínimo del Orificio de Ensayo	
Pulgada	mm	cm^3	$pies^3$
½	12,5	1420	0,05
1	25,0	2120	0,075
2	50,0	2830	0,1

esté marcado para identificar el número de prueba. Tenga cuidado de evitar la pérdida de cualquier material. Proteja este material de cualquier pérdida de humedad hasta que se haya determinado la masa y se haya obtenido la muestra para la determinación del contenido de agua.

- Limpie el borde del orificio del plato base, voltee el aparato de cono de arena y coloque el embudo del mismo en un orificio rebordeado en la misma posición que se marcó durante la calibración (véase Anexo A1). Elimine o minimice en el área de prueba las vibraciones que pueda causar el personal que realiza la prueba o el equipo que se utiliza. Abra la válvula y deje que la arena llene el orifico, el embudo y el plato base. Trate de evitar que el aparato se sacuda o vibre mientras la arena está corriendo. Cuando la arena deje de fluir, cierre la válvula.
- Determine la masa del aparato con la arena restante, regístrela y calcule la masa de la arena utilizada.
- Determine y registre la masa del material húmedo que se extrajo del orifico de prueba. Cuando se requiera correcciones del material de mayor tamaño, determine la masa de este material en la malla apropiada y regístrela, teniendo cuidado de evitar pérdidas de humedad. Cuando se requiera.
- Efectúe las correcciones apropiadas para el material de mayor tamaño utilizando la Práctica ASTM D 4718.
- Mezcle el material cuidadosamente y obtenga un espécimen representativo para determinar el contenido de húmedo o, en todo caso, utilice una muestra completa.
- Determine el contenido de humedad de acuerdo al Método de Ensayo MTC E 108. Se realizarán correlaciones para el método MTC E 108 cuando lo requerían otros métodos de ensayo.
- Los especímenes para el contenido de humedad deben ser lo suficientemente grandes y seleccionados de tal manera que representen todo el material obtenido del orificio de prueba. La masa mínima de la muestra para determinar el contenido de agua es aquella

que se requiere para dar valores del contenido de humedad exactos al 1%.

6° CALCULOS E INFORME

6.1. Cálculos

- Los cálculos mostrados son en gramos para la masa y en centímetros cúbicos para el volumen. Se permite otras unidades siempre y cuando cuenten con los factores apropiados de conversión; esto es para mantener cuidadosamente la consistencia de las unidades de cálculo.
- Calcule el volumen del orificio de prueba de la siguiente manera:

$$V = \frac{(M_1 - M_2)}{\rho_1}$$

Donde:

V = volumen del orificio de prueba, cm3.

M_1 = masa de la arena utilizada para llenar el orificio de prueba, embudo y pato de base, g.

M_2 = masa de la arean utilizada para llenar el embudo y el plato de base.

ρ_1 = densidad del volumen de la arena, g/cm3.

Calcule la masa seca del material extraído del orificio de prueba tal como sigue:

$$M_4 = \frac{100 \cdot M_3}{(W + 100)}$$

Donde:

W = contenido de humedad del material extraído del orificio de prueba, %.

M_3 = masa húmeda del material del hueco de ensayo, g.

M_4 = masa seca del material del hueco de ensayo, g.

Calcule la densidad húmeda y seca in situ del material ensayado de la siguiente manera:

$$\rho_m = M_3 / V$$

$$\rho_d = M_4 / V$$

Donde:

V = volumen del orificio de prueba, cm3.

M_3 = masa húmeda del material del orificio de prueba, g.

M_4 = masa seca del material del orificio de prueba, g.

ρ_m = densidad húmeda del material probado, o su peso unitario húmedo γ_m, en g/cm3.

ρ_d = densidad seca del material probado, o su peso unitario seco γ_d, en g/cm3.

Es preferible expresar la densidad in-situ como un porcentaje de alguna otra densidad, por ejemplo, las densidades de laboratorio determinadas de acuerdo a los Métodos de Ensayo MTC E 115, MTC E 116, ASTM D 4253 ó ASTM D 4254. Esta relación puede determinarse dividiendo la densidad insitu entre la densidad de laboratorio y multiplicándola por 100. Los cálculos para determinar la densidad relativa se dan en el Método de Ensayo ASTM D 4254. Las correcciones para el material de mayor tamaño pueden realizarse de acuerdo a la práctica ASTM D 4718, en caso sea requerido.

6.2. Informe

El Informe debe contener como mínimo, los siguientes datos:

- Ubicación de la prueba, elevación, espesor del estrato probado u otros datos pertinentes para ubicar o identificar la prueba.
- Volumen del orificio de ensayo, en cm3.
- Densidad húmeda in-situ, en g/cm3.
- Densidad seca in-situ, rd, en g/cm3.
- Peso unitario seco in-situ, en kN/m3 (rd x 9,807), expresado lo más cercano posible a 0,1 kN/m3.
- Contenido de agua del suelo in-situ, expresado como un porcentaje de masa seca, y el método de ensayo utilizado.

- Identidad del aparato de prueba y volumen calibrado.
- Densidad del volumen de la arena utilizada, en g/cm3.
- Descripción visual del suelo o designación del material.
- Masa y porcentaje de las partículas de mayor tamaño y el tamaño de la malla utilizada, en caso se haya empleado una.
- Comentarios acercar del ensayo, si se da el caso.
- Si la densidad sea in-situ o el peso está expresado como un porcentaje de otro valor, incluya lo siguiente:

a) El método de ensayo de laboratorio utilizado.

b) La densidad seca comparativa o el valor del peso unitario y el contenido de agua utilizado.

c) La corrección del material de mayor tamaño y detalles, si se diera el caso.

d) El porcentaje comparativo del material in-situ para el valor de comparación.

- Si la densidad in-situ, el peso unitario o el contenido de humedad van a utilizarse para una aceptación, incluya los criterios de aceptación que se aplican al ensayo.

7° PRECISION Y DISPERSION

7.1 Precisión

7.1.1. Establecimiento de la precisión. Debido a la naturaleza del suelo o de los materiales rocosos que se probaron mediante este método, aún no es posible, o en todo caso sería muy costoso en estos momentos, producir especímenes múltiples que tengan propiedades físicas uniformes. Cualquier variación que se observe en los datos es sólo una probabilidad que se debe a la variación del espécimen o al operador, o una variación de la prueba de laboratorio.

7.2 Dispersión

7.2.1 Establecimiento de la confiabilidad. No existe un valor de referencia aceptado para este método de ensayo, por lo tanto, la confiabilidad no puede ser determinada.

ANEXOS
(Información recomendable)

A1. CALIBRACION DEL APARATO DE CONO DE ARENA

A1.1 Alcances

- Este anexo describe el procedimiento para determinar la masa de la arena contenida en el embudo y en el plato base del aparato de cono de arena.
- La masa de arena contenida en el aparato y en plato base depende de la densidad y volumen de la arena. En consecuencia, este procedimiento de realizarse por cada aparato en cualquier momento que haya cambios en la densidad volumétrica de la arena.

A1.2 Procedimientos de calibración

La calibración del aparato puede cumplirse mediante cualquiera de estos dos métodos:

- Método A. Determinado la masa de la arena calibrada que puede estar contenida en cada conjunto de embudo y plato base, o
- Método B. Determinando el volumen de la arena que se necesita para llenar cada conjunto de embudo y plato base y aplicando este volumen constante en el momento que se calcule la densidad y volumen de la arena nueva.
- Debido a que la masa de la arena contenida en el aparato de embudo y plato base depende de la densidad y volumen de la arena, cuando se utilice el Método A debe repetirse dicho método al momento que haya cambios en la densidad volumétrica de la arena. Todas las determinaciones de la masa serán lo más cercano posible a 5 g.

Método A:

- Llene el aparato con la arena que está seca y condicionada al mismo estado anterior, durante el uso en la prueba.
- Determine la masa del aparato lleno con arena, g.
- Coloque el plato base en una superficie plana, nivelada y limpia. Inserte el contenedor/aparato y coloque el embudo en el orificio central rebordeado en el plato base. Marque e identifique el aparato y el plato base de tal manera que ambos puedan identificarse y reubicarse en la misma posición durante la prueba.
- Abra completamente la válvula hasta que la arena deje de fluir, asegurándose de que el aparato, el plato base o la superficie plana no se agite o vibre antes de que se cierre la válvula.
- Cierre bien la válvula, saque el aparato y determine la masa del aparato y la arena restante. Calcule la masa de la arena utilizada para llenar el embudo y el plato base como la diferencia entre la masa inicial y final.
- Repita el procedimiento por lo menos tres veces. La variación máxima entre cualquiera de las determinaciones y el promedio no debe exceder el 1%. Utilice el promedio de las tres determinaciones para este valor en los cálculos del ensayo.

Método B (opcional):

- Cuando se anticipa un gran número de pruebas y lotes de arena, puede ser ventajoso determinar el volumen de cada aparato y plato base. Si se tiene cuidado con el aparato o se maneja adecuadamente los platos base, este volumen se mantendrá constante y evitará la necesidad de repetir el Método A cuando cambie la densidad volumétrica de la arena (véase Nota A1.1). Si se elige esta alternativa, se debe alterar los cálculos en la prueba de campo para determinar el volumen total de la arena en el orificio de ensayo de campo y el aparato. Luego se sustrae el volumen del aparato para determinar el volumen de orificio de prueba.

- Determine la masa de la arena requerida para llenar el embudo del aparato y el plato base siguiendo los pasos indicados para cada lote de arena.
- Calcule el volumen del embudo y del plato base dividiendo la densidad volumétrica de la arena (tal como se determina en el Anexo A2) entre la masa de la arena encontrada. Realice un mínimo de tres determinaciones y calcule el valor promedio. La variación máxima del volumen entre cualquiera de las determinaciones y el promedio no debe exceder el 1% Utilice el promedio de los valores cuando realice cálculos de prueba.

Nota A1.1. *El aparato de cono de arena debe tener una inspección rutinaria, pues cualquier daño podría afectar el volumen del cono. Guiñaduras, golpes externos o cualquier otro daño afectara el volumen y necesitara volver a determinar el volumen (si es que se puede).*

A2. CALIBRACION DE LA DENSIDAD DE LA ARENA

A2.1 Alcances

- Este anexo se utiliza para determinar la densidad volumétrica (calibración) de la arena que se va a utilizar en este método de prueba.
- La calibración determina la densidad promedio de la arena que se va a utilizar para calcular el volumen del orificio de prueba.

A2.2 Equipo requerido

Contenedor.

-Seleccione un contenedor de volumen conocido que sea aproximadamente de la misma medida y permite que la arena caiga aproximadamente la misma distancia que el orificio excavado durante la prueba de campo. Se recomienda utilizar los moldes de 1/30 pies3 (944 cm3) y de 1/13,33 pies3 (2 124 cm3) que se especifican en el Método de Ensayo MTC E 115 y MTC E 116, o el molde de 0,1 pie3 (2 830 cm3) especificado en el Método de Ensayo NTP 339.137. De manera alterna pueden duplicarse los orificios de ensayo mediante

moldes vaciados con yeso sobre un amplio rango de volúmenes y utilizándolos como formas para los moldes concretos de cemento Pórtland. Estos deben moldearse contra una superficie plana y lisa, y después de que se haya removido el agua sellada y el volumen determinado, tal como se indica en el procedimiento del Método de ensayo NTP 339.137.

Aparato de cono de arena.

- Utilice un aparato de cono de arena del mismo tamaño y diseño como el que se utilizará durante la prueba de campo.
- Las características de flujo se han mostrado a través del ensamblaje de valores diferentes para causar valores de densidad volumétrica diferentes. - La determinación de la densidad volumétrica será requerida para cada aparato o menos que se determine que otros aparatos dan los mismos resultados.

Balanza.

- Una balanza que tenga una capacidad suficiente como para determinar la masa del contenedor de calibración llenada con arena. Para contenedores de 0,500 pies3 (14 200 cm3), se requiere una balanza que tenga una capacidad mínima de 50 1b (20kg) y reúna los requerimientos de la especificación ASTM D 4753, para una lectura de 0,01 lb (5 g).

Regla recta metálica.

- De alrededor de 2 pulg (50 mm) de ancho, al menos 1/8 pulg (3mm) de espesor y un largo de aproximadamente 1,5 veces más del diámetro del contenedor de calibración.

A.2.3 Determinación de la densidad volumétrica

- Llene el aparato ensamblado con arena. La arena debe secarse y acondicionarse al mismo estado anterior durante el uso.
- Determine y anote la masa del contenedor de calibración cuando esté vacío.

Método A (preferible):

- Cuando el contenedor de calibración tenga el mismo diámetro que el orificio central rebordeado en el plato base, invierta y centre el aparato llenado de arena y el plato base en el contenedor de calibración.
- Abra la válvula completamente y deje que la arena llene el contenedor. Cuando la arena deje de fluir, cierre la válvula.
- Determine la masa del aparato y de la arena restante. Calcule la masa neta de la arena en el contenedor de calibración sustrayendo la masa de la arena contenida en el cono y en el plato base (tal como se determina en el Anexo A1) y anótela.

Método B (alternativo):

- Voltee y apoye el aparato sobre el contenedor de calibración de tal manera que la arena caiga aproximadamente en la misma distancia y ubicación como en la prueba de campo, y luego abra la válvula completamente.
- Llene el contenedor hasta que rebalse y cierre la válvula. Utilizando un número mínimo de lotes y teniendo cuidado de no hacer vibrar o densificar una superficie nivelada suave. Cualquier vibración o movimiento durante la determinación de la densidad volumétrica tendrá como consecuencia el asentamiento y la densificación de la arena, llevando a resultados erróneos.
- Limpie cualquier arena que se encuentre fuera del contenedor de calibración. Determine la masa del contenedor y de la arena. Registre la masa neta de la arena sustrayendo la masa del contenedor de vacío.
- Realice por lo menos tres determinaciones de densidad volumétrica y calcule el promedio. La variación máxima entre cualquiera de las determinaciones y el promedio no debe exceder el 1%. Las determinaciones repetidas que no reúnan estos requerimientos indican una densidad de la arena no-uniforme, y la fuente de la arena debe volver a evaluarse para que los resultados sean adecuados. El valor promedio obtenido se utilizará en los cálculos de la prueba.

A.2.4 Cálculo

$$\rho_1 = M_5 / V_1$$

ρ_1 = volumen del contenedor d calibración, cm3 (multiplique por 9,807 para KN/m3)

M_5 = masa de la arena para llenar el contenedor de calibración, g.

V_1 = volumen del contenedor de calibración, cm3.

Aplicación del ensayo en GEOCON SERVICIOS DE INGENIERIA SAC:

Este ensayo se mandó a realizar al laboratorio de mecánica de suelos y materiales de GEOCON, donde se procedió a trasladar a campo para la toma de muestras y el procesamiento de datos y posteriormente la obtención de resultados por parte de la empresa, a continuación se detallará el panel fotográfico y las hojas de cálculo reportadas.

PANEL FOTOGRÁFICO



Figura N°25. Vista del tesista y el técnico en el área de Investigación.



Figura N°26. Vista del tesista y la identificación del ensayo a realizar in situ.



Figura N°27. Vista del técnico dentro de la calicata de prospección realizando el ensayo correspondiente.



Figura N°28. Vista del tesista tomando el peso final del depósito de arena.



Figura N°29. Vista del tesista procesando los datos en la ficha técnica del ensayo.



Figura N°30. Vista de la culminación del ensayo in situ en la trinchera N°01 (1.10 x 1.90).

Reporte de resultados.

A continuación se mostrará la hoja de cálculo realizada, en base a los resultados entregados por el laboratorio de mecánica de suelos y materiales GEOCON:

Responsable:	ING. DORIS E. ALVARADO Y LINARES		
Tesista:	BACH. JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO		
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".		
Fecha:	03/12/2018	**Informe:**	1

DENSIDAD IN SITU - MÉTODO DEL CONO DE ARENA (NTP 339.143 / ASTM D 1556)				
Prueba N°	**1**	**2**	**3**	**4**
Ensayo	**5380**	**5381**	**5382**	**5383**
Muestra	M-01	M-02	M-03	M-04
Peso inicial del depósito de arena (gr.)	7160	7430	7415	7220
Peso final del depósito de arena (gr.)	1730	2050	1900	1995
Peso de la arena empleada (gr.)	5430	5380	5515	5225
Peso de la arena en el cono y placa (gr.)	1847	1848	1849	1850
Peso de la arena empleada en el hoyo (gr.)	3583	3532	3666	3375
Densidad de la arena (gr./cm3)	1.390	1.390	1.390	1.390
Volumen del hoyo (cm3)	2578	2541	2638	2428
Peso total del suelo húmedo extraído (gr.)	4815	4915	6310	5595
Densidad húmeda (kg/m3)	**1821**	**1904**	**2352**	**2239**
Contenido de humedad (%)	8.3	8.6	10.1	14.9
Densidad seca (Kg/m3)	**1682**	**1754**	**2137**	**1950**

Muestra	**Descripción**	**Progresiva**	**Lado**	**Profundidad (m)**	**Espesor (cm)**
M-01	C-02	Entre el km 37+700 al km 37+800	Izquierdo	2.55	120
M-02	C-02	Entre el km 37+700 al km 37+801	Izquierdo	2.55	120
M-03	T-01	Entre el km 37+700 al km 37+802	Izquierdo	1.5	150
M-04	T-01	Entre el km 37+700 al km 37+803	Izquierdo	1.5	150

Fuente: GEOCON SAC.

Determinación de la densidad seca promedio para cada una de las prospecciones campo (trinchera N°01 y calicata N°02) en g/cm3.

- **Para la trinchera N°01.**

$$\rho = \left(\frac{2137+1950}{2}\right)*10^{-3}$$

ρ = 2.0435 g/cm3

- **Para la calicata N°02.**

$$\rho = \left(\frac{1682+1754}{2}\right)*10^{-3}$$

ρ = 1.718 g/cm3

Para mayores detalles se adjuntará la hoja de cálculo certificada por el profesional responsable en la obtención de los resultados. Este se podrá revisar en los anexos.

También para los estratos arenosos limosos encontrados en las prospecciones de campo (trinchera y calicata) **se determinó la gravedad específica y absorción del agregado grueso (ASTM C127)**. A continuación se mostrará el panel fotográfico de la extracción de muestras em campo y la hoja de cálculo reportada por el laboratorio de mecánica de suelos y materiales GEOCON.

PANEL FOTOGRÁFICO



Figura N°31. Vista del técnico extrayendo la muestra alterada representativa para el ensayo de gravedad específica y absorción del agregado grueso.



Figura N°32. Vista del tesista codificando y guardando las muestras alteradas para ser trasladadas al laboratorio.

Reporte de Resultados

A continuación se mostrará la hoja de cálculo realizada, en base a los resultados entregados por el laboratorio de mecánica de suelos y materiales GEOCON:

- Para la primera prospección de campo (trinchera N°01).

Responsable:	ING. DORIS E. ALVARADO Y LINARES		
Tesista:	BACH. JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO		
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".		
Fecha:	01/12/2018	**Informe:**	1
Calicata	T-01	**Medidas:**	1.10 x 1.90

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (ASTM C127)			
Ensayo N°	**1**	**2**	**3**
Peso del material saturado (gr.)	1289	1212	1275
Peso del material seco (gr.)	1253	1166	1239
Peso del material saturado + tara (gr.)	806	751	805
Peso de la tara (gr.)	0.0	0.0	0.0
Peso del material saturado en agua (gr.)	806	751	805
Gravedad específica bruta, s/u	2.594	2.529	2.636
Gravedad específica bruta (sss), s/u	2.669	2.629	2.713
Gravedad específica aparente, s/u	2.803	2.810	2.855
Absorción, %	2.87	3.95	2.91

Gravedad específica bruta, s/u	**2.587**
Gravedad específica bruta (sss), s/u	**2.67**
Gravedad específica aparente, s/u	**2.823**
Absorción, %	**3.241**

Fuente: GEOCON SAC.

- Para la segunda prospección de campo (calicata N°02).

Responsable:	ING. DORIS E. ALVARADO Y LINARES		
Tesista:	BACH. JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO		
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".		
Fecha:	01/12/2018	**Informe:**	2
Calicata	C-02	**Medidas:**	1.80 x 1.80

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (ASTM C127)			
Ensayo N°	**1**	**2**	**3**
Peso del material saturado (gr.)	1300	1300	1285
Peso del material seco (gr.)	1253	1220	1215
Peso del material saturado + tara (gr.)	777	770	765
Peso de la tara (gr.)	0.0	0.0	0.0
Peso del material saturado en agua (gr.)	777	770	765

Gravedad específica bruta, s/u	2.356	2.302	2.337
Gravedad específica bruta (sss), s/u	2.486	2.453	2.471
Gravedad específica aparente, s/u	2.708	2.711	2.700
Absorción, %	5.52	6.56	5.76

Gravedad específica bruta, s/u	**2.331**
Gravedad específica bruta (sss), s/u	**2.47**
Gravedad específica aparente, s/u	**2.706**
Absorción, %	**5.946**

Fuente: GEOCON SAC.

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SUELOS (PICNÓMETRO)

REFERENCIA

ASTM D-854, NTP. 339.131., J. E. Bowles (Exp. N°07), MTC E 113-2000

1° OBJETIVO.

Este modo operativo se utiliza para determinar el peso específico de los suelos y del relleno mineral (filler) por medio de un picnómetro. Cuando el suelo está compuesto de partículas mayores que el tamiz de 2.38 mm (N° 8), deberá seguirse el método de ensayo para determinar el peso especifico y la absorción del agregado grueso, MTC E 206. Cuando el suelo está compuesto por partículas mayores y menores que el tamiz de 2.38 mm (N° 8), se utilizará el método de ensayo correspondiente a cada porción. El valor del peso especifico para el suelo será el promedio ponderado de los dos valores así obtenidos. Cuando el valor del peso específico sea utilizado en cálculos relacionados con la porción hidrométrica del análisis granulométrico de suelos (modo operativo MTC E 109), debe determinarse el peso especifico de la porción de suelo que pasa el tamiz de 2.00 mm (N° 10) de acuerdo con el método que se describe en la presente norma.

2° APARATOS.

- Frasco volumétrico (picnómetro), de 100 a 500 cm3 de capacidad.
- Bomba de vacío, con tuberías y uniones, o en su defecto un mechero o un dispositivo para hervir el contenido del picnómetro.
- Homo o Estufa, capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta 110 ± 5°C (230 ± 9 °F).
- Balanzas, una con capacidad de 1200 g y sensibilidad de 0.01 g, otra con capacidad de 200 g y sensibilidad de 0.001 g.
- Pipeta.
- Termómetro graduado, con una escala de 0 a 50 °C (32 a 122 °F) y con precisión de 0.1 °C (0.18 °F).
- Cápsula de evaporación.

- Baño de agua (baño María).
- Guantes de asbesto.
- Tamices de 2.36 mm (N° 8) y 4.75 mm (N° 4).

3° DEFINICIÓN.

Peso especifico. Es la relación entre el peso en el aire de un cierto volumen de sólidos a una temperatura dada y el peso en el aire del mismo volumen de agua destilada, a la misma temperatura.

4° CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO.

El peso del picnómetro lleno de agua debe ser calibrado para varias temperaturas. El picnómetro con agua se calibra directamente dentro del intervalo de temperaturas que se espera encontrar en el laboratorio. El proceso de calibración es el siguiente:

- Llénese el picnómetro con agua destilada o desmineralizada, sin burbujas de aire, hasta una altura algo menor que la marca de calibración y colóquese al baño María hasta que se equilibre su temperatura con la del baño. Sáquese el picnómetro del baño María, ajústese con una pipeta el nivel del agua en el picnómetro de manera que la parte de abajo del menisco coincida con la marca de calibración en el cuello del picnómetro y remuévase el agua que se encuentre adherida en la parte interior del cuello por encima de la marca de calibración; luego, pésese el picnómetro con agua con una precisión de 0.01 g. Inmediatamente después de la pesada, agítese el picnómetro suavemente y determínese la temperatura del agua con una precisión de 0.1 °C, introduciendo el termómetro hasta la mitad de la profundidad del picnómetro.
- Repítase el procedimiento anterior aproximadamente a la misma temperatura. Luego, háganse dos determinaciones adicionales, una a la temperatura del laboratorio y otra a una temperatura aproximadamente 5 °C (9 °F) menor que la temperatura del laboratorio.
- Dibújese una curva de calibración que muestre la relación entre las temperaturas y los pesos correspondientes del picnómetro más agua.

- Prepárese la curva de calibración para cada picnómetro que se utilice en la determinación de los pesos específicos y consérvense esas curvas en el archivo.

5° PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.

- Debe tenerse especial cuidado en obtener muestras representativas para la determinación del peso específico de los sólidos. La muestra de suelo puede ensayarse a su humedad natural, o puede secarse con la estufa; sin embargo, algunos suelos, principalmente aquellos que tienen un alto contenido de materia orgánica, son muy difíciles de rehumedecer después de que se han secado al horno. Estos suelos pueden ser ensayados sin haberse secado previamente en el horno, en cuyo caso, el peso de la muestra seca se determina al final del ensayo.
- Cuando la muestra contenga partículas de diámetros mayores y menores que la abertura del tamiz de 2.38 mm (N° 8), la muestra debe ser separada por dicho tamiz y debe determinarse el peso específico de la fracción fina [pasante del tamiz de 2.38 mm (N° 8)] y el peso especifico aparente de la fracción gruesa. El valor del peso específico para la muestra total viene dado por la siguiente expresión:

$$G = \frac{100}{\frac{\%..Pasante..del..N°8}{G_s} + \frac{\text{Re}tenido..en..el..N°8}{G_a}}$$

Donde:

G = Peso específico total.

G_s = Peso específico de los sólidos (pasa tamiz N°08).

G_a = Peso específico aparente (retenido em el tamiz N°08).

- Cuando el valor del peso específico va a ser empleado en cálculos relacionados con el análisis granulométrico por hidrómetro (MTC E 109), el peso específico deberá determinarse para la fracción de suelo que va a ser usada en el análisis por hidrómetro o para otros fines (generalmente la

porción pasante del tamiz N° 200). En algunos casos, puede ser necesario el empleo de otros líquidos, como el kerosene, para el análisis de suelos que contienen sales solubles en agua. Si el ensayo se realiza con algún líquido distinto al agua destilada, el picnómetro deberá calibrarse utilizando el mismo líquido.

- El kerosene es mejor agente humedecedor que el agua para la mayoría de los suelos y puede emplearse en lugar de agua destilada para las muestras secadas al horno.

6° PROCEDIMIENTO.

Suelos con su humedad natural. El procedimiento para determinar el peso específico de los suelos a su humedad natural es como sigue:

- Anótese en una planilla de datos toda la información concerniente a la muestra como: obra, N° de sondeo, N° de la muestra y cualquier otro dato pertinente.
- Colóquese en la cápsula de evaporación una muestra representativa del suelo. La cantidad necesaria se escogerá de acuerdo con la capacidad del picnómetro.

Capacidad del picnómetro (cm3)	Cantidad requerida aproximadamente (g)
100	25 – 35
250	55 – 65
500	120 – 130

- Empleando una espátula, mézclese el suelo con suficiente agua destilada o desmineralizada, hasta formar una masa pastosa; colóquese luego la mezcla en el picnómetro y llénese con agua destilada hasta aproximadamente la mitad del frasco.
- Para remover el aire atrapado, conéctese el picnómetro a la línea de vacío hasta obtener una presión absoluta dentro del frasco no mayor de 100 mm de mercurio. El tiempo de aplicación del vacío dependerá del tipo de suelo ensayado.

Como proceso alternativo, el aire atrapado puede ser removido calentando la suspensión levemente durante un período mínimo de 10 minutos, rotando ocasionalmente el picnómetro para facilitar la expulsión de aire. El proceso de calentamiento debe adelantarse con mucho cuidado, porque pueden ocurrir pérdidas de material. Las muestras que sean calentadas deberán dejarse enfriar a la temperatura ambiente.

- Llénese el picnómetro con agua destilada hasta que el fondo del menisco coincida con la marca de calibración en el cuello del picnómetro y, usando un papel absorbente, remuévase con cuidado la humedad de la parte interior del picnómetro y su contenido con una aproximación de 0.01 g. Inmediatamente después de la pesada, agítese la suspensión hasta asegurar una temperatura uniforme y determínese la temperatura de la suspensión con una aproximación de 0.1 °C introduciendo un termómetro hasta la mitad de la profundidad del picnómetro.
- Transfiérase con mucho cuidado el contenido del picnómetro a una cápsula de evaporación.
- Enjuáguese el picnómetro con agua destilada, hasta asegurarse que toda la muestra ha sido removida de él. Introdúzcase la cápsula de evaporación con la muestra en una estufa a 105 ± 5 °C (221 ± 9 °F), hasta peso constante. Sáquese la muestra seca del horno, déjese enfriar a la temperatura del laboratorio y determínese el peso del suelo seco con una aproximación de 0.01g.
- Anótense todos los resultados en la planilla.
- Suelos secados a la estufa. El procedimiento para determinar el peso específico de los sólidos en suelos secados al horno, debe consistir de los siguientes pasos:
- Anótese en la planilla toda la información requerida para identificar la muestra.

- Séquese el suelo al horno hasta obtener la condición de peso constante. El horno debe estar a una temperatura de 105 ± 5 °C (221 ± 9 °F).
- Sáquese la muestra de la estufa y déjese enfriar a la temperatura del laboratorio; debe protegerse contra una ganancia de humedad hasta que sea pesada. Selecciónese una muestra representativa; la cantidad requerida dependerá de la capacidad del picnómetro que se va a utilizar (véase la tabla del numeral 6.1). Pésese la muestra con aproximación de 0.01 g. Después de pesado, transfiérase el suelo al picnómetro teniendo mucho cuidado de no perder material durante la operación. Para evitar posibles pérdidas del material previamente pesado, la muestra puede ser pesada después de que se transfiera al picnómetro. Esta eventual pérdida bajará el valor del peso específico calculado.
- Llénese el picnómetro hasta la mitad de su contenido con agua destilada sin burbujas de aire y déjese reposar la suspensión durante la noche.
- Extráigase el aire atrapado dentro de la suspensión del suelo en agua por uno de los dos métodos descritos en el numeral 6.1.
- Si la extracción de aire se realizó calentando la suspensión, déjese enfriar el picnómetro y su contenido durante la noche.
- Realícense los pasos subsiguientes del ensayo en la misma forma que los indicados para suelos a su humedad natural.
- Anótense todos los datos en la planilla.

7° CÁLCULOS.

Las siguientes cantidades se obtienen por pesada directa.

- Peso del picnómetro + agua + sólidos a la temperatura del ensayo = W1 (g).
- Peso de la tara + suelo seco (g). El peso de la tara debe ser restado de este valor para obtener el peso del suelo seco, W0.

- El peso específico de los sólidos se calcula con dos decimales, mediante la siguiente fórmula:

$$G_S = \frac{W_O x K}{W_O + W_2 - W_1}$$

Donde:

K = Factor de corrección basado en el peso específico del agua a 20°C. (véase Tabla 1)

W_2 = Peso del picnómetro mas agua a la temperatura del ensayo, en gramos.

W_o = Peso del suelo seco (g).

W_1 = Peso del picnómetro + agua + suelo (g).

8° SUGERENCIAS.

- No se debe utilizar la misma curva de calibración para todos los picnómetros de igual capacidad. Cada uno de los picnómetros, aún los de igual capacidad, tienen pesos diferentes; por lo tanto, deberán ser individualmente calibrados. Si el picnómetro no está limpio, la curva de calibración no será válida, porque cambia su peso. También, si la parte interior del cuello del picnómetro no está limpia, se formará un menisco irregular. Cuando se calibra el picnómetro para una temperatura menor que la del laboratorio, hay una tendencia a que se condense agua en la parte interior del picnómetro, aún cuando se haya tenido mucho cuidado en el secado y la pesada se haya realizado rápidamente. Siempre que sea posible, la pesada debe hacerse a la misma temperatura a la cual está el picnómetro.
- Se debe evitar el uso de agua que contenga sólidos disueltos. Es esencial que se use exclusivamente agua destilada o desmineralizada, para asegurar la continua validez de la curva de calibración.
- Algunos suelos hierven violentamente al someterlos a una presión de aire reducida. En esos casos, es necesario aplicar una reducción gradual de la presión o utilizar un frasco de mayor tamaño.

- Llénese el picnómetro con agua destilada y sin burbujas de aire, hasta un nivel ligeramente menor por debajo de la marca y aplíquese vacío nuevamente hasta que a la suspensión se le haya extraído la mayor parte del aire; remuévase con cuidado el tapón del picnómetro y obsérvese cuánto baja el nivel del agua en el cuello. Si la superficie de agua baja menos de 3 mm no es necesario seguir aplicando vacío. En el caso en que la superficie del agua baje más de 3 mm, se deberá seguir aplicando vacío hasta lograr esta condición.
- La remoción incompleta del aire atrapado en la suspensión del suelo es la causa más importante de error en la determinación de pesos específicos y tenderá a bajar el peso específico calculado. Se deberá extraer completamente el aire de la suspensión aplicando vacío o calentando. La ausencia de aire atrapado debe ser verificada como se describió durante el ensayo. Es conveniente destacar que el aire disuelto en el agua no afectará los resultados; por lo tanto, no es necesario aplicar vacío al picnómetro cuando se calibra o se llena hasta la marca de calibración con agua destilada o desmineralizada sin burbujas de aire.
- Una gota de agua puede hacer que se cometa un error de aproximadamente 0.05 g. Este error puede ser minimizado tomando el promedio de varias lecturas a la misma temperatura. Cuando la suspensión sea opaca, producir una luz fuerte detrás del cuello del picnómetro y su contenido, durante la realización de las pesadas.
- El secado de ciertos suelos a 105°C (221°F), puede causar la pérdida del agua absorvida y de cristalización, em tales casos, el secado se hará a uma temperatura de 60°C (140°F) y se recomienda aplicar uma presión de vacío más baja.

Tabla 1
Peso específico (G) del agua y factor de corrección (K) para temperaturas entre 18 °C y 32.9 °C.

Temp.	G	K	Temp.	G	K	Temp.	G	K
18	0.9986	1.0004	19	0.9984	1.0002	20	0.9982	1
0.1	60	4	0.1	41	2	0.1	21	0
0.2	58	4	0.2	39	2	0.2	19	0
0.3	56	3	0.3	37	1	0.3	17	0.9999
0.4	54	3	0.4	35	1	0.4	15	9
0.5	52	3	0.5	33	1	0.5	13	9
0.6	50	3	0.6	31	1	0.6	10	9
0.7	49	3	0.7	29	1	0.7	8	8
0.8	47	2	0.8	27	0	0.8	6	8
0.9	45	2	0.9	25	0	0.9	4	8
21	0.998	0.9998	22	0.9978	0.9996	23	0.9976	0.9993
0.1	0	8	0.1	78	6	0.1	54	3
0.2	798	8	0.2	75	5	0.2	51	3
0.3	96	7	0.3	73	5	0.3	49	3
0.4	93	7	0.4	70	5	0.4	46	2
0.5	91	7	0.5	68	5	0.5	44	2
0.6	89	7	0.6	65	4	0.6	42	2
0.7	87	6	0.7	63	4	0.7	39	2
0.8	85	6	0.8	60	4	0.8	37	1
0.9	83	6	0.9	58	4	0.9	34	1
24	0.9973	0.9991	25	0.9971	0.9988	26	0.9968	0.9986
0.1	29	1	0.1	4	8	0.1	78	
0.2	27	0	0.2	2	8	0.2	76	
0.3	24	0	0.3	699	8	0.3	73	
0.4	22	0	0.4	97	7	0.4	70	
0.5	20	0	0.5	94	7	0.5	68	4
0.6	17	89	0.6	91	7	0.6	65	
0.7	14	9	0.7	89	7	0.7	63	
0.8	12	9	0.8	87	6	0.8	60	
0.9	9	9	0.9	84	6	0.9	57	
27	0.9965	0.9983	28	0.9963	0.9988	29	0.996	0.9977
0.1	51	3	0.1	23	0	0.1	94	7
0.2	48	2	0.2	20	0	0.2	91	7
0.3	46	2	0.3	17	0	0.3	88	6
0.4	43	2	0.4	14	79	0.4	85	6
0.5	40	2	0.5	11	9	0.5	82	6
0.6	37	1	0.6	8	9	0.6	79	6
0.7	34	1	0.7	6	8	0.7	76	5
0.8	32	1	0.8	3	8	0.8	73	5
0.9	29	1	0.9	0	8	0.9	70	5
30	0.9957	0.9974	31	0.9954	0.9971	32	0.9951	0.9968
0.1	64	4	0.1	33	1	0.1	2	8
0.2	61	4	0.2	30	1	0.2	499	8
0.3	58	3	0.3	27	0	0.3	96	7
0.4	55	3	0.4	24	0	0.4	93	7
0.5	52	3	0.5	21	0	0.5	90	7
0.6	49	3	0.6	18	69	0.6	86	6
0.7	46	2	0.7	15	9	0.7	83	6
0.8	43	2	0.8	12	9	0.8	80	6
0.9	40	2	0.9	8	9	0.9	77	5

NOTA: En esta tabla el peso específico del agua está basado en que la densidad del agua a 4 ºC es igual a 1 g/cm3. El factor de corrección K, se obtiene dividiendo el peso específico del agua a la temperatura considerada, por el peso específico del agua a 20 °C.

Aplicación en el laboratorio de mecánica de suelos del ensayo:

Para nuestro caso se desarrolló el ensayo en las instalaciones del laboratorio de mecánica de suelos de la UDH para la muestra inalterada de la calicata N°02, por ser un suelo altamente fino. A continuación se detallará el panel fotográfico y las hojas de cálculo reportadas:

PANEL FOTOGRÁFICO

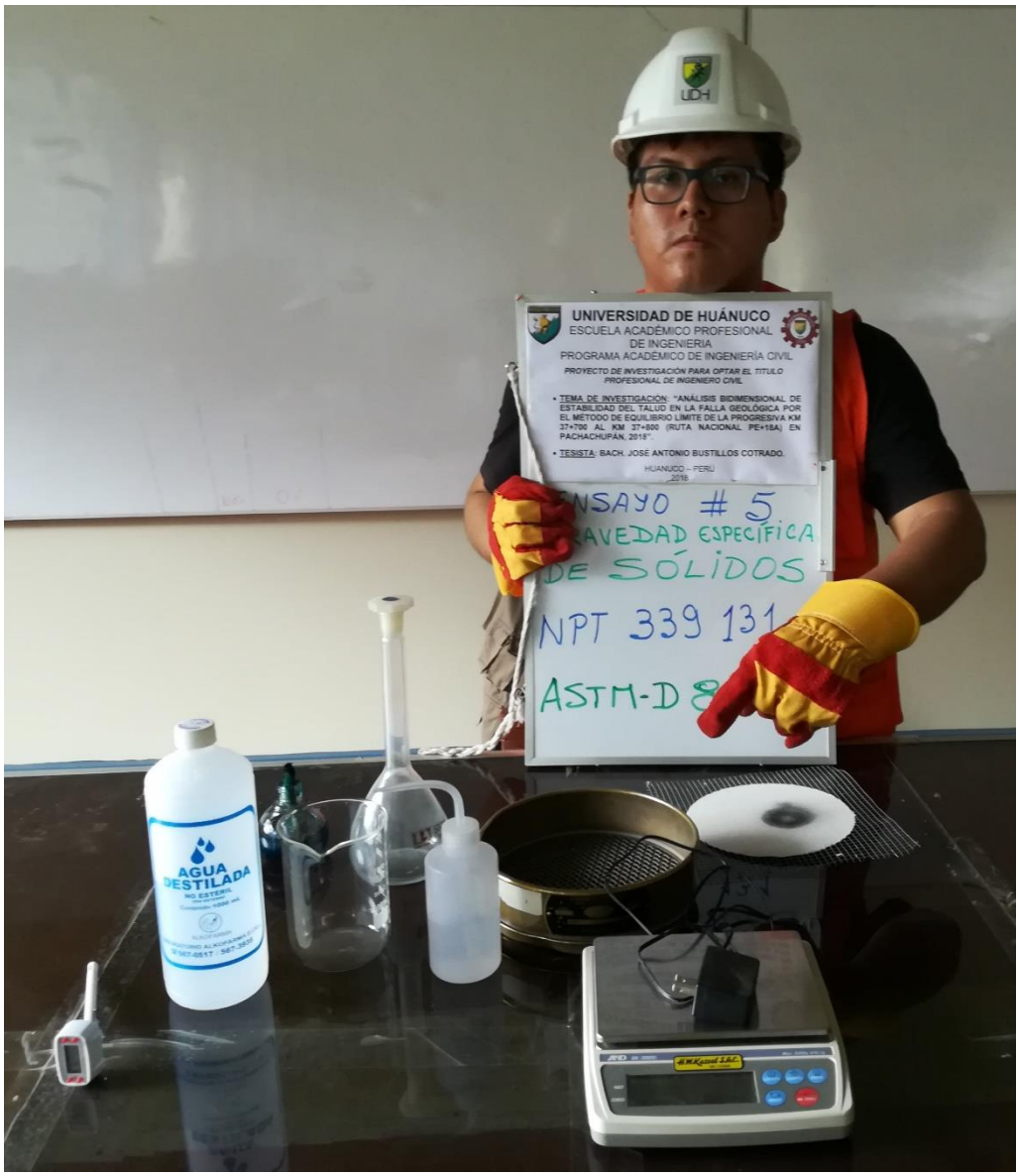


Figura N°33. Vista del tesista con sus EPP, equipos e instrumentos para el ensayo gravedad específica de los sólidos.

CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO



Figura N°34. Vista del tesista calibrando el picnómetro: **1°**colocando el agua destilada en el frasco volumétrico de 500ml (vista superior izquierda), **2°**tomando la temperatura (vista superior derecha), **3°** tomando el peso del frasco volumétrico + agua destilada (vista inferior izquierda) y **4°** vista del peso tomado del picnómetro. (vista inferior derecha).



Figura N°35. Vista del tesista extrayendo una porción representativa de la muestra inalterada (vista izquierda), y posteriormente cribando en el tamiz N°4 sobre un recipiente (vista derecha).



Figura N°36. Vista del tesista tomando la lectura del peso de la cantidad del suelo a ensayar.



Figura N°37. Vista del tesista tomando la lectura del peso del frasco volumétrico.



Figura N°38. Vista del tesista colocando la cantidad de muestra a ensayar y posteriormente el agua destilada en el frasco volumétrico (picnómetro).



Figura N°39. Vista del tesista expulsando el aire atrapado en el suelo con el uso de un mechero, nótese la liberación de las burbujas de aire.



Figura N°40. Vista del tesista enrazando el picnómetro hasta su capacidad con la ayuda de una pixeta (vista izquierda) y limpiando la humedad en la parte superior con la ayuda de un papel absorvente (vista derecha) y dejarlo asentado por un lapso de 24h para el asentamiento de las partículas y la lectura final del picnómetro + agua + suelo.



Figura N°41. Vista del tesista luego de 24h. tomando la lectura del peso picnómetro + agua +suelo (en gr).



Figura N°42. Vista del tesista colocando el contenido del picnómetro en un recipiente (vista izquierda) y posteriormente trasladándolo al horno para la determinación del peso seco de la muestra de suelo. (vista derecha).



Figura N°43. Vista de la toma de lectura final del peso seco de la muestra.

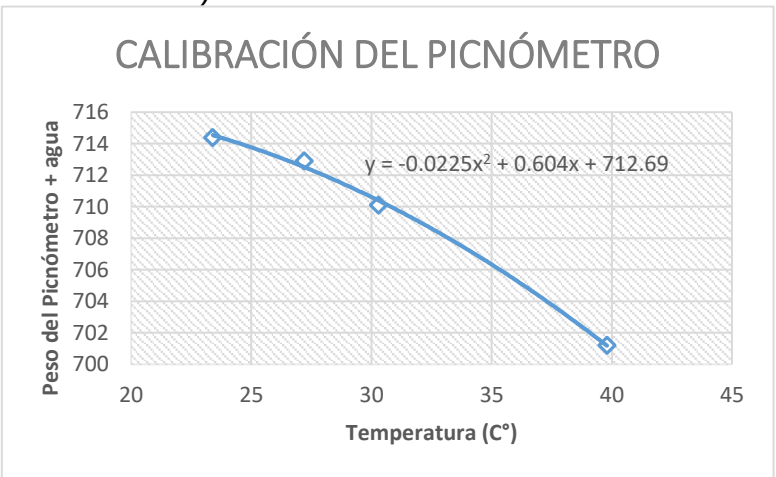
Reporte de resultados.

Posteriormente el tesista procedió al procesamiento de datos en una hoja de cálculo para la determinación de la gravedad específica de los suelos. A continuación se detallará los resultados evaluados y analizados:

- **Para la calicata N°02 (estrato-2).**

1° Calibración del picnómetro. Para la calibración del picnómetro se trabajó em función de los pesos del picnómetro + agua destilada (eje de las ordenadas) y temperatura (eje de las abcisas).

CALIBRACIÓN DEL FRASCO VOLUMÉTRICO (PICNÓMETRO)	
Wp+w (gr)	**T (C°)**
714.4	23.4
712.9	27.2
710.1	30.3
701.2	39.8



2° Resultados obtenidos con su respectivo análisis.

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS (Ss)		
1	Capacidad del picnómetro (cm3)	500
2	Peso del suelo seco (gr.)	98
3	Peso del frasco + peso suelo + peso agua (gr.)	777
4	Temperatura	24
5	Peso del frasco + peso del agua (gr.)	714.4
6	Correción por temperatura (K)	0.9991
7	Peso específico relativo de solidos (GS) [6x(2/(5+2-3))]	2.766

Fuente: Elaboración propia.

Análisis: Como se puede observar la **gravedad específica de sólidos** obtenido para la muestra inaterada (Estrato 2) de la calicata N°02 es de **2.77** y según los valores típicos de gravedad específica de suelos se trata de una **arcilla inorgânica.**

Tipo de Suelo	Gs
Arena	2.65 - 2.67
Arena limosa	2.67 - 2.70
Arcilla inorgánica	2.70 - 2.80
Suelos con micas o hierro	2.75 - 3.00
Suelos orgánicos	Variable, puede ser inferior a 2.00

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS

REFERENCIA

ASTM D-4318, NTP 339.129:1999, J. E. Bowles (Exp. N°3), MTC E 110-2000

1° OBJETIVO.

El límite líquido de un suelo es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, cuando éste se halla en el límite entre el estado plástico y el estado líquido. El valor calculado deberá aproximarse al centésimo.

2° APARATOS.

- Recipiente para almacenaje. Una vasija de porcelana de 115 mm (4 ½") de diámetro aproximadamente.
- Espátula. De hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3" – 4") de longitud y 20 mm (¾") de ancho aproximadamente.
- Aparato del límite líquido (o de Casagrande).
- Acanalador.
- Calibrador. Ya sea incorporado al ranurador o separado, de acuerdo con la dimensión crítica "d" mostrada en la Figura 1, y puede ser, si fuere separada, una barra de metal de 10.00 ± 0.2 mm (0.394" ± 0.008") de espesor y de 50 mm (2") de largo, aproximadamente.
- Recipientes o pesa filtros. De material resistente a la corrosión, y cuya masa no cambie con repetidos calentamientos y enfriamientos. Deben tener tapas que cierren bien, sin costuras, para evitar las pérdidas de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para evitar la absorción de humedad de la atmósfera tras el secado y antes de la pesada final.
- Balanza. Una balanza con sensibilidad de 0.1 gr.
- Estufa. Termostáticamente controlado y que pueda conservar temperaturas de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) para secar la muestra.

3° DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO POR EL MÉTODO DE MULTIPUNTO.

3.1. Muestra

Tómese una muestra que pese 150 - 200 g de una porción de material completamente mezclado que pase el tamiz de 0.425 mm (N° 40).

3.2. Ajuste del aparato

- Deberá inspeccionarse el aparato de límite líquido para verificar que se halle en buenas condiciones del trabajo. El pin que conecta la taza no debe estar tan gastado que tenga juego lateral, ni el tornillo que la conecta, hallarse tan gastado por el largo uso. Inspecciónese, además, el acanalador para verificar que las dimensiones límites son las indicadas en las figuras.
- Se considera desgaste excesivo, cuando el diámetro del punto de contacto sobre la base de la taza excede de 13 mm (0.5") o cuando cualquier punto sobre el borde de la misma se ha desgastado aproximadamente en la mitad del espesor original. Aun cuando se aprecie una ligera ranura en el centro de la taza, ésta no es objetable. Pero si la ranura se pronuncia antes de que aparezcan otros signos de desgaste, debe considerarse que está excesivamente gastada y deberá reemplazarse.
- Por medio del calibrador del mango del ranurador y la platina de ajuste H (Figura 44), ajústese la altura a la cual se levanta la taza, de tal manera que el punto que hace contacto con la base al caer esté exactamente a 1 cm (0.394") sobre ésta. Asegúrese la platina de ajuste H, apretando los tornillos con el calibrador, aún colocado, compruébese el ajuste girando la manija rápidamente varias veces. Si el ajuste es correcto, un sonido de roce se oirá cuando la excéntrica golpea contra la taza, si se levanta del calibrador o no se oye ruido, hágase un nuevo ajuste.

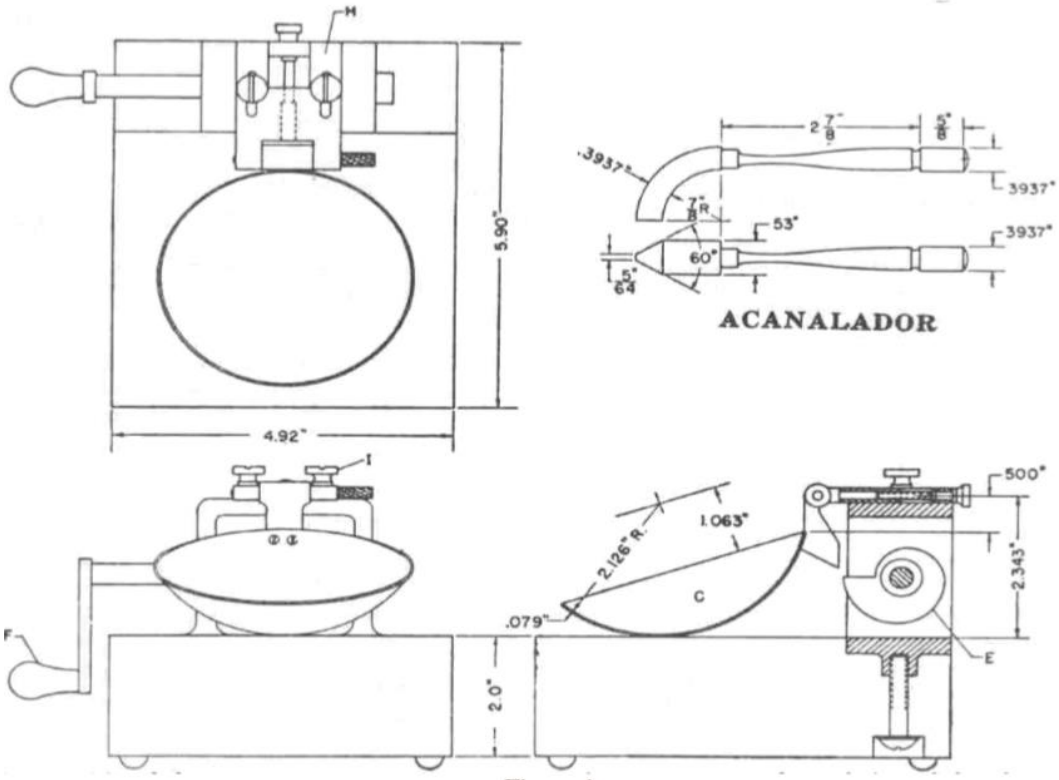


Figura N°44

3.3. Procedimiento

- Colóquese la muestra de suelo en la 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. Realizar más adiciones de agua en incrementos de 1 a 3 ml. Mézclese completamente cada incremento de agua con el suelo como se ha descrito previamente, antes de cualquier nueva adición.
- Algunos suelos son lentos para absorber agua, por lo cual es posible que se adicionen los incrementos de agua tan rápidamente que se obtenga un límite líquido falso. Esto puede evitarse mezclando más y durante un mayor tiempo, (1 hora aproximadamente).
- Cuando haya sido mezclada suficiente agua completamente con el suelo y la consistencia producida requiera de 30 a 35 golpes de la cazuela de bronce para que se ocasione el cierre, colóquese una porción de la mezcla en la cazuela sobre el sitio en que ésta reposa en

la base, y comprímasela hacia abajo, extiéndase el suelo hasta obtener la posición mostrada en la figura 44 (con tan pocas pasadas de la espátula como sea posible), teniendo cuidado de evitar la inclusión de burbujas de aire dentro de la masa. Nivélese el suelo con la espátula y al mismo tiempo emparéjeselo hasta conseguir una profundidad de 1 cm en el punto de espesor máximo. Regrésese el exceso de suelo a la Vasija de porcelana.

- Divídase el suelo en la taza de bronce por pasadas firmes del acanalador a lo largo del diámetro y a través de la línea central de la masa del suelo de modo que se forme una ranura limpia y de dimensiones apropiadas. Para evitar rasgaduras en los lados de la ranura o escurrimientos de la pasta del suelo a la cazuela de bronce, se permite hacer hasta 6 pasadas de adelante hacia atrás o de atrás hacia adelante, contando cada recorrido como una pasada; con cada pasada el acanalador debe penetrar un poco más profundo hasta que la última pasada de atrás hacia adelante limpie el fondo de la cazuela. Hágase una ranura con el menor número de pasadas posible.



Figura N°45. Diagrama ilustrativo del ensayo de límite líquido.

- Elévese y golpéese la taza de bronce girando la manija F, a una velocidad de 1,9 a 2,1 golpes por segundo, hasta que las dos mitades de la pasta de suelo se pongan en contacto en el fondo de la ranura, a lo largo de una distancia de cerca de 13 mm (0.5"). Anótese el número de golpes requeridos para cerrar la ranura.
- En lugar de fluir sobre la superficie de la taza algunos suelos tienden a deslizarse. Cuando esto ocurra, deberá a agregarse mas agua a la muestra y mezclarse de nuevo, se hará la ranura con el acanalador y

se repetirá el Punto anterior; si el suelo sigue deslizándose sobre la taza de bronce a un número de golpes inferior a 25, no es aplicable este ensayo y deberá indicarse que el límite líquido no se puede determinar.

- Sáquese una tajada de suelo aproximadamente del ancho de la espátula, tomándola de uno y otro lado y en ángulo recto con la ranura e incluyendo la porción de ésta en la cual se hizo contacto, y colóquese en un recipiente adecuado.

NOTA: Pésese y anótese. Colóquese el suelo dentro del pesafiltro en el horno a 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) hasta obtener peso constante y vuélvase a pesar tan pronto como se haya enfriado pero antes de que pueda haber absorbido humedad higroscópica. Anótese este peso, así como la pérdida de peso debida al secamiento y el peso del agua.

- Transfiérase el suelo sobrante en la taza de bronce a la cápsula de porcelana. Lávese y séquese la taza de bronce y el ranurador y ármese de nuevo el aparato del límite líquido para repetir el ensayo.
- Repítase la operación anterior por lo menos en dos ensayos adicionales, con el suelo restante en la vasija de porcelana, al que se le ha agregado agua suficiente para ponerlo en un estado de mayor fluidez. El objeto de este procedimiento es obtener muestras de tal consistencia que al menos una de las determinaciones del número de golpes requeridos para cerrar la ranura del suelo se halle en cada uno de los siguientes intervalos: 25-35; 20-30; 15-25. De esta manera, el alcance de las 3 determinaciones debe ser de 10 golpes.

3.4. Cálculos

Calcúlese el contenido de humedad del suelo, expresándolo como porcentaje del peso del suelo secado en el horno como sigue:

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo secado en el horno}} \times 100$$

Calcúlese el porcentaje de humedad, con aproximación a un entero. Preparación de la curva de fluidez. Trácese una, "curva de fluidez" que represente la relación entre el contenido de humedad y el correspondiente número de golpes de la taza de bronce, en un gráfico de papel semilogarítmico. Con el contenido de humedad como ordenada sobre la escala aritmética, y el número de golpes como abscisa sobre la escala logarítmica. la curva de flujo es una línea recta promedia, que pasa tan cerca como sea posible a través de los tres o más puntos dibujados.

Límite líquido. Tómese el contenido de humedad correspondiente a la intersección de la curva de flujo con la ordenada de 25 golpes como límite líquido del suelo y aproxímese este valor a un número entero.

4° DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO POR EL MÉTODO DE UN PUNTO.

4.1. Aparatos.

Los mismos que se han descrito en el presente modo operativo.

4.2. Preparación del especímen de ensayo.

- Preparar el espécimen en la misma forma como se describió en las secciones antes descritas, excepto que en el mezclado el contenido de humedad se ajuste a una consistencia que requiere de 20 a 30 golpes de la copa de límite líquido para cerrar la ranura. El ensayo se efectúa en la misma forma que para el método antes descrito (multipunto) con la diferencia que el contenido de humedad de la muestra se debe tomar cuando el número de golpes requerido para cerrar la ranura esté comprendido entre 20 y 30. Si se requiere menos de 20 o más de 30 golpes, se ajustará el contenido de humedad del suelo y se repetirá el procedimiento.

- Inmediatamente después de remover un espécimen para contenido de humedad como se describió anteriormente, formar nuevamente el suelo en la copa, añadiendo una pequeña cantidad de suelo para

reponer la pérdida debida a la ranuración y las orientaciones de muestreo para contenido de humedad. Repetir, y si el segundo cierre de la ranura requiere el mismo numero de golpes o no más de dos golpes de diferencia, tomar otro espécimen para contenido de humedad. De otro modo, mezclar de nuevo todo el espécimen y repetir.

NOTA: El excesivo secado o inadecuado puede causar variación en el número de golpes

5° CÁLCULOS.

Determinar el límite líquido para cada espécimen de acuerdo al número de golpes y contenido de humedad, usando una de las siguientes ecuaciones:

$$LL = W^n \left[\frac{N}{25}\right]^{0.121}$$

$$LL = kW^n$$

Donde:

N = Número de golpes que causan el cierre de la ranura para el contenido de humedad.

Wn = Contenido de humedad del suelo, para N golpes.

K = factor dado en la Tabla A 1.

El límite es el promedio de los valores de dos pruebas de límite líquido. Si la diferencia entre las dos pruebas es mayor de uno el ensayo debe repetido.

Tabla A - 1

N (Numero de golpes)	K (Factor para límite líquido)
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022

Aplicación en el laboratorio de mecánica de suelos del ensayo:

Para nuestro caso se desarrolló el ensayo en las instalaciones del laboratorio de mecánica de suelos de la UDH para las 2 prospecciones de campo (T-01 y C-02), para la determinación del límite líquido se utilizó el método del multipunto. A continuación se detallará el panel fotográfico y las hojas de cálculo reportadas:

PANEL FOTOGRÁFICO

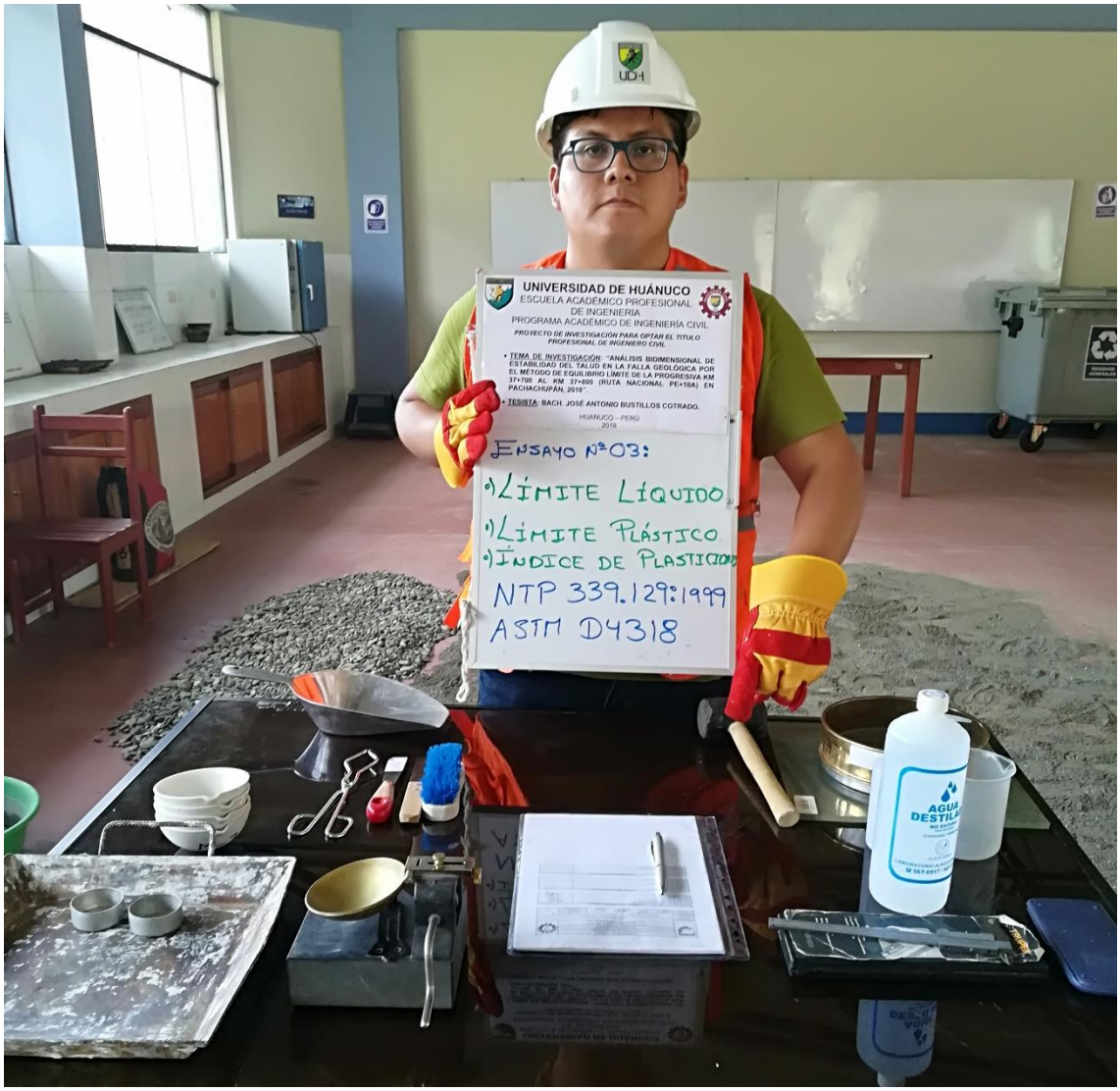


Figura N°46. Vista del tesista con sus EPP, instrumentos y equipos a utilizar para el ensayo de límites de consistencia (límite líquido).



Figura N°47. Vista de la calibración de la copa Casagrande (altura de 10mm de la copa Casagrande a la base de hule duro) como primer paso para empezar el ensayo realizado por el tesista.



Figura N°48. Vista de la extracción de una porción representativa de la muestra inalterada colocada en un recipiente.



Figura N°49. Vista del desboronamiento de los grumos de la muestra en el recipiente previo tamizado por la malla N°40.



Figura N°50. Vista del tesista tamizando la muestra por la malla N°40.



Figura N°51. Vista del tesista formando la pasta del suelo tamizado con agua destilada para elevar sus niveles de consistencia.



Figura N°52. Vista de la colocación de la pasta formada en la copa Casagrande.



Figura N°53. Vista de la formación de la abertura com ayuda del acalanador tipo Casagrande.

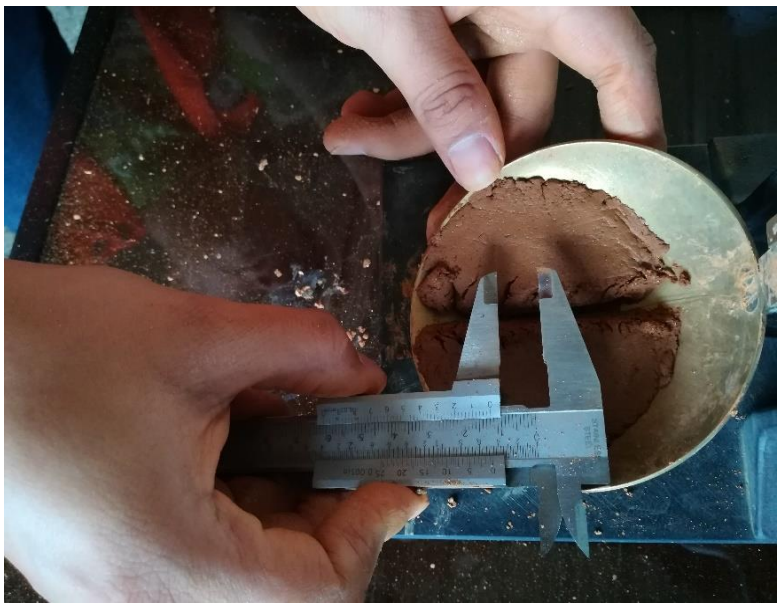


Figura N°54. Vista de la medición de 12.7mm del cierre en la abertura de la pasta del suelo con ayuda del vernier o pie de rey.



Figura N°55. Colocación de la muestra en un recipiente de porcelana para determinar el contenido de humedad posteriormente.



Figura N°56. Vista de la toma del peso de la muestra + el frasco.



Figura N°57. Colocación de la muestra en el horno por un período de 24h a una temperatura de 60° para evitar reducir la plasticidad del suelo fino.



Figura N°58. Vista del tesista tomando los datos reportados.



Figura N°59. Vista del tesista sacando la muestra del horno luego de 24h. Y posteriormente tomando el peso del suelo seco + frasco.

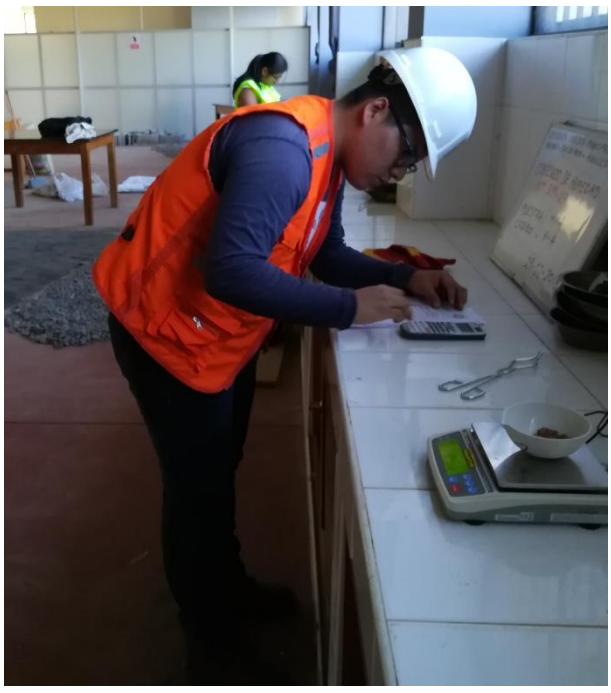


Figura N°60. Vista del tesista finalmente determinando el contenido de humedad para una determinada cantidad de golpes. Cabe considerar que todo el proceso se repitió para las demás muestras.

Reporte de resultados.

Posteriormente el tesista procedió al procesamiento de datos en una hoja de cálculo para la determinación del límite líquido, también se elaboró el diagrama de fluidez para su mayor representación. A continuación se detallará los resultados evaluados y analizados:

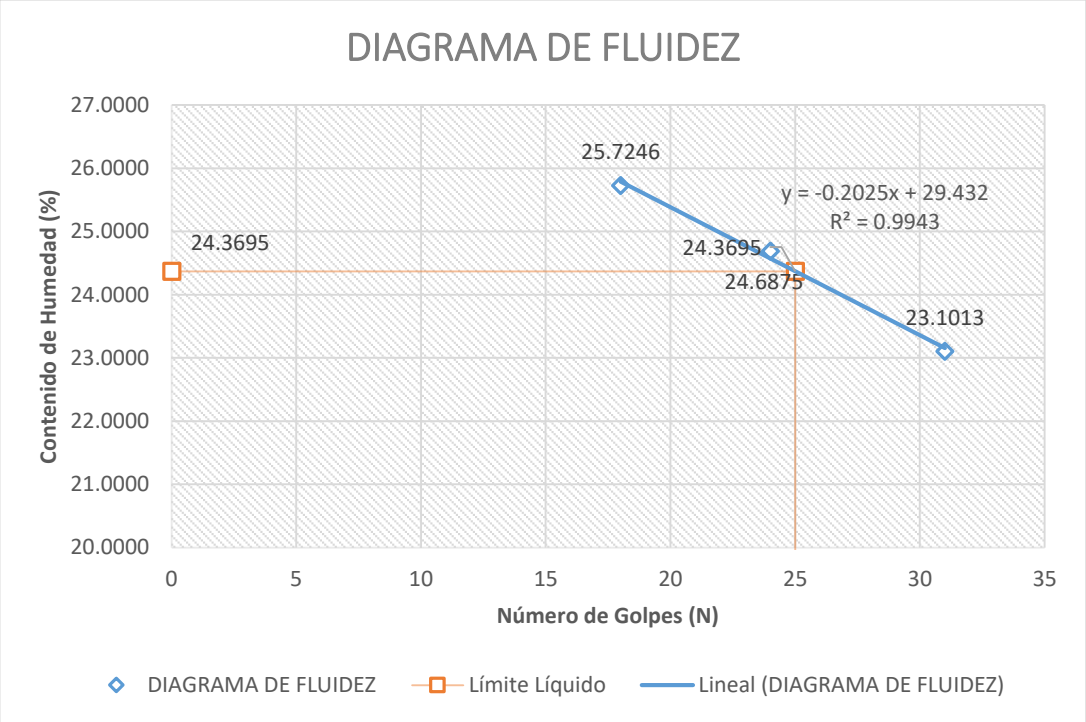
- **Para la trinchera N°01 (estrato-1).**

Tesista/Técnico:	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO					
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".					
Fecha:	13/12/2018				Informe N°:	2
Ubicación (Datum WGS84):	Norte	8920160	Medidas	1.10 x 1.90	Calicata:	T-01
	Este	380151	Muestra:	Alterada	Profundidad (m):	1.5

		LÍMITE PLÁSTICO		LÍMITE LÍQUIDO			
Prueba N°		1	2	1	2	3	4
Frasco N°		T-1	T-2	M-1	M-2	M-3	M-4
N° de golpes		-----	-----	-----	18	24	31
1	Peso de Frasco + suelo húmedo (gr.)	-----	-----	-----	137.6	140.7	138
2	Peso de Frasco + suelo seco (gr.)	-----	-----	-----	130.5	132.8	130.7
3	Peso del agua (1-2) (gr.)	-----	-----	-----	7.1	7.9	7.3
4	Peso del Frasco	-----	-----	100.2	102.9	100.8	99.1
5	Peso suelo seco (2-4) (gr.)	-----	-----	-----	27.6	32	31.6
6	Contenido de humedad (3/5x100)(%)	-----	-----	-----	25.7246	24.6875	23.1013

Fuente: Elaboración propia.

Se trabajó con el método de multipunto en base a los contenidos de humedad y números de golpes para cada muestra, para poder así determinar el contenido de humedad a 25 golpes. La data fue procesada, creándo um diagrama de fluidez y calculando la ecuación de la recta formada por análisis de dispersión de los puntos procesados. A continuación se mostrará el diagrama de fluidez y cálculo de límite líquido:



Fuente: Elaboración propia.

Según el gráfico finalmente se obtuvo un **límite líquido (LL) de 24.3695**.

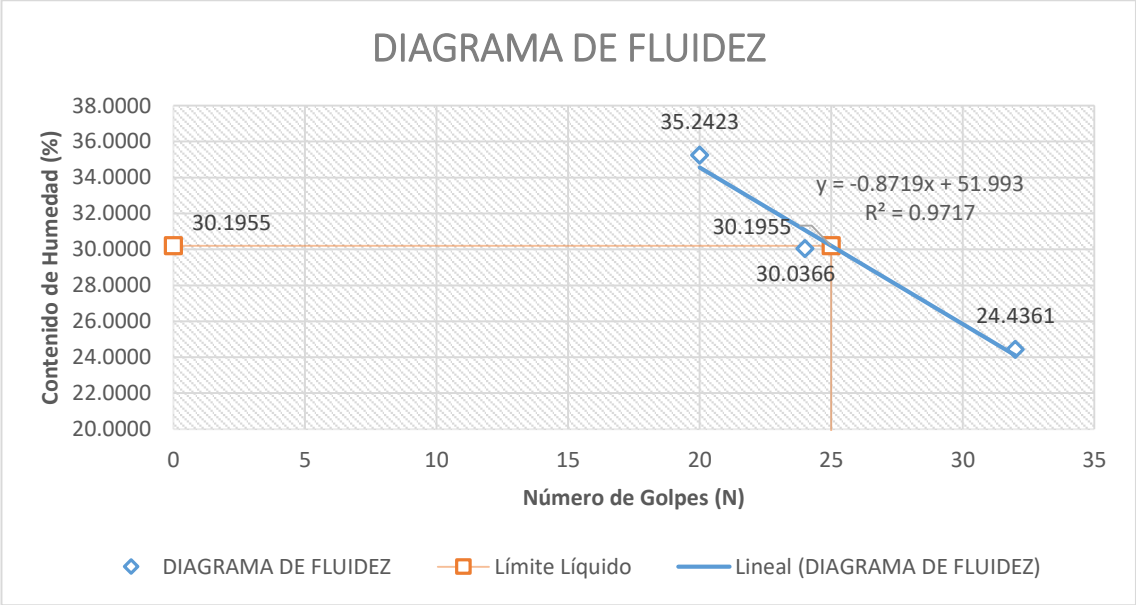
- **Para la calicata N°02 (estrato-2).**

Tesista/Técnico:	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO					
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".					
Fecha:	12/12/2018				Informe N°:	3
Ubicación (Datum WGS84):	Norte	8920176	Medidas	1.80 x 1.80	Calicata:	C-02
	Este	380114	Muestra:	Inalterada	Profundidad (m):	1.35

		LÍMITE PLÁSTICO		LÍMITE LÍQUIDO			
Prueba N°		1	2	1	2	3	4
Frasco N°		T-1	T-2	M-1	M-2	M-3	M-4
N° de golpes		-----	-----	-----	**32**	**24**	**20**
1	Peso de Frasco + suelo húmedo (gr.)	-----	-----	-----	136	136.3	129.8
2	Peso de Frasco + suelo seco (gr.)	-----	-----	-----	129.5	128.1	121.8
3	Peso del agua (1-2) (gr.)	-----	-----	-----	6.5	8.2	8
4	Peso del Frasco	-----	-----	100.2	102.9	100.8	99.1
5	Peso suelo seco (2-4) (gr.)	-----	-----	-----	26.6	27.3	22.7
6	Contenido de humedad (3/5x100)(%)	-----	-----	-----	**24.4361**	**30.0366**	**35.2423**

Fuente: Elaboración propia.

Se trabajó con el método de multipunto en base a los contenidos de humedad y números de golpes para cada muestra, para poder así determinar el contenido de humedad a 25 golpes. La data fue procesada, creándo un diagrama de fluidez y calculando la ecuación de la recta formada por análisis de dispersión de los puntos procesados. A continuación se mostrará el diagrama de fluidez y cálculo de límite líquido:



Fuente: Elaboración propia.

Según el gráfico finalmente se obtuvo un **límite líquido (LL) de 30.1955**.

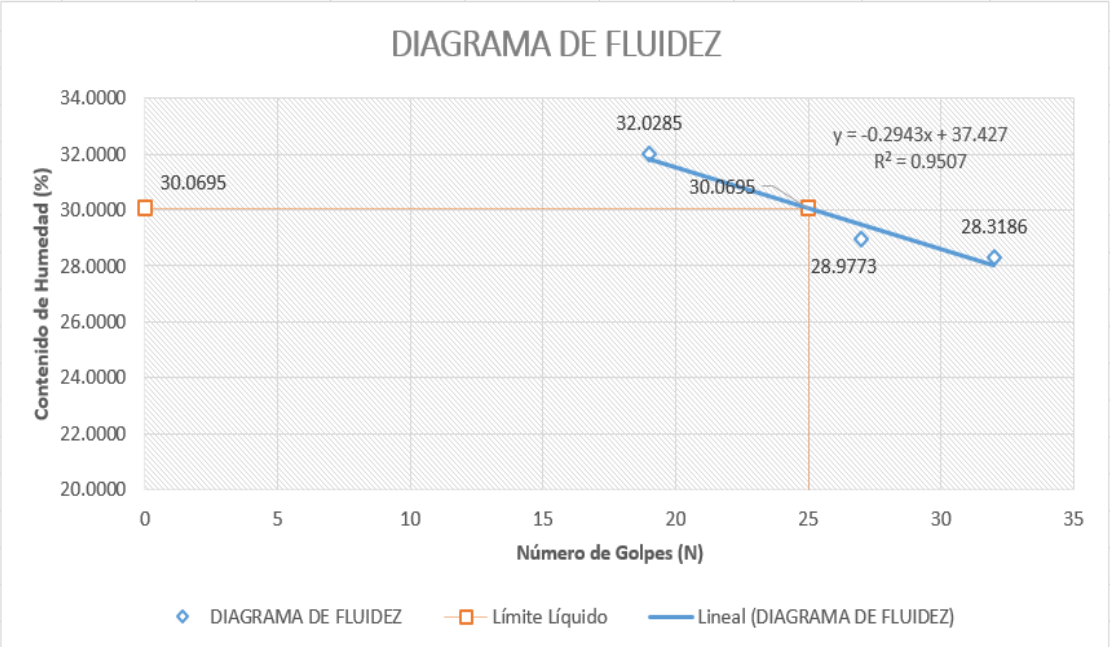
- **Para la calicata N°02 (estrato-3).**

Tesista/Técnico:	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO					
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".					
Fecha:	12/12/2018				Informe N°:	4
Ubicación (Datum WGS84):	Norte	8920176	Medidas	1.80 x 1.80	Calicata:	C-02
	Este	380114	Muestra:	Inalterada	Profundidad (m):	2.55

		LÍMITE PLÁSTICO		LÍMITE LÍQUIDO			
Prueba N°		1	2	1	2	3	4
Frasco N°		T-1	T-2	M-1	M-2	M-3	M-4
N° de golpes		-----	-----	-----	**19**	**27**	**32**
1	Peso de Frasco + suelo húmedo (gr.)	-----	-----	-----	140	146.2	142.6
2	Peso de Frasco + suelo seco (gr.)	-----	-----	-----	131	136	133
3	Peso del agua (1-2) (gr.)	-----	-----	-----	9	10.2	9.6
4	Peso del Frasco	-----	-----	100.2	102.9	100.8	99.1
5	Peso suelo seco (2-4) (gr.)	-----	-----	-----	28.1	35.2	33.9
6	Contenido de humedad (3/5x100)(%)	-----	-----	-----	**32.0285**	**28.9773**	**28.3186**

Fuente: Elaboración propia

Se trabajó com el método de multipunto en base a los contenidos de humedad y números de golpes para cada muestra, para poder así determinar el contenido de humedad a 25 golpes. La data fue procesada, creándo un diagrama de fluidez y calculando la ecuación de la recta formada por análisis de dispersión de los puntos procesados. A continuación se mostrará el diagrama de fluidez y cálculo de límite líquido:



Fuente: Elaboración propia.

Según el gráfico finalmente se obtuvo un **límite líquido (LL) de 30.0695**.

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

REFERENCIA

ASTM D-4318, NTP 339.129:1999, J. E. Bowles (Exp. N°3), MTC E 111-2000

1° OBJETIVO

Es la determinación en el laboratorio del límite plástico de un suelo y el cálculo del índice de plasticidad (I.P.) si se conoce el límite líquido (L.L.) del mismo suelo. Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen.

2° APARATOS

- Espátula, de hoja flexible, de unos 75 a 100 mm (3" – 4”) de longitud por 20 mm (3/4") de ancho.
- Recipiente para Almacenaje, de 115 mm (4 ½”) de diámetro.
- Balanza, con aproximación a 0.1 g.
- Horno o estufa, termostáticamente controlado regulable a 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).
- Tamiz, de 426 µm (N° 40).
- Agua destilada.
- Vidrios de reloj, o recipientes adecuados para determinación de humedades.
- Superficie de rodadura. Comúnmente se utiliza un vidrio grueso esmerilado.

3° PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.

- Si se quiere determinar sólo el L.P., se toman aproximadamente 20 g de la muestra que pase por el tamiz de 426 mm (N° 40), preparado para el ensayo de límite líquido. Se amasa con agua destilada hasta que pueda formarse con facilidad una esfera con la masa de suelo. Se toma

una porción de 1,5 gr a 2,0 gr de dicha esfera como muestra para el ensayo.

- El secado previo del material en horno o estufa, o al aire, puede cambiar (en general, disminuir), el límite plástico de un suelo con material orgánico, pero este cambio puede ser poco importante.
- Si se requieren el límite liquido y el límite plástico, se toma una muestra de unos 15 g de la porción de suelo humedecida y amasada, preparada de acuerdo a la guía (determinación del límite líquido de los suelos). La muestra debe tomarse en una etapa del proceso de amasado en que se pueda formar fácilmente con ella una esfera, sin que se pegue demasiado a los dedos al aplastarla.

  Si el ensayo se ejecuta después de realizar el del límite líquido y en dicho intervalo la muestra se ha secado, se añade más agua.

4° PROCEDIMIENTO.

- Se moldea la mitad de la muestra en forma de elipsoide y, a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros.
- Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3.2 mm (1/8") no se ha desmoronado, se vuelve a hacer una elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro.
- El desmoronamiento puede manifestarse de modo distinto, en los diversos tipos de suelo:
- En suelos muy plásticos, el cilindro queda dividido en trozos de unos 6 mm de longitud, mientras que en suelos plásticos los trozos son más pequeños.
- La porción así obtenida se coloca en vidrios de reloj o pesa-filtros tarados, se continúa el proceso hasta reunir unos 6 g de suelo y se determina la humedad de acuerdo a la guía de determinación del contenido de humedad.

- Se repite, con la otra mitad de la masa, el proceso indicado.

5° CÁLCULOS.

Calcular el promedio de dos contenidos de humedad. Repetir el ensayo si la diferencia entre los dos contenidos de humedad es mayor que el rango aceptable para los dos resultados listados en la tabla 1 para la precisión de un operador.

Tabla 1.- Tabla de estimados de precisión.

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
Precisión de un operador simple		
Límite Plástico	0,9	2,6
Precisión Multilaboratorio		
Límite Plástico	3.7	10.6

El límite plástico es el promedio de las humedades de ambas determinaciones. Se expresa como porcentaje de humedad, con aproximación a un entero y se calcula así:

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

5.1. Cálculo del índice de plasticidad (IP).

Se puede definir el índice de plasticidad de un suelo como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico.

$$IP = LL - LP$$

Donde:

LL = Límite líquido.

LP = Límite plástico.

L.L. y L.P., son números enteros.

- Cuando el límite líquido o el límite plástico no puedan determinarse, el índice de plasticidad se informará con la abreviatura NP (no plástico).
- Así mismo, cuando el límite plástico resulte igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se informará como NP (no plástico).

Aplicación en el laboratorio de mecánica de suelos del ensayo:

Para nuestro caso se desarrolló el ensayo en las instalaciones del laboratorio de mecánica de suelos de la UDH para las 2 prospecciones de campo (T-01 y C-02), para la determinación del límite plástico se consideró la presencia de materia orgánica en gran porcentaje en las muestras de análisis para los ensayos por la cual no se pudieron determinar. A continuación se detallará el panel fotográfico y la clasificación en la carta de plasticidad:

PANEL FOTOGRÁFICO

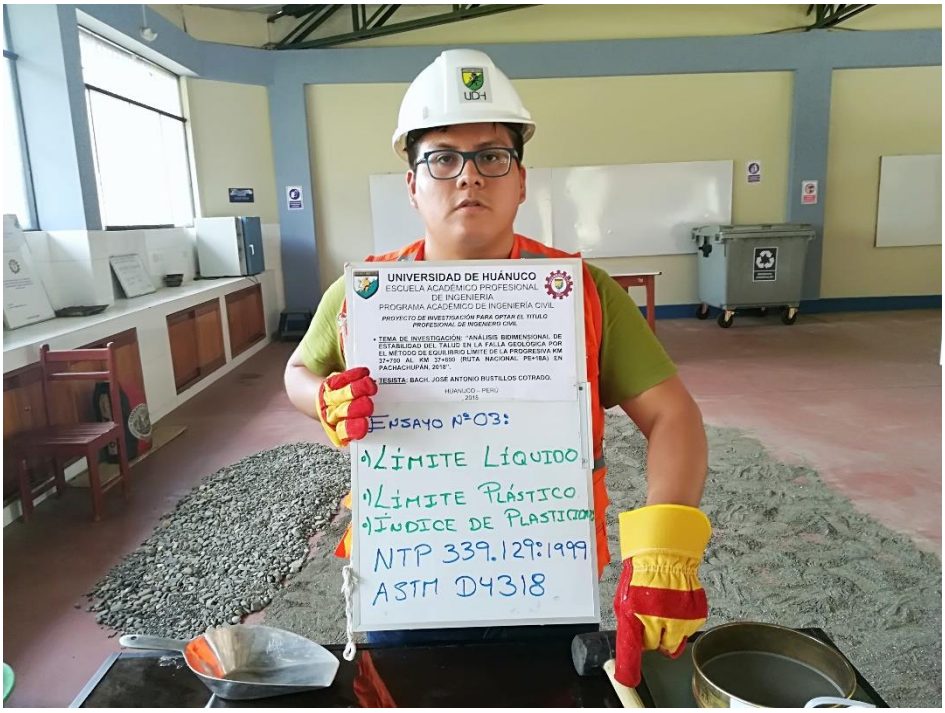


Figura N°61. Vista del tesista con sus EPP, instrumentos y equipos a utilizar para el ensayo de límite plástico(LP) e índice de plasticidad(IP).



Figura N°62. Vista de la constatación de presencia de turba o materia orgánica en la porción representativa del suelo a ensayar, se puede considerar que la plasticidad del suelo será baja o nula.



Figura N°63. Vista del tesista tamizando una porción representativa de la muestra inalterada por la malla N°40.



Figura N°64. Vista del tesista elaborando la masilla del suelo para formar los rollitos de un diámetro de 3mm en la placa de vidrio.



Figura N°65. Vista del tesista amasando la muestra en la placa de vidrio y verificando que no se puede elaborar rollitos de diámetro de 3mm.



Figura N°66. Vista del tesista luego de varios intentos constatando que no se puede determinar el límite plástico. Este proceso fue el mismo para la otra muestra ya que en ambas se encontró presencia de materia orgánica.

Reporte de resultados.

Posteriormente el tesista procedió al procesamiento de datos en una hoja de cálculo para la clasificación de las muestras de suelo en la carta de plasticidad. Em función al límite líquido (LL) e índice de plasticidad (IP). A continuación se detallará los resultados evaluados y analizados:

- **Para la trinchera N°01 (estrato-1).**

  - Determinación del índice de plasticidad (IP).

  Sabemos que:

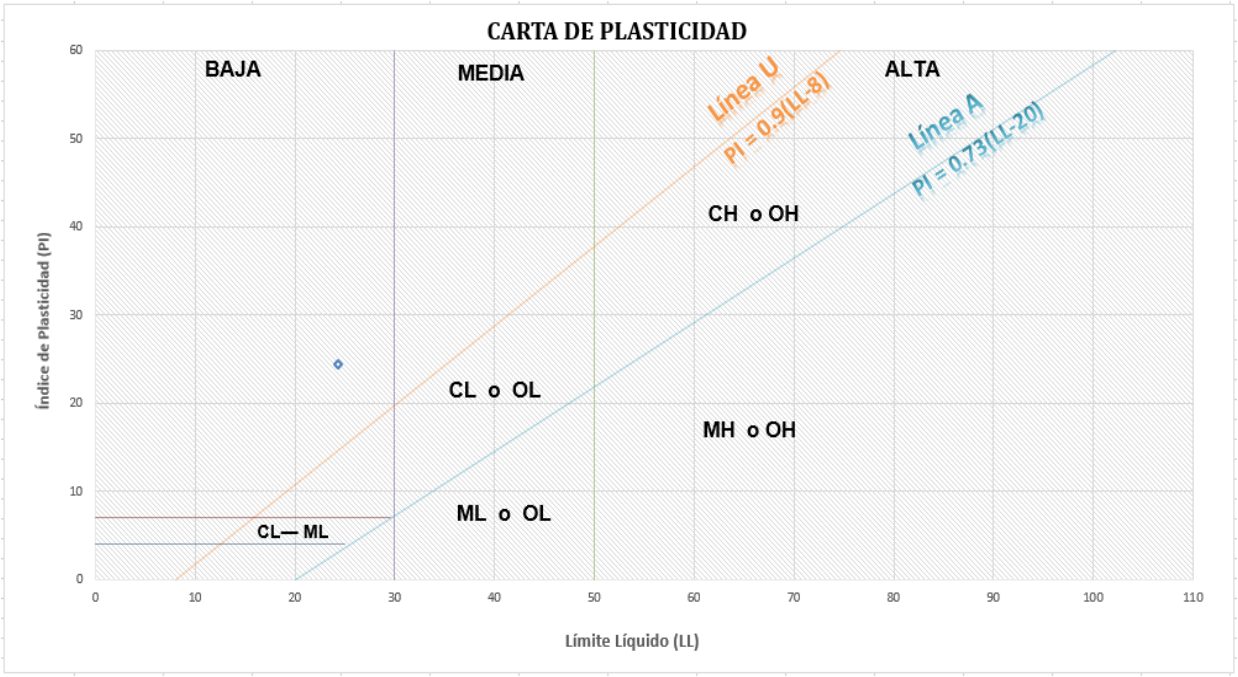
  $$IP = LL - LP$$

  Donde:

  LL = 24.3695

  LP = 0

  ⇒ IP = 24.3695 – 0 = 24.3695



Fuente: Elaboración propia.

Análisis. Según la carta de plasticidad desarrollada por Casagrande (1932) nuestra muestra de suelo se clasifica como: **Arcilla inorgánica de plasticidad baja.**

- Determinación del índice de liquidez (IL). La consistencia de un suelo cohesivo en estado natural se define por una razón llamada índice de liquidez.

$$IL = \frac{w - LP}{LL - LP}$$

Donde:

w = contenido de humedad insitu.

LP = Límite Plástico.

LL = Límite Líquido.

En nuestro caso al tener una muestra inalterada debidamente parafinada y conservando sus propiedades y características naturales. Se determinó su índide de líquidez.

$$IL = \frac{24.5045 - 0}{24.3695 - 0} = 1.0055$$

Como IL > 1, entonces el contenido de agua in situ de la arcilla es mayor que el límite líquido.

Este suelo al remoldearlo, se transforma en una forma viscosa que fluya como un líquido.

- **Para la calicata N°02 (estrato-2).**

  - Determinación del índice de plasticidad (IP).

  Sabemos que:

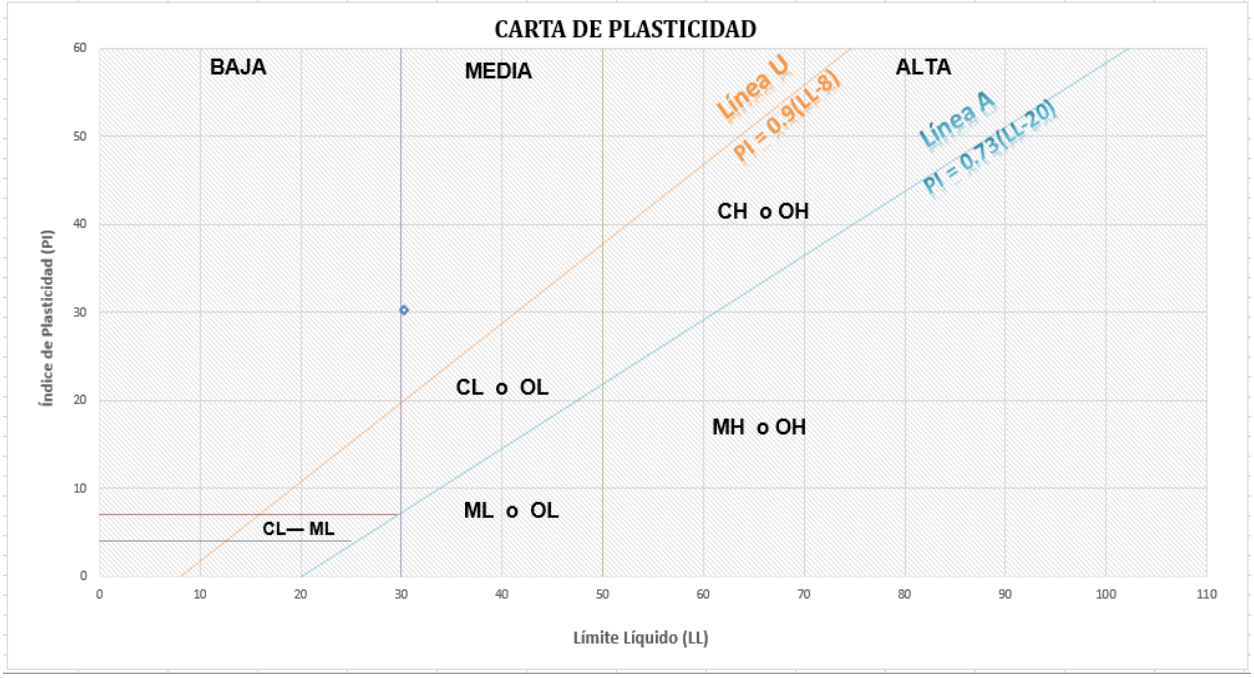
$$IP = LL - LP$$

Donde:

LL = 30.1955

LP = 0

$$IP = 30.1955 - 0 = 30.1955$$



Fuente: Elaboración propia.

Análisis. Según la carta de plasticidad desarrollada por Casagrande (1932) nuestra muestra de suelo se clasifica como: **Arcilla inorgánica de plasticidad media.**

- Determinación del índice de liquidez (IL).

$$IL = \frac{29.905-0}{30.1955-0} = 0.9904$$

Como IL < 1, entonces la muestra del suelo está fuertemente sobreconsolidado.

- **Para la calicata N°02 (estrato-2).**

- Determinación del índice de plasticidad (IP).

Sabemos que:

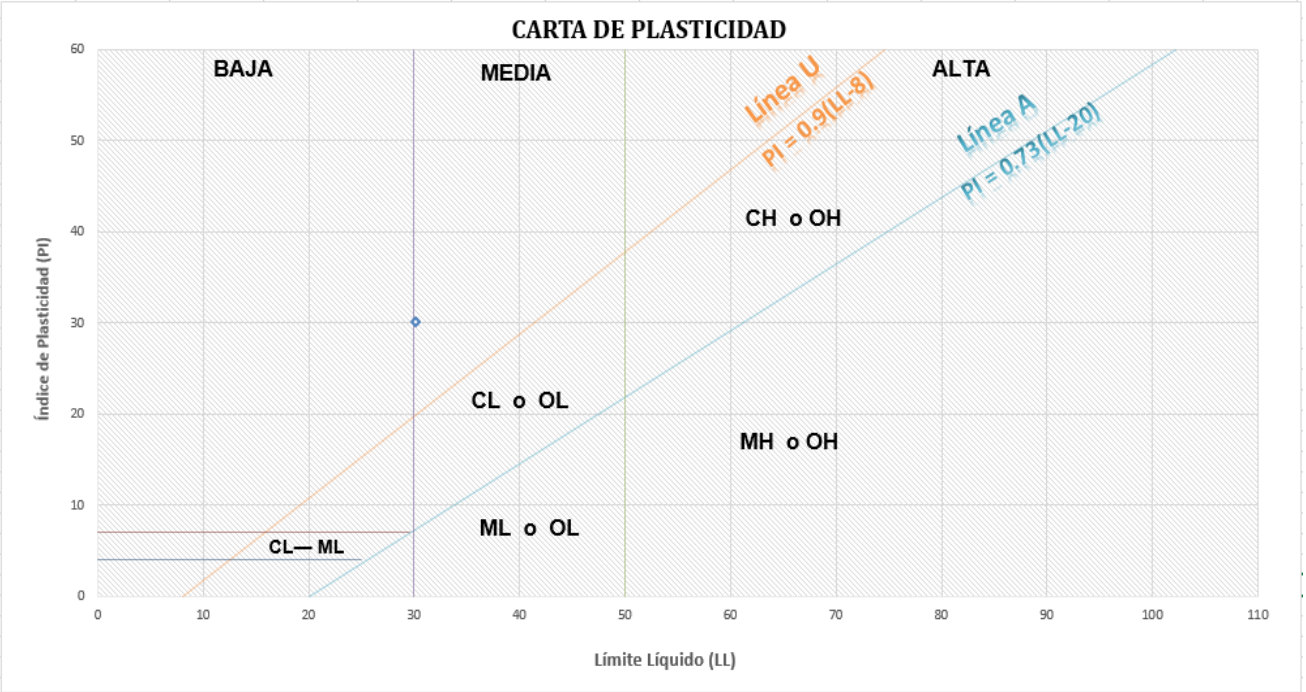
IP = LL - LP

Donde:

LL = 30.0695

LP = 0

IP = 30.1955 – 0 = 30.0695



Fuente: Elaboración propia.

Análisis. Según la carta de plasticidad desarrollada por Casagrande (1932) nuestra muestra de suelo se clasifica como: **arcilla inorgánica de plasticidad media.**

- Determinación del índice de liquidez (IL).

$$IL = \frac{29.7748-0}{30.0695-0} = 0.9902$$

Como IL < 1, entonces la muestra del suelo está fuertemente sobreconsolidado.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

REFERENCIA

ASTM D-422, NTP 339.128, J. E. Bowles (Exp. N°5), MTC E 107-2000

1° OBJETIVO

- La determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo.
- Esta norma describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 74 mm (N° 200).

2° APARATOS

- Una balanza. Con sensibilidad de 0.1 g para pesar material.
- Tamices de malla cuadrada.
- 75 mm (3"), 50,8 mm (2"), 38,1 mm (1½"), 25,4 mm (1"), 19,0 mm (¾"), 9,5 mm (3/8"), 4,76 mm (N° 4), 2,00 mm (N° 10), 0,840 mm (N° 20), 0,425 mm (N° 40), 0,250 mm (N° 60), 0,106 mm (N° 140) y 0,075 mm (N° 200).
- Se puede usar, como alternativa, una serie de tamices que, al dibujar la gradación, de una separación uniforme entre los puntos del gráfico; esta serie estará integrada por los siguientes:
- 75 mm (3"), 37.5 mm (1-½"), 19.0 mm (¾"), 9.5 mm (3 /8"), 4.75 mm (N° 4), 2.36 mm (N° 8), 1.10 mm (N° 16), 600 mm (N° 30), 300 mm (N° 50),150 mm (N° 100), 75 mm (N° 200).
- Estufa, capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).
- Envases, adecuados para el manejo y secado de las muestras.
- Cepillo y brocha, para limpiar las mallas de los tamices.

3° MUESTRA

Según sean las características de los materiales finos de la muestra, el análisis con tamices se hace, bien con la muestra entera, o bien con parte de ella después de separar los finos por lavado. Si la necesidad del lavado no se puede determinar por examen visual, se seca en el horno una pequeña porción húmeda del material y luego se examina su resistencia en seco rompiéndola entre los dedos. Si se puede romper fácilmente y el material fino se pulveriza bajo la presión de aquellos, entonces el análisis con tamices se puede efectuar sin previo lavado.

Prepárese una muestra para el ensayo, la cual estará constituida por dos fracciones: una retenida sobre el tamiz de 4,760 mm (N° 4) y otra que pasa dicho tamiz. Ambas fracciones se ensayarán por separado. El peso del suelo secado al aire y seleccionado para el ensayo, será suficiente para las cantidades requeridas para el análisis mecánico, como sigue: Para la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4) el peso dependerá del tamaño máximo de las partículas de acuerdo con la Tabla 1.

Tabla 1

Diámetro nominal de las partículas más grandes mm (pulg)	Peso mínimo aproximado de la porción (gr)
9,5 (3 /8")	500
19,6 (¾")	1000
25,7 (1")	2000
37,5 (1 ½")	3000
50,0 (2")	4000
75,0 (3")	5000

El tamaño de la porción que pasa tamiz de 4,760 mm (N° 4) será aproximadamente de 115 g, para suelos arenosos y de 65 g para suelos arcillosos y limosos.

Se puede tener una comprobación de los pesos, así como de la completa pulverización de los terrones, pesando la porción de muestra que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 4) y agregándole este valor al peso de la porción de

muestra lavada y secada en el horno, retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4).

4° ANÁLISIS POR MEDIO DE TAMIZADO DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN EL TAMIZ DE 4,760 mm (N° 4).

Sepárese la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4) en una serie de fracciones usando los tamices de: 75 mm (3"), 50 mm (2"), 38,1 mm (1½"), 25,4 mm (1"), 19,0 mm (¾"), 9,5 mm (3 /8"), 4.7 mm (N° 4), o los que sean necesarios dependiendo del tipo de muestra, o de las especificaciones para el material que se ensaya.

En la operación de tamizado manual se mueve el tamiz o tamices de un lado a otro y recorriendo circunferencias de forma que la muestra se mantenga en movimiento sobre la malla. Debe comprobarse al desmontar los tamices que la operación está terminada; esto se sabe cuando no pasa más del 1 % de la parte retenida al tamizar durante un minuto, operando cada tamiz individualmente. Si quedan partículas apresadas en la malla, deben separarse con un pincel o cepillo y reunirlas con lo retenido en el tamiz. Se determina el peso de cada fracción en una balanza con una sensibilidad de 0.1 %. La suma de los pesos de todas las fracciones y el peso, inicial de la muestra no debe diferir en más de 1%.

5° ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA FRACCIÓN FINA

- El análisis granulométrico de la fracción que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 4) se hará por tamizado y/o sedimentación según las características de la muestra y según la información requerida.
- Los materiales arenosos que contengan muy poco limo y arcilla, cuyos terrones en estado seco se desintegren con facilidad, se podrán tamizar en seco.
- Los materiales limo-arcillosos, cuyos terrones en estado seco no rompan con facilidad, se procesarán por la vía húmeda.

- Si se requiere la curva granulométrica completa incluyendo la fracción de tamaño menor que el tamiz de 0,074 mm (N° 200), la gradación de ésta se determinará por sedimentación, utilizando el hidrómetro para obtener los datos necesarios. Ver granulometría por sedimentación (método del hidrómetro).
- Se puede utilizar procedimientos simplificados para la determinación del contenido de partículas menores de un cierto tamaño, según se requiera.
- La fracción de tamaño mayor que el tamiz de 0,074 mm (N° 200) se analizará por tamizado en seco, lavando la muestra previamente sobre el tamiz de 0,074 mm (N° 200).

Procedimiento para el análisis granulométrico por lavado sobre el tamiz de 0,074 mm (N° 200).

- Se separan mediante cuarteo, 115 g para suelos arenosos y 65 g para suelos arcillosos y limosos, pesándolos con exactitud de 0.1 g.
- Humedad higroscópica. Se pesa una porción de 10 a 15 g de los cuarteos anteriores y se seca en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F). Se pesan de nuevo y se anotan los pesos.
- Se coloca la muestra en un recipiente apropiado, cubriéndola con agua y se deja en remojo hasta que todos los terrones se ablanden.
- Se lava a continuación la muestra sobre el tamiz de 0,074 mm (N° 200) con abundante agua, evitando frotarla contra el tamiz y teniendo mucho cuidado de que no se pierda ninguna partícula de las retenidas en él.
- Se recoge lo retenido en un recipiente, se seca en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) y se pesa.

6° CÁLCULOS

- Valores de análisis de tamizado para la porción retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4).
- Se calcula el porcentaje que pasa el tamiz de 4,760 mm (N°4) dividiendo el peso que pasa dicho tamiz por el suelo originalmente toma

do y se multiplica el resultado por 100. Para obtener el peso de la porción retenida en el mismo tamiz, réstese del peso original, el peso del pasante por el tamiz de 4,760 mm (N° 4).

- Para comprobar el material que pasa por el tamiz de 9,52 mm (3/8"), se agrega al peso total del suelo que pasa por el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) el peso de la fracción que pasa el tamiz de 9,52 mm (3/8") y que queda retenida en el de 4,760 mm (N° 4). Para los demás tamices continúese el cálculo de la misma manera.
- Para determinar el porcentaje total que pasa por cada tamiz, se divide el peso total que pasa entre el peso total de la muestra y se multiplica el resultado por 100.
- Valores del análisis por tamizado para la porción que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 4).
- Se calcula el porcentaje de material que pasa por el tamiz de 0,074 mm (N° 200) de la siguiente forma:
- Se calcula el porcentaje retenido sobre cada tamiz en la siguiente forma:
- Se calcula el porcentaje más fino. Restando en forma acumulativa de 100% los porcentajes retenidos sobre cada tamiz. % Pasa = 100 - % Retenido acumulado.

7° OBSERVACIONES

El informe deberá incluir lo siguiente:

- El tamaño máximo de las partículas contenidas en la muestra.
- Los porcentajes retenidos y los que pasan, para cada uno de los tamices utilizados.
- Toda información que se juzgue de interés.
- Los resultados se presentarán: (1) en forma tabulada, o (2) en forma gráfica, siendo esta última forma la indicada cada vez que el análisis comprenda un ensayo completo de sedimentación.

- Las pequeñas diferencias resultantes en el empate de las curvas obtenidas por tamizado y por sedimento, respectivamente, se corregirán en forma gráfica.
- Los siguientes errores posibles producirán determinaciones imprecisas en un análisis granulométrico por tamizado.
- Aglomeraciones de partículas que no han sido completamente disgregadas. Si el material contiene partículas finas plásticas, la muestra debe ser disgregada antes del tamizado.
- Tamices sobrecargados. Este es el error más común y más serio asociado con el análisis por tamizado y tenderá a indicar que el material ensayado es más grueso de lo que en realidad es. Para evitar esto, las muestras muy grandes deben ser tamizadas en varias porciones y las porciones retenidas en cada tamiz se juntarán luego para realizar la pesada.
- Los tamices han sido agitados por un período demasiado corto o con movimientos horizontales o rotacionales inadecuados. Los tamices deben agitarse de manera que las partículas sean expuestas a las aberturas del tamiz con varias orientaciones y así tengan mayor oportunidad de pasar a través de él. La malla de los tamices está rota o deformada; los tamices deben ser frecuentemente inspeccionados para asegurar que no tienen aberturas más grandes que la especificada.
- Pérdidas de material al sacar el retenido de cada tamiz.
- Errores en las pesadas y en los cálculos.

Aplicación en el laboratorio de mecánica de suelos del ensayo:

Para nuestro caso se desarrolló el ensayo en las instalaciones del laboratorio de mecánica de suelos de la UDH para las 2 prospecciones de campo (T-01 y C-02), se realizó el análisis mecánico por cribado o tamizado. A continuación se detallará el panel fotográfico y las hojas de cálculo reportadas:

PANEL FOTOGRÁFICO



Figura N°67. Vista del tesista preparando la muestra alterada para el cuarteo.



Figura N°68. Vista del tesista tomando las 2/4 partes representativas en el cuarteo manual.



Figura N°69. Vista del tesista tomando el peso de la muestra (izquierda) y llevándola al horno por un período de 24h (derecha).



Figura N°70. Vista del tesista luego de 24h. sacando la muestra del horno y tomando su peso.



Figura N°71. Vista del tesista preparando la muestra para ser lavada por el tamiz N°200.



Figura N°72. Vista del tesista lavando la muestra en el tamiz N°200 para luego ser llevada al horno nuevamente por 24h.



Figura N°73. Vista del tesista luego de 24h. sacando la muestra lavada y secada del horno, lista para el análisis por tamizado.



Figura N°74. Vista del tesista con sus EPP, equipos e instrumentos para el ensayo análisis granulométrico de suelos por tamizado.



Figura N°75. Vista del tesista tamizando la muestra en cada juego de cribas y tomando el peso retenido, este proceso se realizó de la misma forma para las demás muestras.

Reporte de Resultados.

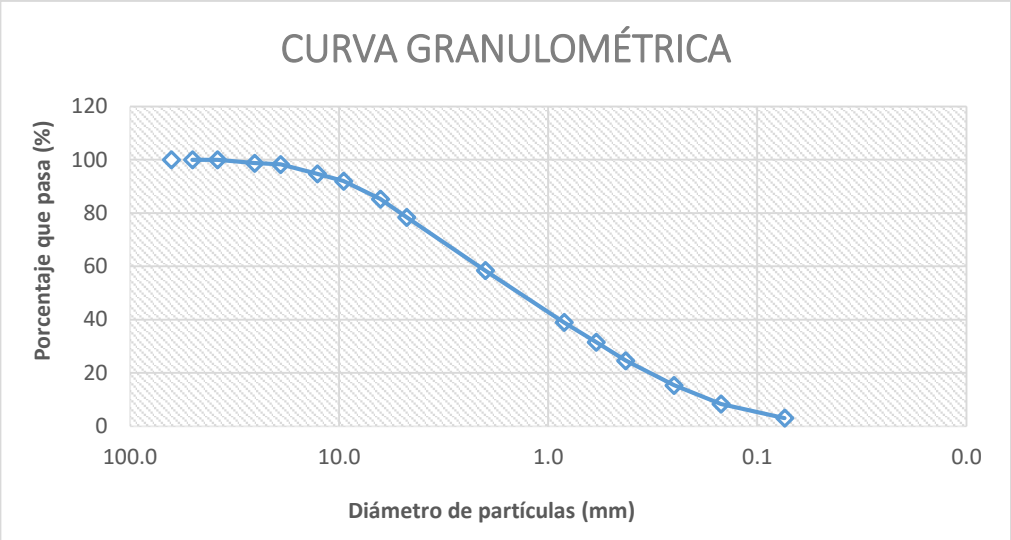
Posteriormente el tesista procedió al procesamiento de datos en una hoja de cálculo para la determinación y análisis de la curva granulométrica, así como el cálculo del coeficiende te uniformidad (Cu) y coeficiente de curvatura (Cc). A continuación se detallarán los resultados obtenidos:

- Para la trinchera N°01:

Tesista/Técnico:	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO		
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".		
Muestra N°:	Alterada	Informe:	2
Calicata:	T-01 (1.10 x 1.90)	Fecha:	15/12/2018
Peso de la Muestra (gr.):	4076.9	Profundidad:	1.5m
Peso de la Muestra Secada al Horno (gr.):	3828.9		
Peso de la Muestra Lavada y Secada al Horno (gr.):	3528.4		
W-Wo (gr.):	548.5	% Humedad:	15.5453

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUMULADO	
				RETENIDO	ACUMULADO
2 1/2"	63.5	0	0	0	100
2"	50.3	0	0	0	100
1 1/2"	38.1	0	0	0	100
1"	25.4	44	1.25	1.25	98.75
3/4"	19.05	16	0.46	1.71	98.29
1/2"	12.7	124.9	3.56	5.27	94.73
3/8"	9.525	95.9	2.73	8.00	92.00
1/4"	6.35	234.8	6.69	14.70	85.30
N°4	4.76	239.9	6.84	21.53	78.47
N°10	2	701.9	20.01	41.54	58.46
N°20	0.84	683.3	19.48	61.01	38.99
N°30	0.59	259.2	7.39	68.40	31.60
N°40	0.426	244.6	6.97	75.37	24.63
N°60	0.25	326.3	9.30	84.67	15.33
N°100	0.149	246.6	7.03	91.70	8.30
N°200	0.074	185.1	5.28	96.98	3.02
PLATILLO		106	3.02	100.00	0.00
TOTAL		3508.5	100		
W-Wo		19.9			

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia.

En base a los resultados se elaboró la curva granulométrica utilizando los datos en el eje de las abcisas (escala semilogarítmica) el diámetro de las partículas y en el eje de las ordenadas (escala normal) el porcentaje pasante.

Análisis:

1° Según la curva de distribución granulométrica obtenida se puede indicar que en la muestra del suelo la mayoría de los granos son del mismo tamaño, considerandose un suelo mal graduado.

2° Para los suelos en los cuales, mas del 10 al 12% del material pasa el tamiz N°200 es necesario hacer el análisis de hidrómetro. Para nuestro caso no es necesario el análisis por hidrómetro ya que el procentaje del total pasante por el tamiz N°200 es el 11.521%.

Cálculos realizados.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \qquad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60}\ x\ D_{10}}$$

Donde:

C_u es el coeficiente de uniformidad.

D_{60} es el diámetro correspondiente al 60% de finos en la curva de distribución granulométrica.

D_{10} es el diámetro efectivo.

D_{30} es el diámetro correspondiente al 30% de finos.

C_c es el coeficiente de curvatura.

Calculando D_{60}.

4.76 mm ⟶ 78.47

X mm ⟶ 60

2 mm ⟶ 58.46

$$\frac{4.76-X}{4.76-2} = \frac{78.47-60}{78.47-58.46}$$

$$X = 4.76 - \frac{(78.47-60)*(4.76-2)}{(78.47-58.46)}$$

D_{60} = 2.212mm

De la misma manera se calculó D_{10} y D_{30}, obteniéndose los siguientes resultados:

D_{10} = 0.173mm

D_{30} = 0.552mm

Calculando el coeficiente de uniformidad (Cu) y curvatura (Cc):

$$C_u = \frac{2.212}{0.173} = 12.786$$

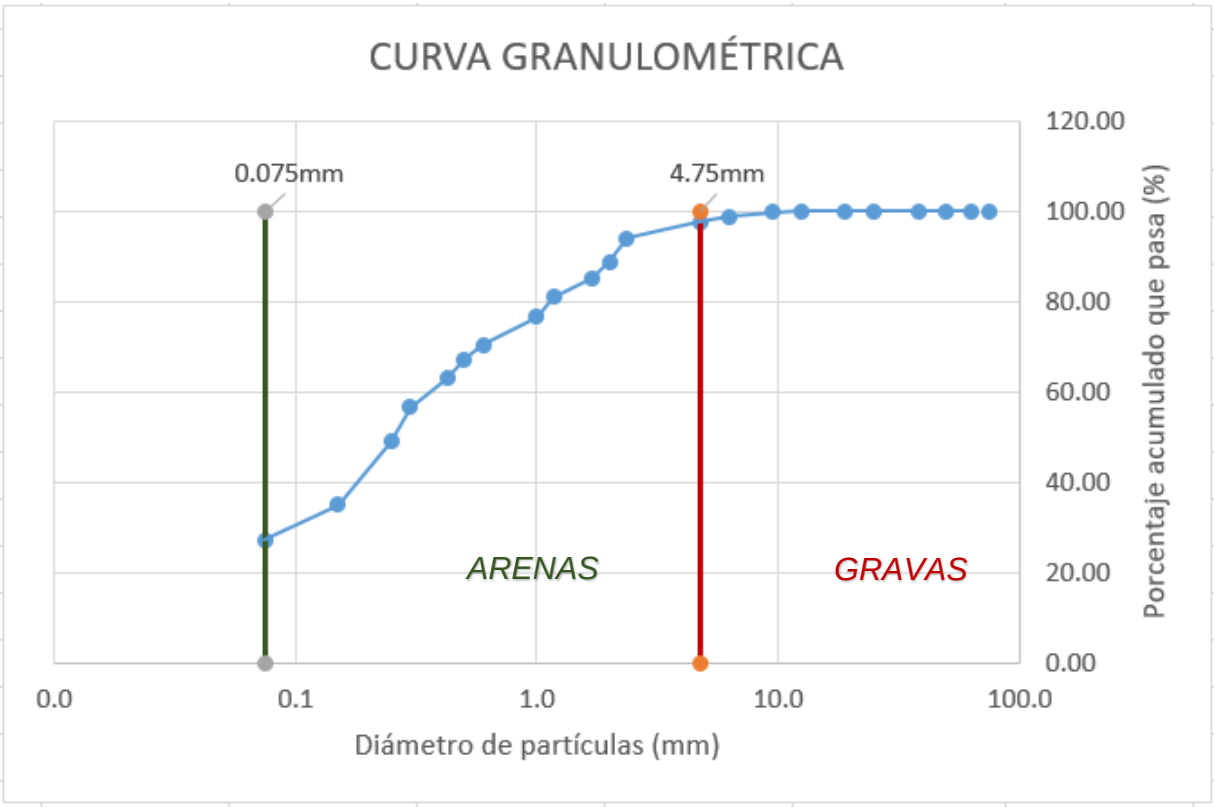
$$C_c = \frac{(0.552)^2}{2.212*0.173} = 0.796$$

- Para la calicata N°02 (E-02):

Tesista/Técnico:	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO		
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".		
Muestra N°:	Inalterada	Informe:	3
Calicata:	C-02 (1.80 x 1.80)	Fecha:	17/12/2018
Peso de la Muestra (gr.):	2093.2	Profundidad:	1.35
Peso de la Muestra Secada al Horno (gr.):	1827.6		
Peso de la Muestra Lavada y Secada al Horno (gr.):	1392.5		
W-Wo (gr.):	700.7	% Humedad:	50.3196

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr.)	% ACUMULADO	
				RETENIDO	ACUMULADO
3"	75.0	0	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.0	0	0.00	0.00	100.00
2"	50	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	0	0.00	0.00	100.00
1"	25	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19	0	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.5	0	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.5	2.7	2.70	0.15	99.85
1/4"	6.3	15.8	18.50	1.01	98.99
N°4	4.75	23.4	41.90	2.29	97.71
N°8	2.36	64.9	106.80	5.84	94.16
N°10	2	96.8	203.60	11.14	88.86
N°12	1.7	65.2	268.80	14.71	85.29
N°16	1.18	76.8	345.60	18.91	81.09
N°18	1	79.9	425.50	23.28	76.72
N°30	0.6	115.9	541.40	29.62	70.38
N°35	0.5	57.4	598.80	32.76	67.24
N°40	0.425	77.5	676.30	37.00	63.00
N°50	0.3	117.6	793.90	43.44	56.56
N°60	0.25	137.6	931.50	50.97	49.03
N°100	0.15	258.4	1189.90	65.11	34.89
N°200	0.075	141.7	1331.60	72.86	27.14
CAZOLETA		52.9	Error Mecánico < 3% +,- 0.00g. 0.00 %	**Densidad relativa de sólidos finos**	2.766
LAVADO		443.1			
Total pasante N° 200		496			
TOTAL		1827.6	7476.8		

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Análisis:

1° Según la curva de distribución granulométrica obtenida se puede indicar que em la muestra los tamaños de las partículas están distribuídos sobre um amplio rango, considerandose un **suelo bien graduado**.

2° Para los suelos en los cuales, mas del 10 al 12% del material pasa el tamiz N°200 es necesario hacer el análisis de hidrómetro. **Para nuestro caso si es necesario el análisis por hidrómetro** ya que el procentaje del total pasante por el tamiz N°200 es el 27.14%.

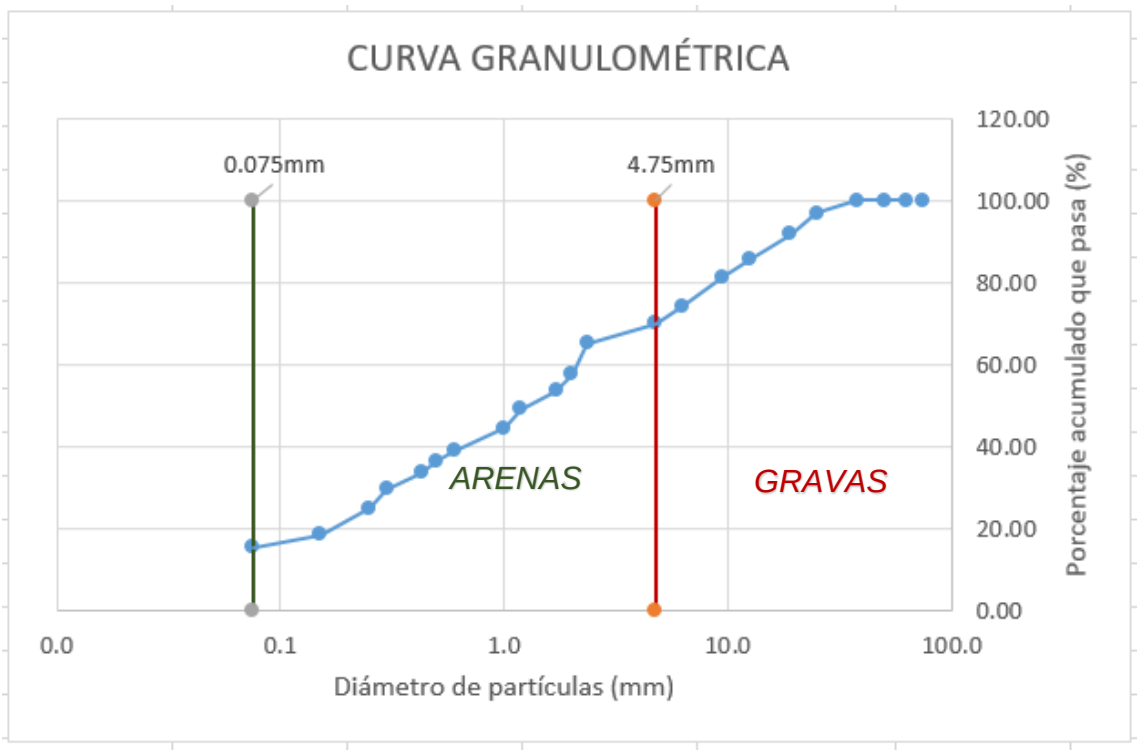
3° No presenta coeficiente de uniformidad (Cu) ni coeficiente de curvatura (Cc), debido a que el **diámetro efectivo D_{10} es 0mm**.

- Para la calicata N°02 (E-03):

Tesista/Técnico:	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO			
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".			
Muestra N°:	Alterada		Informe:	4
Calicata:	C-02 (1.80 x 1.80)		Fecha:	17/12/2018
Peso de la Muestra (gr.):	4200		Profundidad:	2.55
Peso de la Muestra Secada al Horno (gr.):	4131.6			
Peso de la Muestra Lavada y Secada al Horno (gr.):	3615.7			
W-Wo (gr.):	584.3		% Humedad:	16.1601

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr.)	% ACUMULADO	
				RETENIDO	ACUMULADO
3"	75.0	0	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.0	0	0.00	0.00	100.00
2"	50	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	0	0.00	0.00	100.00
1"	25	122.2	122.20	2.96	97.04
3/4"	19	214.4	336.60	8.15	91.85
1/2"	12.5	255.4	592.00	14.33	85.67
3/8"	9.5	181.1	773.10	18.71	81.29
1/4"	6.3	289.9	1063.00	25.73	74.27
N°4	4.75	170.9	1233.90	29.86	70.14
N°8	2.36	205.6	1439.50	34.84	65.16
N°10	2	308.7	1748.20	42.31	57.69
N°12	1.7	166.7	1914.90	46.35	53.65
N°16	1.18	183.6	2098.50	50.79	49.21
N°18	1	188.2	2286.70	55.35	44.65
N°30	0.6	232.3	2519.00	60.97	39.03
N°35	0.5	97.4	2616.40	63.33	36.67
N°40	0.425	126.8	2743.20	66.40	33.60
N°50	0.3	160.6	2903.80	70.28	29.72
N°60	0.25	190	3093.80	74.88	25.12
N°100	0.15	269.5	3363.30	81.40	18.60
N°200	0.075	133	3496.30	84.62	15.38
CAZOLETA		49.4	Error Mecánico < 3% +,- 0.00g. 0.00 %	**Densidad relativa de sólidos finos**	2.706
LAVADO		586.1			
Total pasante N° 200		635.4			
TOTAL		4131.6	34344.4		

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Análisis:

1° Según la curva de distribución granulométrica obtenida se puede indicar que em la muestra los tamaños de las partículas están distribuídos sobre um amplio rango, considerandose un **suelo bien graduado**.

2° Para los suelos en los cuales, mas del 10 al 12% del material pasa el tamiz N°200 es necesario hacer el análisis de hidrómetro. **Para nuestro caso si es necesario el análisis por hidrómetro** ya que el procentaje del total pasante por el tamiz N°200 es el 15.38%.

3° No presenta coeficiente de uniformidad (Cu) ni coeficiente de curvatura (Cc), debido a que el **diámetro efectivo D_{10} es 0mm**.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MEDIO DEL HIDRÓMETRO

REFERENCIA

ASTM D-422, NTP 339.128, J. E. Bowles (Exp. N°6), MTC E 109-2000

1° OBJETIVO

El análisis hidrométrico se basa en la ley de Stokes. Se asume que la ley de Stokes puede ser aplicada a una masa de suelo dispersado, con partículas de varias formas y tamaños. El hidrómetro se usa para determinar el porcentaje de partículas de suelos dispersados, que permanecen en suspensión en un determinado tiempo. Para ensayos de rutina con fines de clasificación, el análisis con hidrómetro se aplica a partículas de suelos que pasan el tamiz de 2.00 mm (N° 10). Para más precisión, el análisis con hidrómetro se debe realizar a la fracción de suelo que pase el tamiz de 74 µm (N° 200).

2° APARATOS

- Balanza, de sensibilidad 0.1 g.
- Tamices, de 2.0 mm (N° 10) y de 74 µm (N° 200).
- Aparato agitador, mecánico o neumático, con su vaso (foto 2).
- Hidrómetro. Graduado para leer, de acuerdo con la escala que tenga grabada, el peso específico de la suspensión o los gramos por litro de suspensión. En el primer caso, la escala tiene valores de peso especifico que van de 0.995 a 1.038 y estará calibrado para leer 1.00 en agua destilada a 20 °C (68 °F). Este Hidrómetro se identifica como 151 H. En el otro caso la escala tiene valores de gramos de suelo por litro (gr/l) que van de -5 a +60. Se identifica como 152 H y está calibrado para el supuesto que el agua destilada tiene gravedad específica de 1.00 a 20 °C (68 °F) y que el suelo en suspensión tiene un peso específico de 2.65. Las dimensiones de estos hidrómetros son las mismas; sólo varían las escalas.

- Cilindro de vidrio, para sedimentación de unos 457 mm (18") de alto y 63.5 mm (2.5") de diámetro y marcado para un volumen de 1000 ml a 20 °C (68 °F).
- Termómetro de inmersión, con apreciación de 0.5 °C (0.9 °F). • Cronómetro o reloj.
- Horno, capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).
- Utensilios de uso general. Envases apropiados para el manejo y secado de las muestras y un par de guantes de asbesto o caucho.
- Agente dispersante. Una solución de hexametafosfato de sodio; se usará en agua destilada o desmineralizada en proporción de 40 g de hexametafosfato de sodio por litro de solución.
- Las soluciones de esta sal deberán ser preparadas frecuentemente (al menos una vez al mes) o ajustar su pH de 8 a 9 por medio de carbonato de sodio. Las botellas que contienen soluciones deberán tener la fecha de preparación marcada.
- Agua. Toda agua utilizada deberá ser destilada o desmineralizada. El agua para el ensayo con hidrómetro deberá llevarse hasta la temperatura que prevalecerá durante el ensayo; así, si el cilindro de sedimentación se va a colocar en baño de agua, la temperatura del agua destilada o desmineralizada que va a utilizarse se llevará a la temperatura de dicho baño. Si el cilindro de sedimentación se coloca a la temperatura ambiente del laboratorio, el agua deberá tener dicha temperatura. La temperatura normal de ensayo es la de 20 °C (68 °F). Sin embargo, variaciones de temperatura pequeñas, no implicarán el uso de las correcciones previstas.

3° PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

El tamaño aproximado de la muestra que se debe usar para el análisis por el hidrómetro varía con el tipo de suelo que va a ser ensayado. La cantidad requerida para suelos arenosos es de 75 a 100 g y para limos y arcillas de 50 a 60 g (peso seco). El peso exacto de la muestra en suspensión puede ser

determinado antes o después del ensayo. Sin embargo el secado al horno de algunas arcillas antes del ensayo puede causar cambios permanentes en los tamaños de granos aparentes; las muestras de estos suelos deben ser conservadas con su contenido de humedad natural, y ensayadas sin ser secadas al horno.

El peso se determina mediante la siguiente fórmula:

$$Ws = \frac{\text{Peso del Suelo Húmedo}}{1 + \frac{\text{Humedad (w)}}{100}}$$

Donde la humedad (w) se determinará usando una porción de muestra que no vaya a ser ensayada.

4° PROCEDIMIENTO

El procedimiento consistirá de los siguientes pasos:

- Anótese en el formato toda la información existente para identificar la muestra, como por ejemplo: obra, número de la muestra y otros datos pertinentes.
- Determínese la corrección por defloculante y punto cero, Cd, y la corrección por menisco, Cm, a menos que ya sean conocidas.
- Anótese toda esta información en el formato.
- Determínese el peso específico de los sólidos, Gs.
- Si el peso secado al horno se va a obtener al principio del ensayo, séquese la muestra al horno, déjese enfriar y pésese con una aproximación de 0.1 g. Anótese en el formato el valor obtenido. Colóquese la muestra en una cápsula de 250 ml previamente identificada con un número, agréguese agua destilada o desmineralizada hasta que la muestra quede totalmente sumergida. Colóquese el agente dispersante en este momento: 125 ml de solución de hexametafosfato de sodio (40 gr/l).

- Déjese la muestra en remojo por una noche hasta que los terrones de suelo se hayan desintegrado. Suelos altamente orgánicos requieren un tratamiento especial, y puede ser necesario oxidar la materia orgánica antes del ensayo. La oxidación puede ser llevada a cabo mezclando la muestra con una solución, al 30%, de peróxido de hidrógeno; esta solución oxidará toda la materia orgánica. Si el suelo contiene poca cantidad de materia orgánica, el tratamiento con peróxido de hidrógeno no es necesario.
- Transfiérase la muestra con agua, de la cápsula a un vaso de dispersión, lavando cualquier residuo que quede en la cápsula con agua destilada o desmineralizada. Agréguese agua al vaso de dispersión si es necesario, hasta que la superficie de ésta quede de 50 a 80 mm por debajo de la boca del vaso; si el vaso contiene demasiada agua, ésta se derramará durante el mezclado. Colóquese el vaso de dispersión en el aparato agitador durante un minuto.
- Para lograr la dispersión se puede emplear también aire a presión en lugar del método mecánico del agitador. En este caso, se coloca un manómetro entre el vaso y la válvula de control, la cual se abre inicialmente para obtener una presión de 0.07 kg/cm2 (1 psi). Se transfiere la lechada de suelo-agua de la cazuela al vaso de dispersión, lavando con agua destilada el remanente de la cazuela, y rellenando si es necesario, con más agua destilada hasta el volumen de 250 ml. Se tapa el vaso y se abre la válvula de control hasta obtener una presión de 1.4 kg/cm 2 (20 psi). La dispersión se hará de acuerdo con la siguiente tabla:

Índice de plasticidad del suelo	Período de dispersión min.
Menor del 5%	5
Del 6% a 20%	10
Mayor del 20%	15

- Los suelos que contienen altos porcentajes de mica se dispersarán durante un (1) minuto.

- Se transfiere la suspensión a un cilindro de sedimentación de 1000 ml. La suspensión debe ser llevada a la temperatura que se espera prevalecerá en el laboratorio durante el ensayo.
- Un minuto antes de comenzar el ensayo, tómese el cilindro de sedimentación y tapándolo con la mano o con un tapón adecuado, agítese la suspensión vigorosamente durante varios segundos, con el objeto de remover los sedimentos del fondo y lograr una suspensión uniforme. Continúese agitando hasta completar un minuto volteando el cilindro hacia arriba y hacia abajo alternativamente. Algunas veces es necesario aflojar los sedimentos del fondo del cilindro, mediante un agitador de vidrio antes de proceder a agitar la lechada. Se deben ejecutar sesenta (60) giros durante ese minuto.
- Alternativamente, la suspensión puede ser agitada antes de proceder al ensayo mediante un agitador manual, semejante al que se muestra en el esquema de la Figura 3. Moviendo dicho agitador hacia arriba y hacia abajo, a través de la suspensión, se consigue una distribución uniforme de las partículas de suelo. Este proceso evita también la acumulación de sedimentos en la base y en las paredes del cilindro graduado.
- Al terminar el minuto de agitación, colóquese el cilindro sobre una mesa.
- Póngase en marcha el cronómetro. Si hay espuma presente, remuévala tocándola ligeramente con un pedazo de papel absorbente. Introdúzcase lentamente el hidrómetro en la suspensión. Se debe tener mucho cuidado cuando se introduce y cuando se extrae, para evitar perturbar la suspensión.
- Obsérvense y anótense las dos primeras lecturas de hidrómetro, al minuto, y a los dos minutos después de haber colocado el cilindro sobre la mesa. Estas lecturas deben realizarse en el tope del menisco. Inmediatamente después de realizar la lectura de los 2 minutos, extráigase cuidadosamente el hidrómetro de la suspensión y colóquese en un cilindro graduado con agua limpia. Si el hidrómetro se deja mucho

tiempo en la suspensión, parte del material que se esta asentando se puede adherir al bulbo, causando errores en las lecturas. Luego, introdúzcase nuevamente el hidrómetro y realícense lecturas a los 5, 15, 30, 60, 120, 250 y 1.440 minutos. Todas estas lecturas deben realizarse en el tope del menisco formado alrededor del vástago. Inmediatamente después de cada una de estas lecturas, extráigase el hidrómetro cuidadosamente de la suspensión y colóquese en el cilindro graduado con agua limpia.

- Después de realizar la lectura de hidrómetro de los 2 minutos y después de cada lectura siguiente, colóquese un termómetro en la suspensión, mídase la temperatura y anótese en la planilla con una aproximación de 0.5 °C (0.9 °F). Los cambios de temperatura de la suspensión durante el ensayo afectan los resultados. Las variaciones en la temperatura deben ser minimizadas colocando el cilindro lejos de fuentes de calor tales como hornos, rayos de sol o ventanas abiertas. Una forma conveniente de controlar los efectos de la temperatura, es colocar el cilindro graduado que contiene la suspensión en un baño de agua.
- Si el peso de la muestra se va a determinar al final del ensayo, lávese cuidadosamente toda la suspensión transfiriéndola a una cápsula de evaporación. Séquese el material al horno, déjese enfriar y determínese el peso de la muestra. El peso seco de la muestra de suelo empleada se obtendrá restándole a este valor el peso seco del agente defloculante empleado.
- Antes de proceder con los cálculos, las lecturas de hidrómetro deberán ser corregidas por menisco, por temperatura, por defloculante y punto cero.
- Corrección por menisco (Cm). Los hidrómetros se calibran para leer correctamente a la altura de la superficie del liquido. La suspensión de suelo no es transparente y no es posible leer directamente a la superficie del liquido; por lo tanto, la lectura del hidrómetro se debe realizar en la parte superior del menisco. La corrección por menisco es

constante para un hidrómetro dado, y se determina introduciendo el hidrómetro en agua destilada o desmineralizada y observando la altura a la cual el menisco se levanta por encima de la superficie del agua. Valores corrientes de Cm son:

- Hidrómetro tipo 151 H: Cm = 0,6 x 10-3 gr/cm3.
- Hidrómetro tipo 152 H: Cm = 1,0 gr/litro.
- Corrección por temperatura (Ct). A cada una de las lecturas de hidrómetro se debe aplicar también un factor de corrección por temperatura, el cual debe sumarse algebraicamente a cada lectura. Este factor puede ser positivo o negativo, dependiendo de la temperatura de la suspensión en el momento de realizar cada lectura. Obténgase el valor del factor de corrección por temperatura para cada lectura de hidrómetro empleando la Tabla 2 y anótense estos valores en su planilla.
- Corrección por agente de dispersión y por desplazamiento del punto cero (Cd).
- Los granos de suelos muy finos en suspensión tienden normalmente a flocular y se adhieren de tal forma que suelen precipitarse juntos. Por lo tanto, es necesario añadir a las muestras un agente de disgregación para evitar la floculación durante el ensayo. Los agentes defloculantes siguientes han sido utilizados satisfactoriamente para la mayoría de los suelos:

Tabla 2 Valores de Ct para la corrección por temperatura de las lecturas del hidrómetro

Temp. C	Ct	
	Hidrómetro graduado en	
	Densidad (gr/cm3) x 103	Concentración (gr/litro)*
10	-1,3	-2,0
11	-1,2	-1,9
12	-1,1	-1,8
13	-1,0	-1,6
14	-0,9	-1,4
15	-0,8	-1,2
16	-0,6	-1,0
17	-0,5	-0,8
18	-0,3	-0,5
19	-0,2	-0,3
20	0,0	0,0
21	0,2	0,3
22	0,4	0,6
23	0,6	0,9
24	0,8	1,3
25	1,0	1,7
26	1,3	2,0
27	1,5	2,4
28	1,8	2,9
29	2,0	3,3
30	2,3	3,7

- Peso específico del sólido en suspensión: G = 2.55
- Para hidrómetro tipo 1 52-H busque Ct en la columna de la derecha (gr/litro).
- Para hidrómetro tipo 1 51-H busque Ct en la columna de la izquierda {(gr / cm) x 103}.
- Los valores tabulados fueron calculados por la expresión:

$$Ct = [\gamma w_{20} - \gamma w_t - \alpha\,(T - 20)] \times 10^3\ gr/cm^3$$

$$Ct = [\gamma w_{20} - \gamma w_t - \alpha\,(T - 20)] \times \frac{2.65}{1.65}\ 10^3\ gr/cm^3$$

- T = Temperatura de la suspensión en OC.
- ɣw20 = Peso unitario del agua a 20 °C.
- ɣwt = Peso unitario del agua a T °C.
- α= Coeficiente de dilatación volumétrica del hidrómetro (= 2,5 x 10 -5 /°C).

Agente defloculante	Fórmula
Hexametafosfato de sodio	NaPO3 ó (NaP03)6

- La adición de un agente defloculante produce aumentó en la densidad del líquido y obliga a realizar una corrección a la lectura del hidrómetro observado. Así mismo, como la escala de cada hidrómetro ha sido graduada para registrar una lectura cero o lectura inicial a una temperatura base, que generalmente es 20 °C (68 °F), existirá un desplazamiento del punto cero, y las lecturas de hidrómetro observadas también deberán corregirse por este factor.
- La corrección por defloculante se determina generalmente en conjunto con la corrección por punto cero; por ello se les denomina "corrección por defloculante y punto cero". El procedimiento para determinar la corrección por defloculante y punto cero consistirá en los pasos siguientes: Se selecciona un cilindro graduado de 1000 ml de capacidad y se llena con agua destilada o desmineralizada con una cantidad de defloculante igual a la que se empleará en el ensayo. Si en el ensayo no se va a utilizar defloculante, llénese el cilindro sólo con agua destilada o desmineralizada. En este caso la corrección será

solamente por punto cero. Realícese, en la parte superior del menisco, la lectura del hidrómetro e introdúzcase a continuación un termómetro para medir la temperatura de la solución. Calcúlese la corrección por defloculante y punto cero (Cd) mediante la fórmula:

$$Cd = \tau' + Cm \pm Ct$$

Donde:

ƭ' = Lectura del hidrómetro, en agua con defloculante únicamente.

Cm = Corrección por menisco.

Ct = Corrección por temperatura, sumada algebraicamente.

5° CALCULOS

- Lectura de hidrómetro corregida. Calcúlense las lecturas de hidrómetro corregidas por menisco (R) sumándole a cada lectura de hidrómetro no corregida (R'), la corrección por menisco Cm, o sea:

$$R = R' + Cm$$

- Anótense en la planilla los valores de R obtenidos. Cálculo del diámetro de las partículas (D). Determínese el diámetro de las partículas correspondientes a cada lectura de hidrómetro empleando el nomograma. En este nomograma, la escala (R) correspondiente a las profundidades efectivas (L) (véase Tabla 1), se elaborará empleando la curva de calibración correspondiente al hidrómetro que se va a emplear en el ensayo. La secuencia de los pasos a seguir para calcular el diámetro de las partículas (ID) mediante el nomograma de la Figura 6, se indica esquemáticamente en la parte inferior derecha de dicha figura. El diámetro de las partículas de suelo en suspensión en el momento de realizar cada lectura de hidrómetro se puede calcular también con la fórmula siguiente:

$$D(mm) = K\sqrt{\frac{L}{t}}$$

Donde:

L = Profundidad efectiva en cm.

t = Tiempo transcurrido en min.

$$K = \sqrt{\frac{30 * \frac{\mu}{g}}{\tau s - \tau w}}$$

Donde:

g = Aceleración gravitacional = 980.7 cm/s2.

μ = Coeficiente de viscosidad del agua en Poises.

ƭs = Peso unitario de los sólidos del suelo en gr/cm3.

ƭw = Peso unitario del agua destilada, a la temperatura T, en gr/cm3.

Los valores de K están tabulados en la Tabla 3, en función del peso específico y la temperatura.

Cálculo del porcentaje más fino. Para calcular el porcentaje de partículas de diámetro más fino que el correspondiente a una lectura de hidrómetro dada, utilice las fórmulas siguientes:

Para hidrómetros 151 H:

$$\text{Porcentaje más fino} = \frac{Gs}{Gs - 1} \times \frac{100}{Wo} \times (R - Cd \pm Ct)$$

Para hidrómetros 152 H

$$\text{Porcentaje más fino} = \frac{100 \times a}{Wo} \times (R - Cd \pm Ct)$$

Donde:

Gs = Peso especifico de los sólidos (modo operativo MTC E 205).

Wo = Peso de la muestra de suelo secado al horno que se empleó para el análisis del hidrómetro.

(R - Cd + Ct) = Lectura de hidrómetro corregida por menisco menos corrección por defloculante y punto cero, más (sumada algebraicamente) corrección por temperatura.

a = Factor de corrección por peso específico (véase Tabla 4).

Anótense todos los valores obtenidos en su planilla. El factor Ct puede ser positivo o negativo dependiendo de la temperatura de la suspensión en el momento de realizar la lectura. Úsese la fórmula (R - Cd + Ct) dependiendo si Ct es positivo o negativo.

6° OBSERVACIONES

Los siguientes errores posibles causarían determinaciones imprecisas en un análisis granulométrico por hidrómetro.

- Suelo secado al horno antes del ensayo. Excepto para el caso de suelos inorgánicos de resistencia seca baja, el secado al horno puede causar cambios permanentes en el tamaño de las partículas.
- Agente dispersante no satisfactorio o en cantidad insuficiente. Siempre y cuando se vayan a ensayar suelos nuevos o no usuales, es necesario realizar tanteos para valores de K para el cálculo del diámetro de partículas en el análisis hidrométrico.
- Determinar el tipo y la cantidad de compuesto químico que producirá la dispersión y de floculación más efectivas.
- Dispersión incompleta del suelo en la suspensión. Agitación insuficiente de la suspensión en el cilindro al comienzo del ensayo.
- Demasiado suelo en suspensión. Los resultados del análisis hidrométrico serán afectados si el tamaño de la muestra excede las cantidades recomendadas.
- Los valores tabulados fueron calculados por la expresión:

Donde:

$$K = \sqrt{\frac{30\,\mu}{980\,(G-1)\,\gamma w}}$$

μ = viscosidad dinámica del agua en Poises.

G = peso específico de las partículas de suelo.

yw = peso unitario del agua (gr/cm3).

Tabla 4. Valores del coeficiente de corrección para d sos específicos de las partículas del suelo.

Peso especifico	coeficiente "a"	Peso especifico	coeficiente "a"	Peso especifico	coeficiente "a"
2.45º	1.05	2.60	1.01	2.75	0.98
2.50	1.03	2.65	1.00	2.80	0.97
2.55	1.02	2.70	0.99	2.85	0.96

- Perturbación de la suspensión cuando se introduce o se remueve el hidrómetro. Tal perturbación es muy corriente que ocurra cuando el hidrómetro se extrae rápido después de una lectura.
- El hidrómetro no está suficientemente limpio. La presencia de polvo o grasa en el vástago del Hidrómetro puede impedir el desarrollo de un menisco uniforme. Calentamiento no uniforme de la suspensión. Variación excesiva de la temperatura de la suspensión durante el ensayo. Pérdida de material después del ensayo. Si el peso del suelo secado al horno se obtiene después del ensayo, toda la suspensión debe ser lavada cuidadosamente del cilindro.

Aplicación del ensayo y reporte de resultados en LABORATORY SOILHYDRAULING:

Este ensayo se mandó a realizar al laboratorio de mecánica de suelos, hidraúlica, concreto, rocas, pavimento y exploraciones LABORATORY SOILHYDRAULING, donde se procedió a trasladar muestras representativas de la calicata N°02, en base a las observaciones indicadas en el ensayo de "análisis granulométrico por tamizado". A continuación se podrá observar el procesamiento de datos y resutados finales del análisis granulométrico por sedimentación (Hidrómetro).

PANEL FOTOGRÁFICO



Figura N°76. Vista de los instrumentos y equipos utilizados para el ensayo de hidrometría.

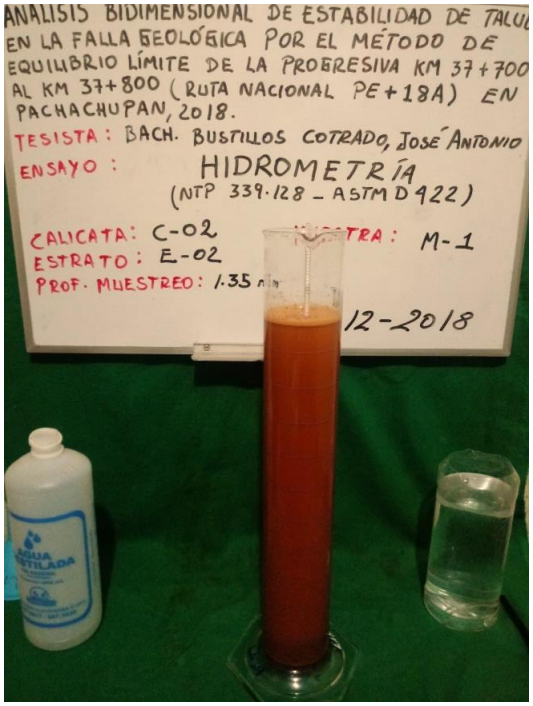


Figura N°77. Vista del proceso de sedimentación del estrato N°2 de la calicata N°2. Así como el reconocimiento e identificación del ensayo.

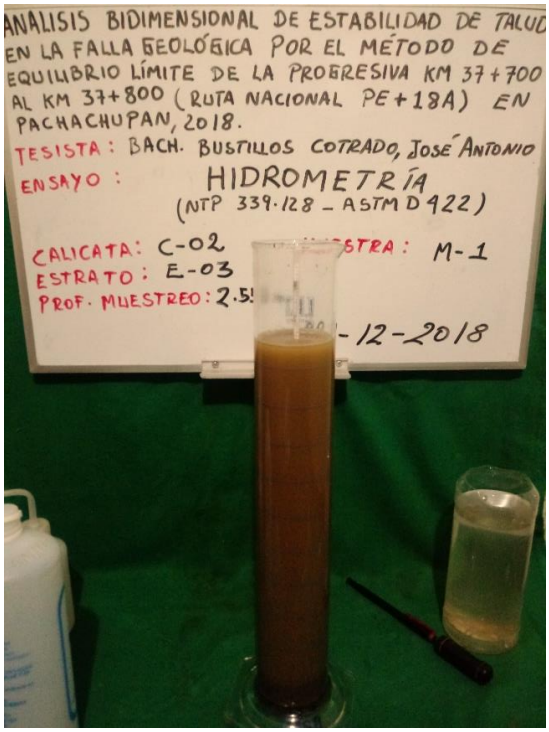


Figura N°78. Vista del proceso de sedimentación del estrato N°3 de la calicata N°2. Así como el reconocimiento e identificación del ensayo.

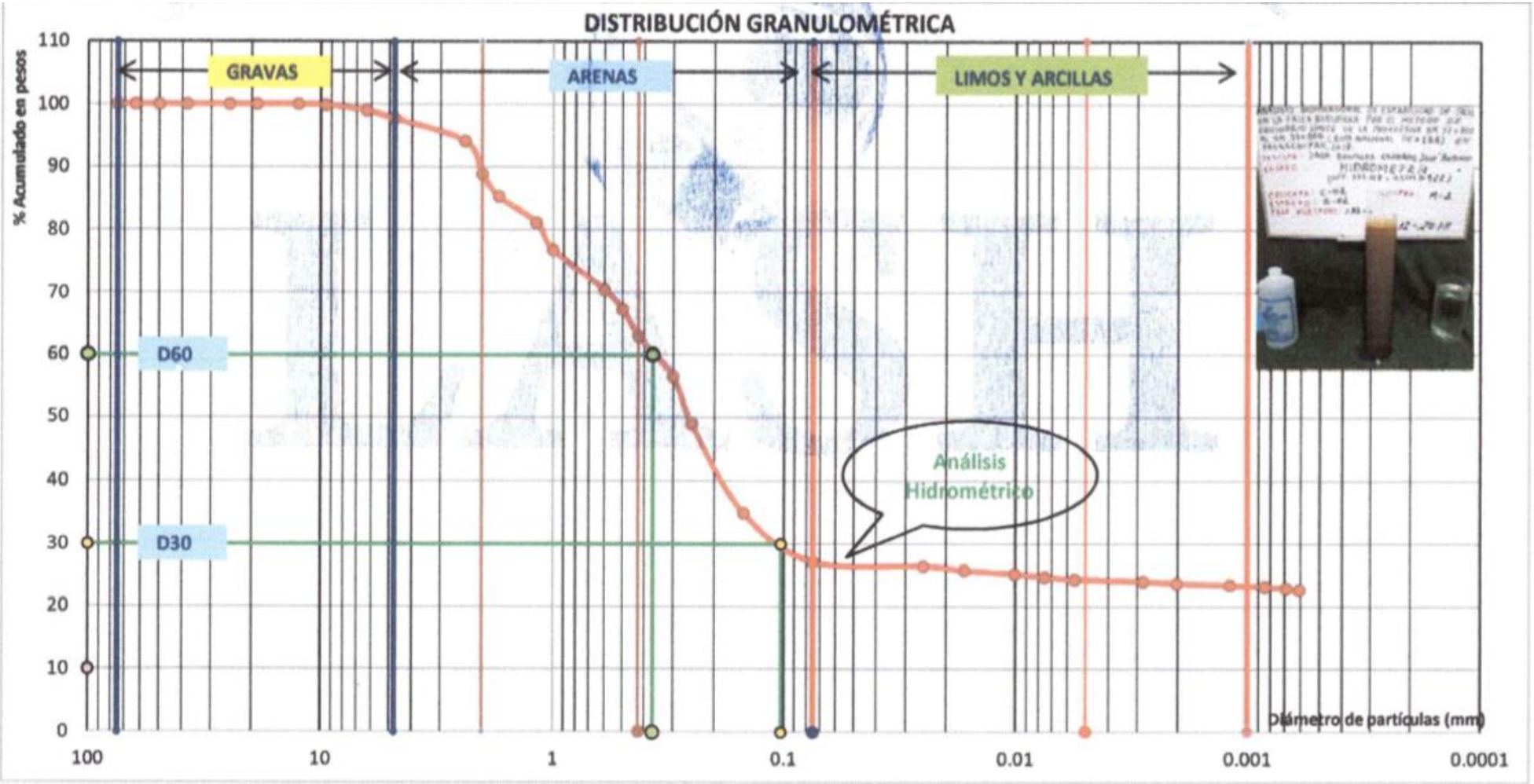
- **Para la muestra de la calicata N°02, estrato N°02, a 1.35m de profundidad.**

Responsable	LABORATORY SOILHYDRAULING					
Tesista:	BACH. JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO					
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".					
Fecha:	06/01/2019				Informe:	1
Ubicación (Datum WGS84):	Norte	8920176	Medidas:	1.80 x 1.80	Calicata:	C-02
	Este	380114	Muestra:	Mab	Profundidad:	1.35m

Fechas	Hora de Inicio 7:10 am	Diámetro	Temperatura	Lectura hidrómetro		Profundidad Efectiva	Constante	Peso del suelo restante en suspensión del hidrómetro		Pesos acumulados de la muestra totales		
				Actual	Corregido							
	minutos	mm	°C	R	R´	L (cm)	K	P (%)	g	Rete. (g)	% Reteni.	% Pasan.
29/12/2018	2	0.0251	22	1.032	1.028	7.8	0.01269	2.73901	13.6	1345.2	73.60%	26.40%
	5	0.0166	22	1.029	1.025	8.6	0.01269	2.44968	12.2	1357.3	74.27%	25.73%
	15	0.0100	22	1.026	1.022	9.4	0.01269	2.16035	10.7	1368	74.85%	25.15%
	30	0.0075	22	1.022	1.018	10.5	0.01269	1.77457	8.8	1376.8	75.33%	24.67%
	60	0.0056	22	1.018	1.014	11.5	0.01269	1.38879	6.9	1383.7	75.71%	24.29%
	240	0.0028	23	1.016	1.012	12.1	0.01259	1.19591	5.9	1389.6	76.04%	23.96%
30/12/2018	480	0.0020	23	1.015	1.011	12.3	0.01259	1.09946	5.5	1395.1	76.33%	23.67%
31/12/2018	1440	0.0012	22	1.014	1.010	12.6	0.01269	1.00302	5.0	1400.1	76.61%	23.39%
01/01/2019	2880	0.0008	23	1.013	1.009	12.9	0.01259	0.90657	4.5	1404.8	76.85%	23.15%
02/01/2019	4320	0.0007	23	1.013	1.009	12.9	0.01259	0.90657	4.5	1409.1	77.10%	22.90%
03/01/2019	5760	0.0006	22	1.012	1.008	13.1	0.01269	0.81013	4.0	1413.1	77.32%	22.68%

Fuente: LABORATORY SOILHYDRAULING.

Gráfico N°01. Esquema final del análisis granulométrico N°01 obtenidos en el laboratorio SOILHYDRAULING.



Fuente: LABORATORY SOILHYDRAULING.

Cuadro N°01. Resultados finales obtenidos (ensayo N°01).

Resultados de la fracción gruesa	
% Gravas:	2.29 %
% Gravas gruesos:	0.00 %
% Gravas finos:	2.29 %
% Arenas	70.57 %
% Arenas gruesos:	8.85 %
% Arenas medios:	25.87 %
% Arenas finos:	35.85 %
% Finos que pasan la malla Nº 200	27.14 %
% Limos:	3.18 %
% Arcillas:	0.82 %
% Coloides	23.15 %

Tamaño máximo	12.50 mm
Tamaño nominal máximo	2.36 mm
Coeficiente uniformidad: Cu:	No presenta
Coeficiente concavidad: Cc:	No presenta
Diámetros al 60%	0.367 mm
Diámetros al 30%	0.103 mm
Diámetros al 10%	0.000 mm
% < a 2 µm	23.96 %
% < a 5 µm	24.29 %

Fuente: LABORATORY SOILHYDRAULING.

Análisis. En base a los resultados finales obtenidos en el cuadro N°01. Se puede indicar que para la muestra ensayada, la cantidad de material más representativa es de arenas con un 70.57%. Además dentro del % total de materiales finos (27.14%): **predomina los coloides con un 23.15%**, y **con muy poca cantidad de arcilla de apenas 0.82%**, lo cual justifica la baja o escasa plasticidad del suelo ensayado. Esta justificación será sustentada con la teoría de Skempton (1953) más adelante en base a la actividad del suelo.

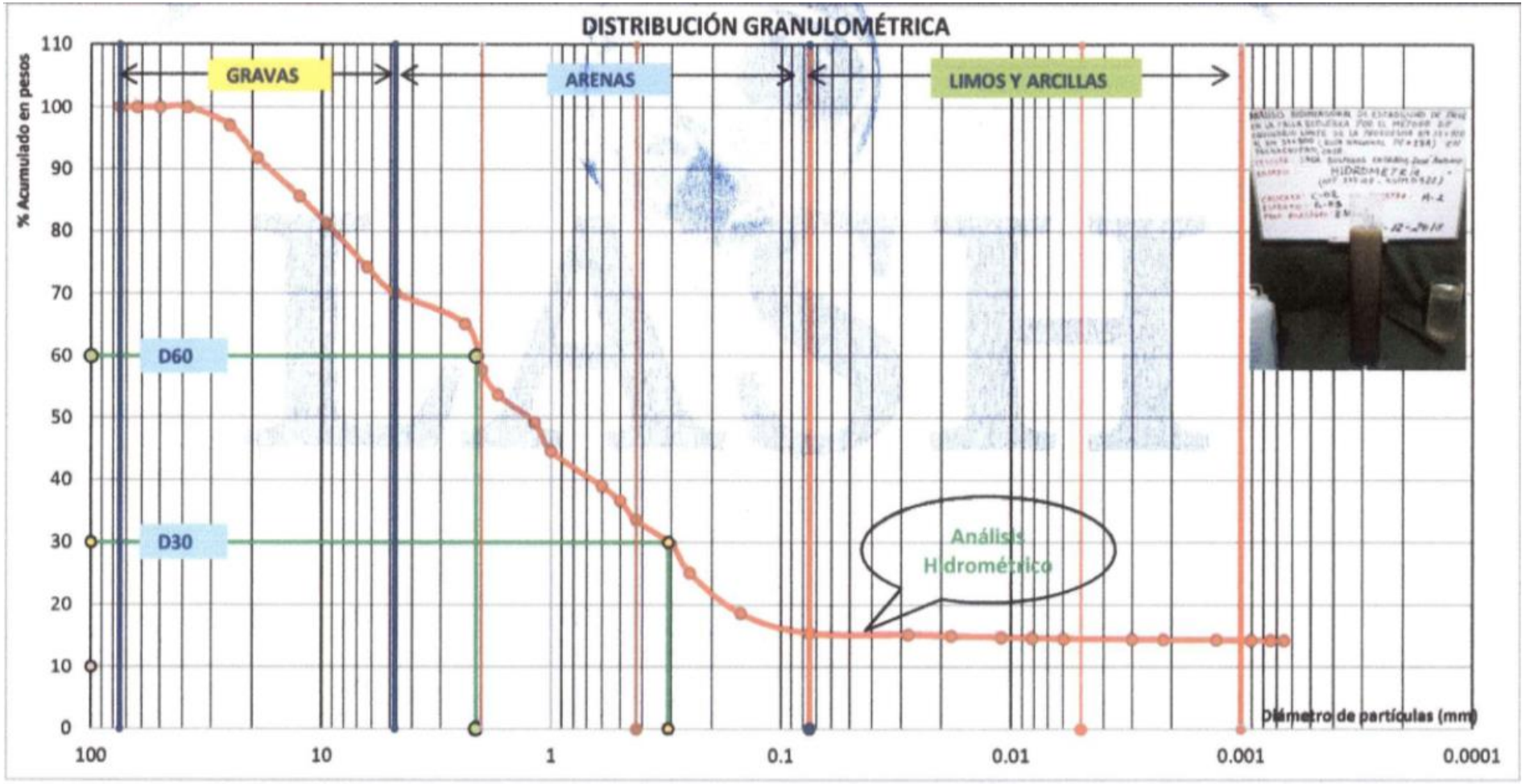
- **Para la muestra de la calicata N°02, estratos N°03, a 2.55m de profundidad.**

Responsable	LABORATORY SOILHYDRAULING					
Tesista:	BACH. JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO					
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".					
Fecha:	06/01/2019				Informe:	1
Ubicación (Datum WGS84):	Norte	8920176	Medidas:	1.80 x 1.80	Calicata:	C-02
	Este	380114	Muestra:	Mab	Profundidad:	2.55m

Fechas	Hora de Inicio 7:10 am	Diámetro	Temperatura	Lectura hidrómetro		Profundidad Efectiva	Constante	Peso del suelo restante en suspensión del hidrómetro		Pesos acumulados de la muestra totales		
				Actual	Corregido							
	minutos	mm	°C	R	R´	L (cm)	K	P (%)	g	Rete. (g)	% Reteni.	% Pasan.
29/12/2018	2	0.0278	22	1.027	1.023	9.2	0.01298	1.55728	9.9	3506.1	84.86%	15.14%
	5	0.0181	22	1.025	1.021	9.7	0.01298	1.42418	9.0	3515.1	85.08%	14.92%
	15	0.0110	22	1.021	1.017	10.7	0.01298	1.15798	7.4	3522.5	85.26%	14.74%
	30	0.0081	22	1.017	1.013	11.8	0.01298	0.89178	5.7	3528.1	85.39%	14.61%
	60	0.0059	22	1.014	1.010	12.6	0.01298	0.69213	4.4	3532.5	85.50%	14.50%
	240	0.0030	23	1.012	1.008	13.1	0.01286	0.55902	3.6	3536.1	85.59%	14.41%
30/12/2018	480	0.0022	23	1.010	1.006	13.7	0.01286	0.42592	2.7	3538.8	85.65%	14.35%
31/12/2018	1440	0.0013	22	1.009	1.005	13.9	0.01298	0.35937	2.3	3541.1	85.71%	14.29%
01/01/2019	2880	0.0009	23	1.008	1.004	14.2	0.01286	0.29282	1.9	3542.9	85.75%	14.25%
02/01/2019	4320	0.0007	23	1.007	1.003	14.4	0.01286	0.22627	1.4	3544.4	85.79%	14.21%
03/01/2019	5760	0.0006	22	1.007	1.003	14.4	0.01286	0.22627	1.4	3545.8	85.82%	14.18%

Fuente: LABORATORY SOILHYDRAULING.

Gráfico N°02. Esquema final del análisis granulométrico N°02 obtenidos en el laboratorio SOILHYDRAULING.



Fuente: LABORATORY SOILHYDRAULING.

Cuadro N°02. Resultados finales obtenidos (ensayo N°02).

Resultados de la fracción gruesa	
% Gravas:	29.86 %
% Gravas gruesos:	8.15 %
% Gravas finos:	21.72 %
% Arenas	54.76 %
% Arenas gruesos:	12.45 %
% Arenas medios:	24.08 %
% Arenas finos:	18.23 %
% Finos que pasan la malla Nº 200	15.38 %
% Limos:	0.97 %
% Arcillas:	0.17 %
% Coloides	14.25 %

Tamaño máximo	38.10 mm
Tamaño nominal máximo	19.00 mm
Coeficiente uniformidad: Cu:	No presenta
Coeficiente concavidad: Cc:	No presenta
Diámetros al 60%	2.111 mm
Diámetros al 30%	0.309 mm
Diámetros al 10%	0.000 mm
% < a 2 µm	14.41 %
% < a 5 µm	14.50 %

Fuente: LABORATORY SOILHYDRAULING.

Análisis. En base a los resultados finales obtenidos en el cuadro N°02. Se puede indicar que para la muestra ensayada, la cantidad de material más representativa es de arenas con un 54.76%. Además dentro del % total de materiales finos (15.38%): **predomina los coloides con un 14.25%**, y **con muy poca cantidad de arcilla de apenas 0.17%**, lo cual justifica la baja o escasa plasticidad del suelo ensayado. Esta justificación será sustentada con la teoría de Skempton (1953) más adelante en base a la actividad del suelo.

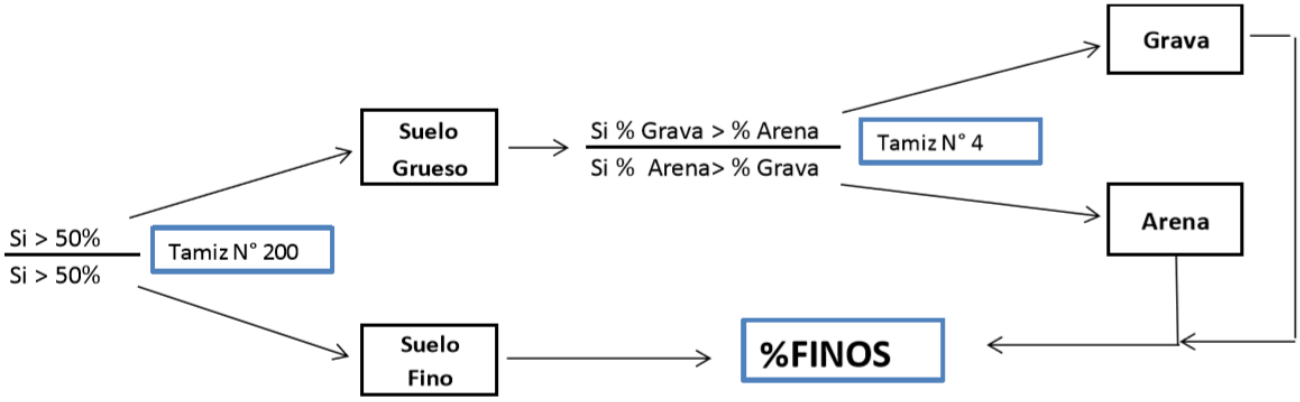
CLASIFICACIÓN DE SUELOS MÉTODO SUCS (ASTM-D2487)

1° CONSIDERACIONES

A continuación se indicará las consideraciones básicas para la clasificación de suelos por el método del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), en base a la cantidad de material pasante por el tamiz N°200, N°4, los límites de Atterberg (límite líquido, plástico e Índice de plasticidad), etc.

Esquema N°01. Clasificación de suelos (Método SUCS).

SÍMBOLO	Características generales		
GW GP GM GC	GRAVAS (>50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos<5%)	Bien graduadas
			Pobremente graduadas
		Con finos (Finos>12%)	Componente limoso
			Componente arcilloso
SW SP SM SC	ARENAS (<50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos<5%)	Bien graduadas
			Pobremente graduadas
		Con finos (Finos>12%)	Componente limoso
			Componente arcilloso
ML MH	LIMOS	Baja plasticidad (LL<50)	
		Alta plasticidad (LL>50)	
CL CH	ARCILLAS	Baja plasticidad (LL<50)	
		Alta plasticidad (LL>50)	
OL OH	SUELOS ORGÁNICOS	Baja plasticidad (LL<50)	
		Alta plasticidad (LL>50)	
Pt	TURBA	Suelos altamente orgánicos	



Fuente: Basurto, D. (2018) *Clasificación de suelos y clasificación SUCS* (p. 2-4).

Análisis. Según el esquema N°1, se puede indicar:

a) Suelos de grano grueso que son de naturaleza tipo grava y arenosa con menos del 50% pasando por la malla N°200. Los símbolos de grupo comienza con un prefijo G o S significa grva o suelo gravoso y S significa arena o suelo arenoso.

b) Los suelos de grano fino con 50% o más pasando por la malla N°200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo M, que significa limo inorgánico. C para arcilla inorgánica u O para limos y arcillas orgánicos. El símbolo Pt se usa para turbas, lodos y otros suelos altamente orgánicos.

Otros símbolos son también usados para la clasificación:
W: bien graduado.
P: mal graduado.
L: baja plasticidad (límite líquido menor que 50).
H: alta plasticidad (límite líquido mayor que 50).

Para una clasificación apropiada con este sistema, debe conocerse algo o todo ede la información siguiente:

1° Porcentaje de grava, es decir, la fracción que pasa la malla de 76.2mm y es retenida en la malla N°4 (abertura de 4.75mm).
2° Porcentaje de arena, es decir, la fracción que pasa la malla N°4 (abertura de 4.75mm) y es retenida en la malla N°200 (abertura de 0.075mm).
3° Porcentaje de limo y arcilla, es decir, la fracción de finos que pasan la malla N°200 (abertura de 0.075mm).
4° Coeficiente de uniformidad (Cu) y coeficiente de curvatura (Cc).
5° Límite líquido e índice de plasticidad de la porción de suelo que pasa la malla N°40.

- **Para la prospección de campo trinchera N°01 – E01 (1.10 x 1.90).**
  - El % pasante al tamiz N°200 es de 11.521%, además el % pansate el tamiz N°4 es de 78.47% por lo tanto es un **suelo grueso arenoso.**

- **Para la prospección de campo calicata N°02 – E02 (1.80 x 1.80).**
  - El % pasante al tamiz N°200 es de 27.14%, además el % pansate el tamiz N°4 es de 97.71% por lo tanto es un **suelo grueso arenoso.**

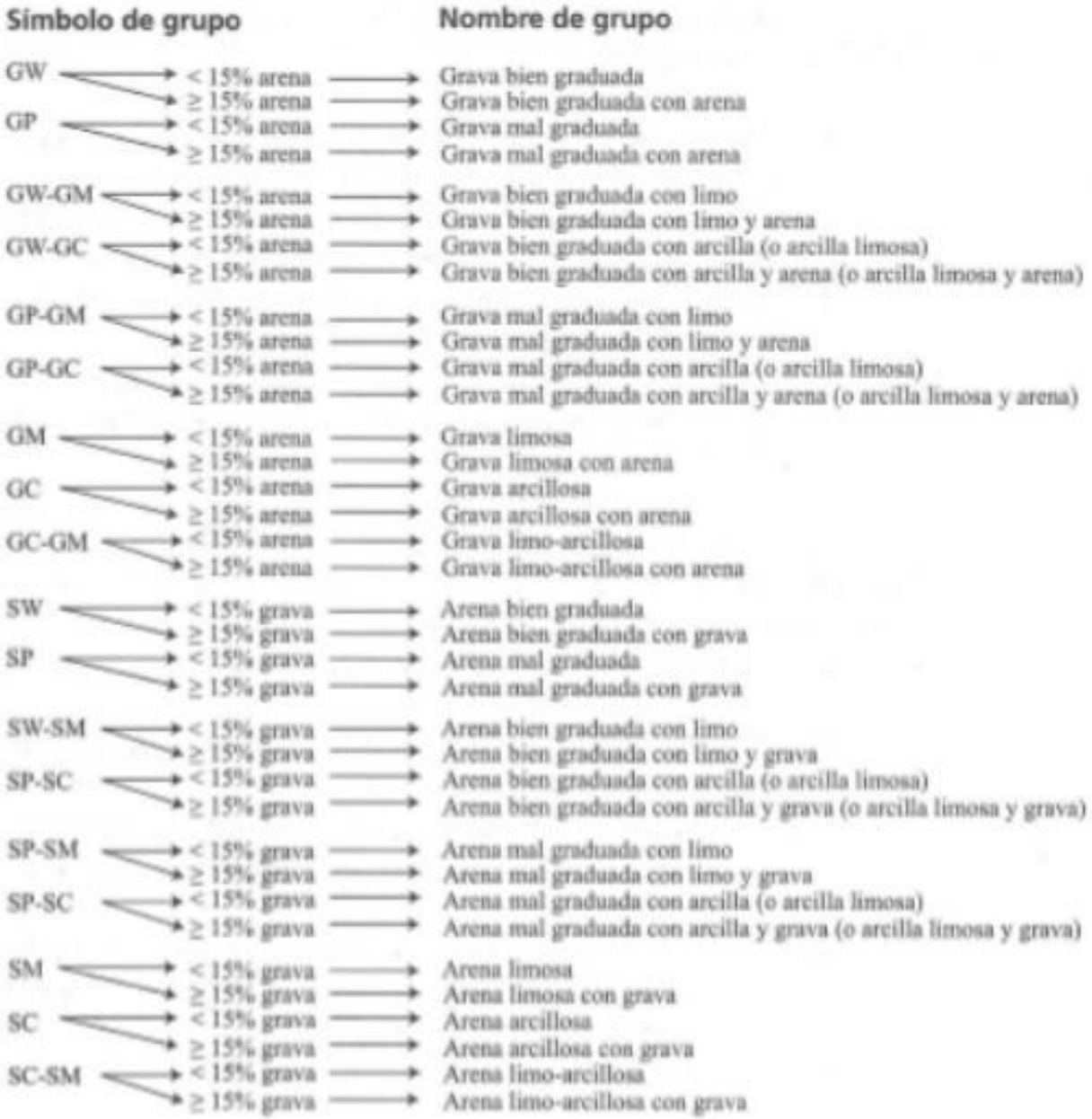
- **Para la prospección de campo calicata N°02 – E03 (1.80 x 1.80).**
  - El % pasante al tamiz N°200 es de 15.38%, además el % pasante el tamiz N°4 es de 70.14% por lo tanto es un **suelo grueso arenoso.**

Esquema N°02. Sistema Unificado de Clasificación; símbolo de grupo para suelos arenosos.

Símbolo de grupo	Criterios
SW	Menos de 5% pasa la malla No. 200; $C_u = D_{60}/D_{10}$ mayor que o igual a 6; $C_z = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ entre 1 y 3
SP	Menos de 5% pasa la malla No. 200; no cumple ambos criterios para SW
SM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican debajo de la línea *A* (figura 2.12); o índice de plasticidad menor que 4
SC	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican arriba de la línea *A* (figura 2.12); índice de plasticidad mayor que 7
SC-SM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg caen en el área sombreada marcada CL-ML en la figura 2.12
SW-SM	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW y SM
SW-SC	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW y SC
SP-SM	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP y SM
SP-SC	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP y SC

Fuente: Das, B. (2001) *Tabla 2.6 Sistema de clasificación; símbolos de grupo para suelos arenosos.* (p.40)

Esquema N°03. Diagrama de flujo para nombres de grupo de suelos tipo grava y arenosa. (Según ASTM-1998)



Fuente: Das, B. (2001) *Tabla 2.13 Diagrama de flujo para nombres de grupo de suelos tipo grava y arenosos* (p.42)

Según los esquemas N°2 y 3, se puede indicar:

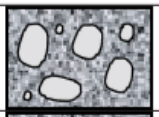
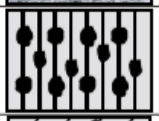
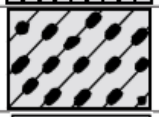
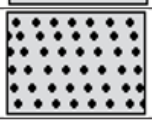
Se evaluaron cada una de las características indicadas, evaluando los parámetros y valores obtenidos en los ensayos de laboratorio y poder finalmente obtener el símbolo y nombre del grupo del suelo. A continuación se detallará la clasificación obtenida por el método SUCS para las prospecciones de campo estudiadas (trinchera N°01 y calicata N°02).

- **Para la prospección de campo trinchera N°01 – E01 (1.10 x 1.90).**
  - Símbolo del grupo: **SP-SC.**
  - Nombre de grupo: **arena mal graduada con arcilla (o arcilla limosa).**

- **Para la prospección de campo calicata N°02 – E02 (1.80 x 1.80).**
  - Símbolo del grupo: **SC.**
  - Nombre de grupo: **arena arcillosa.**

- **Para la prospección de campo calicata N°02 – E03 (1.80 x 1.80).**
  - Símbolo del grupo: **(SC)g.**
  - Nombre de grupo: **arena arcillosa con grava.**

Esquema N°04. Simbología de suelos (referencial)

DIVISIONES MAYORES		SÍMBOLO		DESCRIPCIÓN
		SUCS	GRÁFICO	
SUELOS GRANULARES	GRAVA Y SUELOS GRAVOSOS	GW		GRAVA BIEN GRADUADA
		GP		GRAVA MAL GRADUADA
		GM		GRAVA LIMOSA
		GC		GRAVA ARCILLOSA
	ARENA Y SUELOS ARENOSOS	SW		ARENA BIEN GRADUADA
		SP		ARENA MAL GRADUADA
		SM		ARENA LIMOSA
		SC		ARENA ARCILLOSA

Fuente: Norma E-050 actualizada. (2018). *Figura 3 Simbología de suelos.* (p.15)

CLASIFICACIÓN DE SUELOS MÉTODO AASHTO (ASTM-D3282)

1° CONSIDERACIONES. En este sistema el suelo se clasifica en siete grupos mayores: A-1 al A-7. Los suelos clasificados en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares, donde 35% o menos de las partículas pasan por la criba N°200. Los suelos de los que más del 35% pasan por la criba N°200 son clasificados en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. La mayoría están formados por materiales tipo limo y arcilla. El sistema de clasificación se basa en los siguientes criterios:

a) Tamaño del grano.

Grava: fracción que pasa la malla de 75mm y es retenida en la malla N°10 (2mm) de Estados Unidos.

Arena: fracción que pasa la malla N°10 (2mm) U.S. y es retenida en la malla N°200 (0.075mm) U.S.

Limo y arcilla: fracción que pasa la malla N°200 U.S.

b) Plasticidad. El término limoso se aplica cuando las fracciones de finos del suelo tienen un índice de plasticidad de 10 o menor. El término arcilloso se aplica cuando las fracciones de finos tienen un índice de plasticidad de 11 o mayor.

c) Si cantos rodados y boleos (tamaños mayores que 75mm) están presentes, éstos se excluyen de la porción de la muestra de suelo que se está clasificando. Sin embargo, el porcentaje del material se registra.

Análisis:

- **Para la prospección de campo trinchera N°01 – E01 (1.10 x 1.90).**
  - El % pasante al tamiz N°200 es de 11.521%, por lo tanto está clasificado en los grupos A-1, A-2 y A-3.

- **Para la prospección de campo calicata N°02 – E02 (1.80 x 1.80).**
  - El % pasante al tamiz N°200 es de 27.14%, por lo tanto está clasificado en los grupos A-1, A-2 y A-3.

- **Para la prospección de campo calicata N°02 – E03 (1.80 x 1.80).**
  - El % pasante al tamiz N°200 es de 15.36%, por lo tanto está clasificado en los grupos A-1, A-2 y A-3.

Esquema N°05. Clasificación de materiales para subrasantes de carreteras (materiales granulares).

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos de la muestra que pasa la malla No. 200)						
Clasificación de grupo	*A-1*			*A-2*			
	A-1-a	*A-1-b*	*A-3*	*A-2-4*	*A-2-5*	*A-2-6*	*A-2-7*
Análisis por cribado (porcentaje que pasa las mallas)							
No. 10	50 máx.						
No. 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.				
No. 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.
Características de la fracción que pasa la malla No. 40							
Límite líquido				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos usuales de materiales componentes significativos	Fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa			
Tasa general de los subrasantes	De excelente a bueno						

Fuente: Das, B. (2001) *Tabla 2.4 Clasificación de materiales para subrasantes de carreteras* (p.36)

Esquema N°06. Clasificación de materiales para subrasantes de carretera (materiales limo-arcilla).

Clasificación general	Materiales limo-arcilla (más del 35% de la muestra que pasa la malla No. 200)			
Clasificación de grupo	*A-4*	*A-5*	*A-6*	*A-7* *A-7-5** *A-7-6†*
Análisis por cribado (porcentaje que pasa por las mallas)				
No. 10				
No. 40				
No. 200	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características de la fracción que pasa por la malla No. 40				
Límite líquido	40 máx.	41 mín.	40 máx	41 mín.
Índice de plasticidad	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos usuales de materiales componentes significativos	Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Tasa general de los sobrantes	De mediano a pobre			

*Para *A-7-5*, $PI \leq LL - 30$
†Para *A-7-6*, $PI > LL - 30$

Fuente: Das, B. (2001) *Tabla 2.4 Clasificación de materiales para subrasantes de carreteras* (p.36)

Para la evaluación de la calidad de un suelo como material para subrasante de carreteras se incorpora también un número llamado índice de grupo (IG) junto con los grupos y subgrupos de suelo. Este número se escribe en paréntesis después de la designación de grupo o subgrupo. El índice de grupo está dado por la ecuación:

$$IG=(F-35)[0.2 + 0.005(LL – 40)] + 0.01(F-15)(PI-10)$$

Donde:

F= porciento que pasa la malla N°200.

LL= límite líquido.

PI= índice de Plasticidad.

Reglas para determinar el índice de grupo (IG):

- Si la ecuación da un valor negativo para IG, éste se toma igual a 0.
- El índice de grupo calculado con la ecuación se redondea al número entero más cercano.
- No hay un límite superior para el índice de grupo.
- El índice de grupo de suelos que pertenece a los grupos A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-5, y A-3 siempre es 0.
- Al calcular el índice de grupo para suelos que pertenecen a los grupos A-2-6 y A-2-7, use el índice de grupo parcial IP, o

$$IG = 0.01(F-15)(IP-10)$$

Según los esquemas N°4 y 5, se puede indicar:

Se evaluaron cada una de las características indicadas, evaluando los parámetros y valores obtenidos en los ensayos de laboratorio y poder finalmente obtener el grupo e índice de Grupo (IG). A continuación se detallará la clasificación obtenida por el método AASHTO para las prospecciones de campo estudiadas (Trinchera N°01 y Calicata N°02).

- **Para la prospección de campo trinchera N°01 – E01 (1.10 x 1.90).**
  - Clasificación de Grupo: **A-2-6.**
  - Índice de Grupo: **0**, por ende el suelo es **A-2-6 (0).**

- **Para la prospección de campo calicata N°02 – E02 (1.80 x 1.80).**
  - Símbolo del grupo: **A-2-6.**
  - Índice de grupo: **2**, por ende el suelo es **A-2-6 (2).**

- **Para la prospección de campo calicata N°02 – E03 (1.80 x 1.80).**
  - Símbolo del grupo: **A-2-6.**
  - Índice de grupo: **0**, por ende el suelo es **A-2-6 (0).**

COMPRESIÓN TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (UU)

REFERENCIA

ASTM D-2850, NTP 339.164, J. E. Bowles (Exp. N°15), MTC E 123-2000

1° OBJETO.

Aprender y aplicar el ensayo de comprensión triaxial no consolidado no drenado (UU) a fin de obtener los parámetros de Resistencia Cortante que son: el ángulo de fricción interna (ϕ) y la cohesión (C). Los valores así obtenidos pueden emplearse en diferentes análisis de estabilidad como por ejemplo en fundaciones de estructuras, en cortes y taludes o en estructuras de retención, problemas en los cuales la resistencia del suelo a corto y largo plazo, tiene importancia significativa.

2° FINALIDAD Y ALCANCE.

TERMINOLOGIA

Falla: Es la condición de los esfuerzos durante la falla de un espécimen de prueba. La falla corresponde a la máxima diferencia del esfuerzo principal (el esfuerzo desviador) alcanzada ó la diferencia de los esfuerzos principales (el esfuerzo desviador) a la deformación axial al 15%, el que se obtiene primero durante el rendimiento de una prueba.

La resistencia a la compresión no drenada - no consolidada: Es el valor de la diferencia de los esfuerzos principales (el esfuerzo desviador) durante la falla.

3° EQUIPOS, MATERIALES E INSUMOS.

EQUIPOS

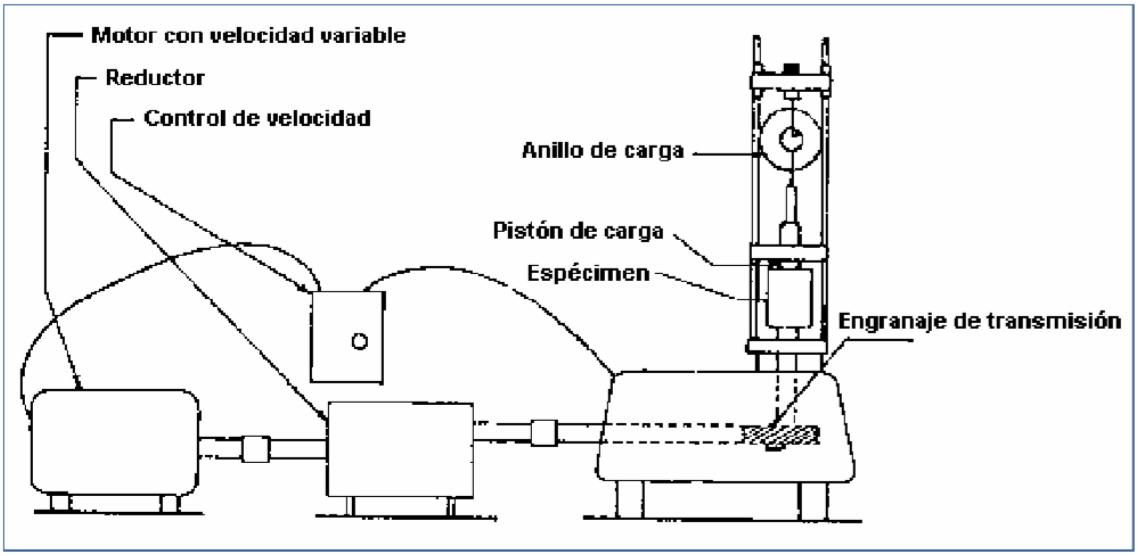
Dispositivo de carga axial. El dispositivo de carga axial puede ser cualquier aparato de compresión con la suficiente capacidad y el adecuado control, para proporcionar la velocidad de carga en el cual sean mínimas las vibraciones debidas a su operación.

A manera de ejemplo, se muestra en la Figura 79 un aparato para este propósito, el cual puede consistir de una báscula de plataforma con yugo de carga accionado por un gato de tornillo, un aparato de carga muerta, un dispositivo de carga hidráulica, un tornillo accionado por un motor de velocidad variable o cualquier otro sistema de compresión (de esfuerzo o de deformación controlada), que tenga la suficiente capacidad y precisión adecuada.

El dispositivo para medir la carga axial, puede consistir en un anillo de carga capaz de medir con aproximación de 1,1 N (0,25 lb) o a valores de carga dentro del 1,0 % de la carga anticipada, cualquiera que sea la mayor. Cuando se emplee un anillo de carga, normalmente éste se hallará montado en la parte exterior de la cámara de presión. Puede emplearse también una celda electrónica para medir las cargas axiales aplicadas a la probeta de ensayo como se muestra en la Figura 80. Dicha celda deberá montarse en el interior de la cámara triaxial y, cuando se la emplee, se necesitará además el siguiente equipo electrónico accesorio para indicar la carga:

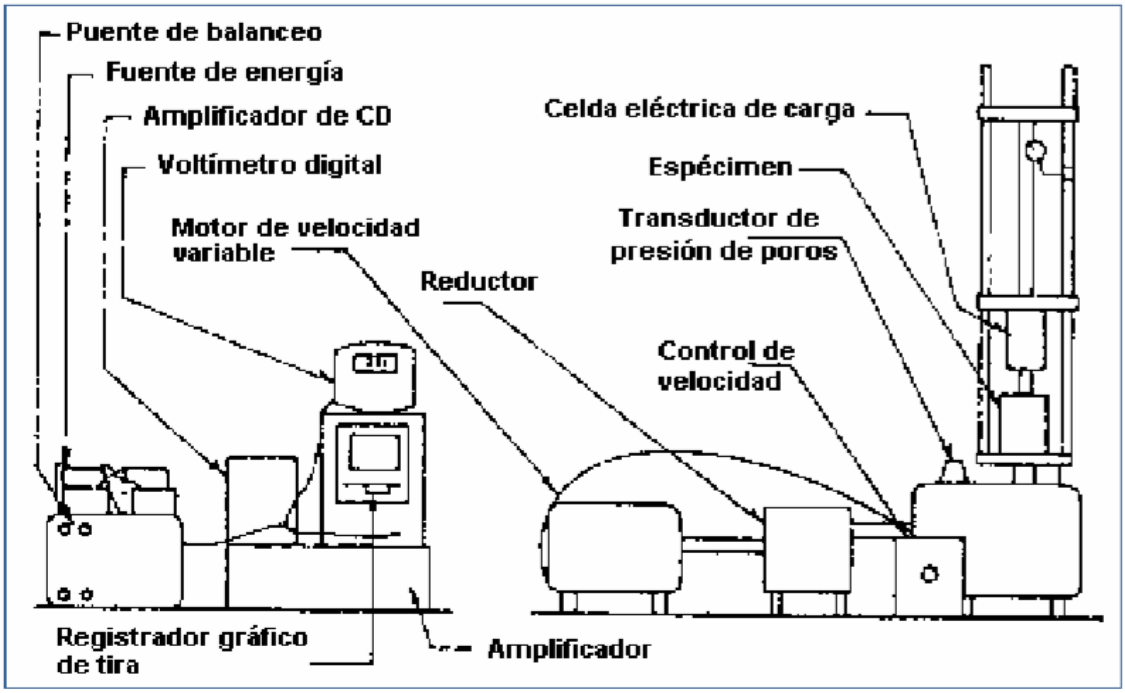
- **Amplificador.** Que aumente, las señales eléctricas de la cámara de carga de manera que sean suficientemente grandes para que puedan ser detectadas mediante un voltímetro digital o un registrador gráfico de tira.
- **Fuente de potencia.** De voltaje constante para excitar la celda de carga o el transductor de presión.
- **Puente de balanceo.** Para balancear los circuitos eléctricos del sistema de medida
- **Voltímetro.** Digital o registrador gráfico, para medición de la carga o presión.

Figura N°79. Dispositivo típico de carga.



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016) *Figura 1: Dispositivo típico de carga* (p.236)

Figura N°80. Aparato de carga con equipo electrónico accesorio.



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016) *Figura 2: aparato de carga con equipo electrónico accesorio* (p.236)

- **Indicador de deformación.** El indicador de deformación deberá ser un extensiómetro de dial con graduaciones equivalentes a 0,02 mm (0,001") y que tenga un recorrido mínimo del 20 % de la longitud de la probeta de ensayo u otro dispositivo de medida que cumpla con estos requisitos generales.

- Equipo para tallar las probetas. Este equipo incluye un marco, herramientas apropiadas para desbastar y tallar, calibrador Vernier que pueda medir las dimensiones de la muestra con aproximación a 0,25 mm (0,01"), un cortador de muestras, un dispositivo para cortar los extremos, y un extractor de muestras.

- Aparato de presión de poros. Este aparato puede consistir en un manómetro cerrado, un indicador de cero presiones, o un transductor de presión. Cuando se emplee este último, podrá utilizarse con el mismo equipo electrónico usado para monitorear las cargas.

- Estufa para secamiento. Un horno termostáticamente controlado que pueda mantener una temperatura de 110 ±5°C para determinar el contenido de humedad de los especímenes.

- Balanzas. Para muestras cuyo peso sea inferior a 100 g, deberá utilizarse una balanza con precisión de 0,01 g, y para muestras de 100 g o más, una balanza con precisión de 0,1 g.

- Cámara de compresión triaxial. Empleada para contener el espécimen y el fluido de confinamiento, durante el ensayo. Las partes accesorias asociadas con la cámara incluyen: placa para base de la muestra, piedra porosa, dos placas lubricadas para base, anillos en O u otro tipo de sellos, válvulas de cierre, placa superior, tubos de plástico para drenaje resistente a la temperatura, tapa superior, pistón de carga, membrana de caucho, papel de filtro, dial con su soporte, etc.

- Misceláneos. Estos incluyen una bomba de vacío y un aparato de presión con sus respectivos manómetros y reguladores, un dilatador de membrana, recipientes para de determinaciones humedad, y los formatos de informe que se requieran.

4. MUESTRA

4.1 PREPARACIÓN DEL ENSAYO

Tamaño de la probeta. Los especímenes deberán tener un diámetro mínimo de 33 mm (1,3") y el mayor tamaño de partícula dentro de la muestra de ensayo deberá ser menor que 1/10 de su diámetro. Para muestras con diámetro de 71 mm (2,8") o más, la partícula mayor deberá ser menor que 1/6 del diámetro. Si después de la conclusión del ensayo de una muestra inalterada, se encuentran

partículas de mayor tamaño, deberán hacerse las anotaciones correspondientes en el informe. La relación altura – diámetro (H/D) debe estar entre 2 y 2,5, siendo preferible 2, valor que puede disminuirse hasta 1,25 cuando se usen placas lubricadas. Deberán efectuarse las mediciones con aproximación a 0,10 mm (0,05") empleando un calibrador Vernier u otro dispositivo adecuado.

Muestras inalteradas. Pueden prepararse muestras inalteradas a partir de muestras de mayor tamaño o de muestras obtenidas de acuerdo con la norma MTC E120, Muestreo de suelos con tubos de pared delgada.

- Cuando se reciben tubos con muestras en el laboratorio, éstas se sacan por extrusión mediante una gata u otro método que no las altere.
- Se toman muestras para determinar la humedad, y se cortan especímenes de la longitud deseada; se identifica el suelo visualmente con ayuda de la Norma INV E-102-07 Procedimiento normal para la descripción e identificación de suelos (Procedimiento visual y manual), y se recubren los especímenes con parafina, manteniéndolos en una cámara húmeda y fría hasta que vayan a ser ensayados.
- Corte:

  Las muestras de tubo podrán ensayarse sin ser desbastadas, excepto para emparejar los extremos, si las condiciones de la muestra así lo exigen. Si es necesario desbastarlas, deberán manejarse con cuidado para evitar su alteración y cambios en la sección transversal o pérdida de humedad. El corte, en cuanto sea posible, deberá efectuarse en una cámara con humedad controlada procurando evitar a toda costa cualquier cambio en la humedad.

  El molde del desbastador de muestras se construye en tal forma que el cortador cilíndricamente, sin movimiento horizontal alguno. El diámetro interior del cortador deberá ser alrededor de 0,13 mm (0,005") mayor que el diámetro deseado del espécimen de ensayo, excepto para una longitud de 3,2 mm (1/8") en el extremo del corte, donde dicho diámetro deberá ser igual al de la probeta. Céntrese la muestra bajo el cortador y bájese hasta la parte deseada, aflojando las tuercas de las aletas.

Después de que este en posición, empújese el cortador lentamente hacia abajo dentro de la muestra, simultáneamente recórtese el exceso de suelo empleando un cuchillo para carne. Cuando se haya bajado el marco a su posición final y se halle el cortador lleno con suelo, remuévase éste y sáquese por extrusión el espécimen mediante el bloque de extrusión. Para asegurar la menor alteración posible, el cortador deberá tener un recubrimiento de baja fricción. Si la superficie de la muestra extraída no es lisa, se emplean pedazos de los recortes de suelo para llenar cualquier vacío.

Después de esto, empújese suavemente el cortador sobre la muestra para garantizar una vez más un espécimen del tamaño adecuado. Cualquier otro método de desbaste será aceptable siempre que, para el material ensayado, sólo produzca una alteración mínima en la muestra.

Colóquese el espécimen en el aparato para cortar los extremos y desbástese de manera que estos sean perpendiculares al eje longitudinal de la muestra circular uniforme.

- Efectúense varias medidas del diámetro (1 cada 120º) y de la altura (1 a cada ¼ de altura) de la muestra y determínese el peso del espécimen de ensayo. Si no se emplea la muestra completa para la determinación de humedad, tómese con este objeto una muestra representativa de los recortes y colóquese inmediatamente en un recipiente cubierto.

Muestras remoldeadas. Pueden prepararse especímenes a partir de una muestra inalterada fallada o de una alterada. El método de moldeo y la compactación pueden variarse para producir el peso unitario, la humedad y la estructura del suelo deseadas. Si las muestras no son moldeadas al tamaño requerido, el equipo empleado para desbastar muestras de suelo inalteradas puede emplearse también para las de material remoldeado. Cualquier método empleado para remoldear material que muestre resultados de ensayo similares, es satisfactorio.

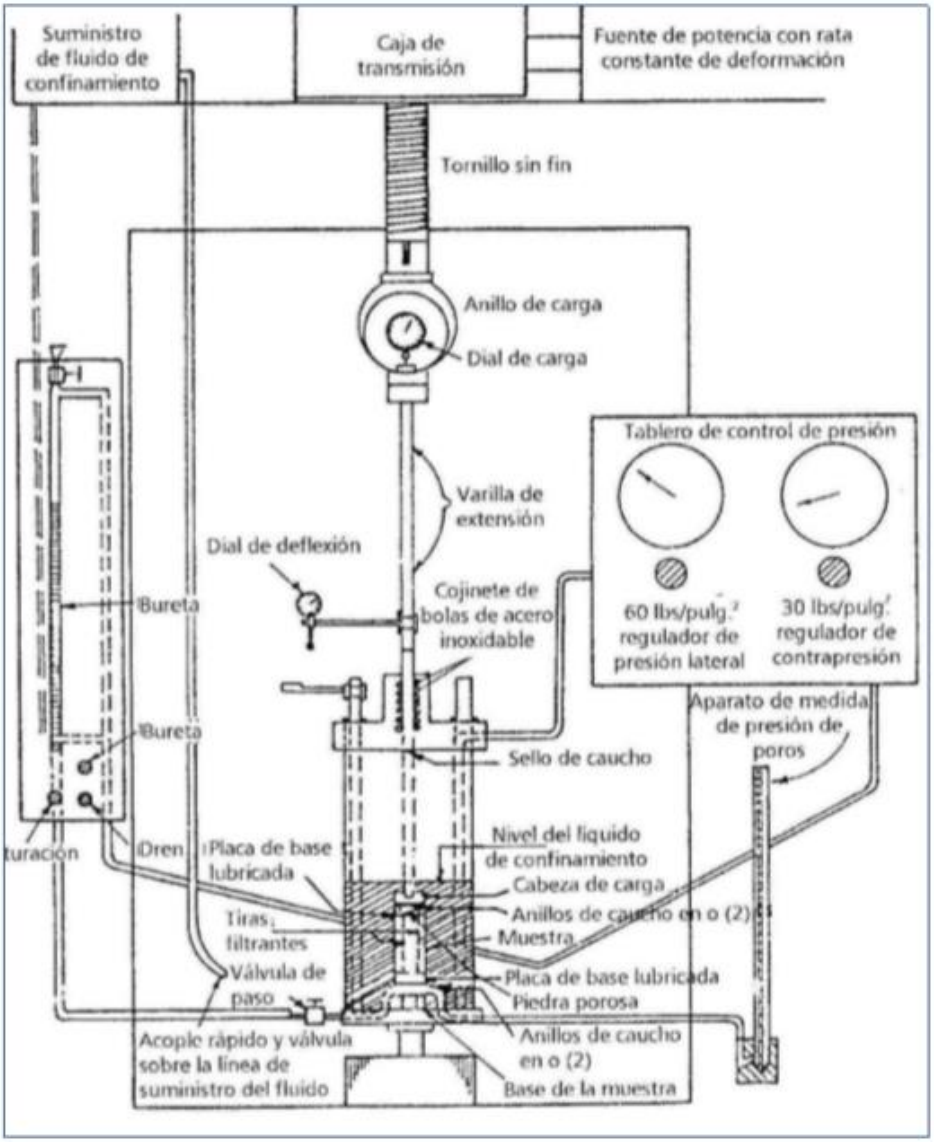
5. PROCEDIMIENTO.

Prepárese el pedestal en la siguiente forma:

- Colóquese una piedra porosa sobre el pedestal (véase la Nota 2 más adelante).
- Colóquese un disco pulido de plexiglas o de teflón ligeramente mayor que la muestra sobre la piedra porosa en el pedestal y cúbrase tal disco con una película delgada de grasa de silicona. El disco engrasado se emplea para reducir la fricción entre la muestra y la tapa del extremo y permitir así una deformación más uniforme. Colóquese la muestra sobre este disco. . Si se usa una relación H/D de 2,0 o mayor, los discos pulidos no se necesitan.
- Empleando un dilatador de membranas al vacío, colóquese sobre la muestra una membrana delgada e impermeable, asegurándola con anillos en O u otros sellos de presión alrededor de la membrana, a la altura del pedestal, para proporcionar un sello efectivo. Colóquese un disco pulido, engrasado, una piedra porosa y el cabezote superior sobre el espécimen. Colóquense anillos en O u otros sellos de presión alrededor de la membrana en el cabezote superior, con el fin de proporcionar un sello efectivo en el extremo de la muestra. Colóquese el cilindro hueco sobre la base y asegúrese.
- Colóquese el pistón de carga dentro de la cámara a través de la guía y bájese hasta que entre, pero sin que toque la depresión de la cabeza. Asegúrese el pistón de carga con el dispositivo de fijación.
- Colóquese la cámara con la muestra en el dispositivo de carga, y llénese con fluido. Aplíquese, mediante el regulador de presión, una presión lateral aproximadamente igual a la presión de confinamiento soportada por el suelo a la profundidad a la cual fue tomada la muestra.
- Póngase en movimiento el aparato de carga y déjese funcionar por algunos minutos, a la velocidad de ensayo deseada, para compensar cualquier efecto separado o combinado, por fricción o por empuje, debido a la presión de la cámara.

- Anótese la lectura cero de los dispositivos de medida de carga y deformación, cuando el pistón se ponga en contacto con la cabeza de compresión.

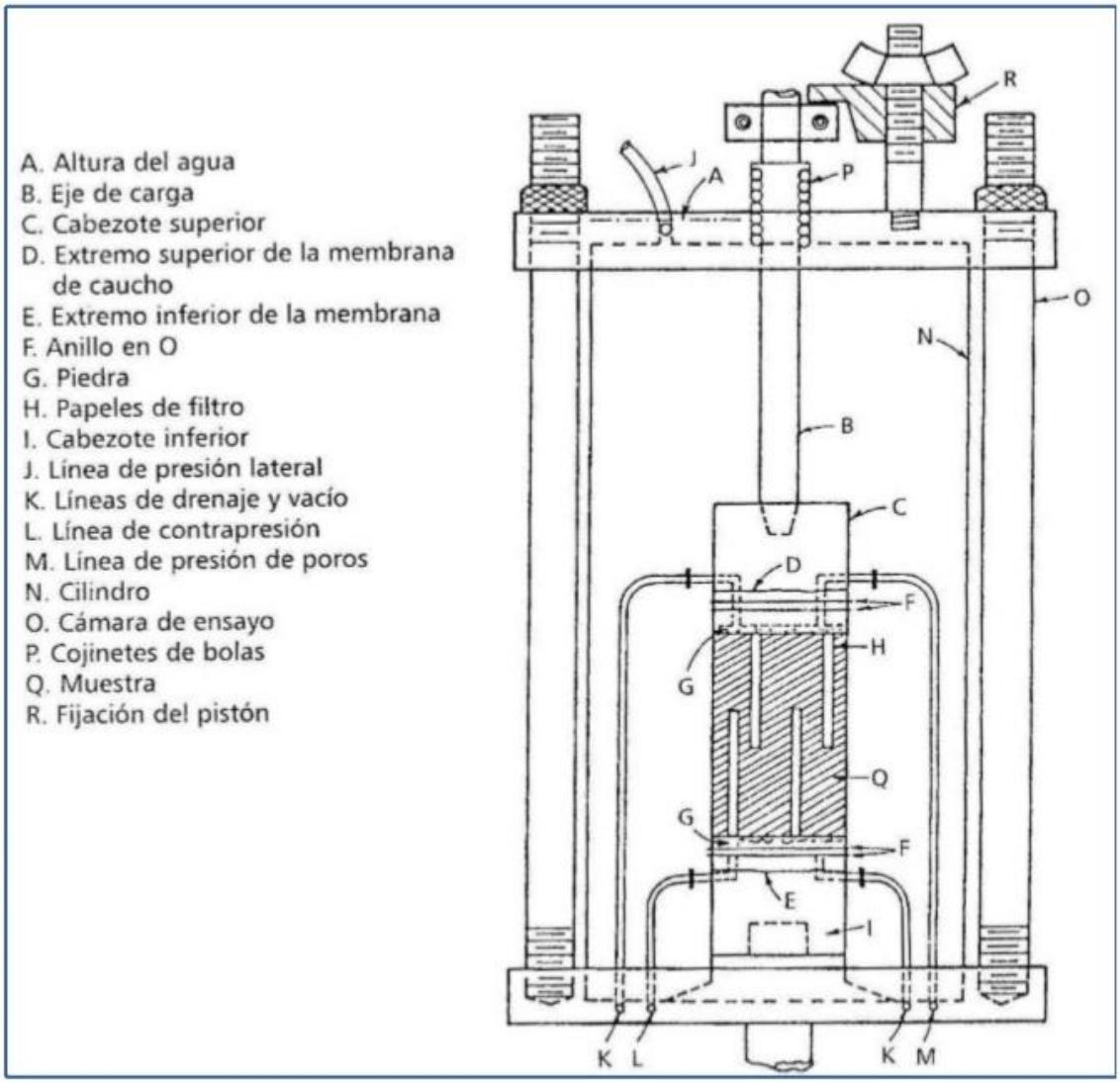
Figura N°81. Esquema típico de un aparato triaxial.



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016) *Figura 3: Esquema típico de un aparato triaxial* (p.241)

Anótense las lecturas de carga y deformación a intervalos suficientemente pequeños, para definir exactamente la curva esfuerzo-deformación. La razón de deformación deberá hallarse dentro del rango de 0,3 a 1,0 por ciento por minuto; se recomienda una rata de 0,5 por ciento. El criterio de falla deberá ser el del valor máximo del esfuerzo desviador en el supuesto de que ocurra un máximo. Si no puede establecerse un máximo definido y el esfuerzo desviador continúa aumentando con la deformación, se toma la falla como el esfuerzo desviador a un 20 % de deformación. Si se miden presiones de poros, la relación máxima de esfuerzos principales efectivos, puede adoptarse como criterio de falla.

Figura N°82. Aparato para ensayo triaxial.



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016) *Figura 3A: Aparato para el ensayo triaxial* (p.242)

Después de la falla, quítese toda presión y drénese el fluido de confinamiento de la cámara. Desmóntese el aparato de ensayo, examínese la muestra y hágase un esquema del tipo de falla; pésese para secarla con el fin de determinar la humedad y el peso unitario.

Nota 2. En lugar de la piedra porosa y de los discos pulidos requeridos podrá emplearse un espaciador adecuado de plexiglas pulido o de un, material similar.

6. CALCULOS E INFORME.

Calcúlese la deformación axial, para una carga dada, así:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Donde:

DL = Cambio de longitud del espécimen determinado a partir del indicador de deformación.

Lo = Longitud del espécimen después de la consolidación.

Calcúlese el área promedio de la sección transversal A, para una carga dada, así:

$$A = \frac{A_0}{(1-\varepsilon)}$$

Donde:

Ao = Área inicial de la sección transversal promedio del espécimen, y

ε = Deformación axial para una carga dada.

El esfuerzo desviador, por área unitaria, para una carga dada es:

$$\sigma_d = \frac{P}{A}$$

Donde:

P = Carga desviadora aplicada.

A = Área promedio de la correspondiente sección transversal.

Dibújese la curva esfuerzo-deformación con el esfuerzo desviador como ordenada y la correspondiente deformación como abscisa.

Utilícese el valor de s1 - s3 en el punto de falla para dibujar en el formato del ensayo, el diámetro del círculo de Mohr. Localícese el centro del circulo de Mohr en un punto que tenga el valor de s3 + ½ (s1 - s3) a lo largo del eje del esfuerzo total.

Ensáyense al menos tres muestras diferentes del material con distintas presiones laterales (s3). Dibújense los círculos de Mohr para cada muestra y trácese una línea tangente a los círculos que intercepté al eje vertical del esfuerzo de corte.

7. PRECISION Y DISPERSION.

Precisión. No se presentaron los datos de prueba sobre la precisión debido a la naturaleza de los materiales del suelo ensayados mediante este procedimiento.

Dispersión. No hay ningún valor de referencia aceptado para este método de prueba; por lo tanto, no se podrán determinar la dispersión.

Aplicación del ensayo en el laboratorio geotecnico del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI):

Este ensayo se mandó a realizar en el laboratorio geotecnico del CISMID-UNI en la ciudad de Lima. Para ello el tesista realizó una prospección geotécnica de campo en la calicata N°2 (C-2), donde se extrajo una muestra inalterada a una profundidad de 1.35m, considerando a esta profundidad el tipo de material de suelo mas crítico y predominante en el Área de Investigación. Luego la muestra inalterada fue encajonada, parafinada y protegida con yute para conservar su estado natural, sellándola en el cajón cubierta a los costados por acerrín. Posteriormente se traslado la muestra inalterada en un vehículo personal con el máximo cuidado posible hasta el laboratorio geotécnico del CISMID-UNI en la ciudad de Lima. Allí se dejo la muestra y se procedió a esperar los resultados de la caracterización geotécnica y del ensayo de compresión triaxial por un plazo de 2 semanas. A continuación se detallará el panel fotográfico y las hojas de cálculo reportadas.

PANEL FOTOGRÁFICO



Figura N°83. Vista del tesista realizando la prospección de campo (excavación manual) en la calicata N°02 con ayuda de un poblador (peón) en el área de investigación.



Figura N°84. Vista de la muestra inalterada extraída de la calicata N°02 (estrato N°02 a 1.35m de profundidad)



Figura N°85. Vista del tesista con la muestra inalterada encajonada en el área de investigación.



Figura N°86. Vista del tesista con la muestra inalterada encajonada e identificada lista para ser trasladada al laboratorio geotécnico del CISMID-UNI.



Figura N°87. Vista del tesista en el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) de la Facultad de Ingeniería Civil (FIC) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

Reporte de resultados.

A continuación se mostrará la hoja de cálculo y resultados del ensayo de compresión triaxial no consolidado – no drenado (UU) obtenidos en el laboratorio geotécnico del CISMID-UNI, para mayor información revisar los anexos donde se adjuntará las fichas completas con el análisis del ensayo y la caracterización geotécnica:

Figura N°88. Ficha de resumen de la caracterización geotécnica de la muestra inalterada de la calicata N°02 (C-2).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres
Laboratorio Geotécnico

ENSAYOS DE LABORATORIO

Informe Nº	: LG19-007	Fecha : Febrero, 2019
Solicitante	: BACH. JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO	
Proyecto	: Análisis Bidimensional de Estabilidad del Talud en la Falla Goelógica por el Método de Equilibrio Límite de la Progresiva Km. 37+700 al Km. 37+800 (Ruta Nacional PE+18A), en Pachachupán , 2018	
Ubicación	: Centro Poblado de Pachachupan, Dist. Chinchao, Prov. y Región Huánuco	

Identificación

Sondaje	: C - 2
Muestra	: ---
Profundidad (m)	: 1.35

Clasificación

AASHTO	: A-7-6 (12)
SUCS	: CL / Arcilla delgada arenosa

Peso volumétrico

Humedad	: 21.7 %
Densidad húmeda	: 1.85 g/cm³

Observaciones :
La muestra han sido identificada y entregada por el solicitante.

Fuente: Laboratorio geotécnico del CISMID-UNI

Figura N°89. Hoja de cálculo del ensayo de compresión triaxial (UU) para la presión de celda de 1kg/cm2.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil
Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres
Laboratorio Geotécnico

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL

No Consolidado - No Drenado (UU) // ASTM - D2850

Informe Nº : LG19-007 Fecha : Febrero, 2019
Solicitante : BACH. JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO
Proyecto : Análisis Bidimensional de Estabilidad del Talud en la Falla Goelógica por el Método de Equilibrio Límite de la Progresiva Km. 37+700 al Km. 37+800 (Ruta Nacional PE+18A), en Pachachupán , 2018
Ubicación : Centro Poblado de Pachachupan, Dist. Chinchao, Prov. y Región Huánuco

Sondaje : C - 2 Hoja : 1 de 4
Muestra : --- AASHTO : A-7-6 (12)
Profundidad (m) : 1.35 SUCS : CL // Arcilla delgada arenosa
Estado : Remoldeado Velocidad : 0.5 mm/min

PRESION DE CELDA : 1 kg/cm²

Datos iniciales del especímen
Diámetro : 5 cm
Altura : 10 cm Humedad final : 34.1 %
Humedad : 21.7 %
Densidad seca : 1.44 g/cm³

Cuadro de detalle al aplicar el esfuerzo desviador

Deformación (%)	Esf. Desv. (kg/cm²)	σ_1 (kg/cm²)	p (kg/cm²)	q (kg/cm²)	q/p	Oblicuidad (σ_1/σ_3)
0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.05	0.09	1.09	1.05	0.05	0.04	1.09
0.10	0.09	1.09	1.05	0.05	0.04	1.09
0.20	0.09	1.09	1.05	0.05	0.04	1.09
0.35	0.09	1.09	1.05	0.05	0.04	1.09
0.50	0.09	1.09	1.05	0.05	0.04	1.09
0.75	0.09	1.09	1.05	0.05	0.04	1.09
1.00	0.09	1.09	1.05	0.05	0.04	1.09
1.25	0.09	1.09	1.05	0.05	0.04	1.09
1.50	0.09	1.09	1.05	0.05	0.04	1.09
1.75	0.09	1.09	1.05	0.05	0.04	1.09
2.00	0.09	1.09	1.05	0.05	0.04	1.09
2.50	0.09	1.09	1.05	0.05	0.04	1.09
3.00	0.09	1.09	1.05	0.05	0.04	1.09
3.50	0.18	1.18	1.09	0.09	0.08	1.18
4.00	0.18	1.18	1.09	0.09	0.08	1.18
4.50	0.18	1.18	1.09	0.09	0.08	1.18
5.00	0.18	1.18	1.09	0.09	0.08	1.18
6.00	0.18	1.18	1.09	0.09	0.08	1.18
7.00	0.18	1.18	1.09	0.09	0.08	1.18
8.00	0.28	1.28	1.14	0.14	0.12	1.28
9.00	0.28	1.28	1.14	0.14	0.12	1.28
10.00	0.28	1.28	1.14	0.14	0.12	1.28
11.00	0.37	1.37	1.18	0.18	0.16	1.37
12.00	0.37	1.37	1.18	0.18	0.16	1.37

Observaciones :
La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Material que pasa el tamiz Nº 4, humedad = 21.7%, densidad seca = 1.52g/cm³, los datos del remoldeo han sido obtenidos del ensayo peso vlumétrico (humedad = 21.7%; densidad húmedad = 1.85g/cm³), ya que la muestra no pudo ser tallada por la presencia de gravillas. Los datos de remoldeo son responsabilidad del solicitante.

Fuente: Laboratorio geotécnico del CISMID-UNI

Figura N°90. Hoja de cálculo del ensayo de compresión triaxial (UU) para la presión de celda de 2kg/cm2.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil
Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres
Laboratorio Geotécnico

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL

No Consolidado - No Drenado (UU) // ASTM - D2850

Informe Nº : LG19-007 Fecha : Febrero, 2019
Solicitante : BACH. JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO
Proyecto : Análisis Bidimensional de Estabilidad del Talud en la Falla Goelógica por el Método de Equilibrio Límite de la Progresiva Km. 37+700 al Km. 37+800 (Ruta Nacional PE+18A), en Pachachupán , 2018
Ubicación : Centro Poblado de Pachachupan, Dist. Chinchao, Prov. y Región Huánuco

Sondaje : C - 2 Hoja : 2 de 4
Muestra : --- AASHTO : A-7-6 (12)
Profundidad (m) : 1.35 SUCS : CL // Arcilla delgada arenosa
Estado : Remoldeado Velocidad : 0.5 mm/min

PRESION DE CELDA : 2 kg/cm²

Datos iniciales del especímen
Diámetro : 5 cm
Altura : 10 cm Humedad final : 33.1 %
Humedad : 21.7 %
Densidad seca : 1.44 g/cm³

Cuadro de detalle al aplicar el esfuerzo desviador

Deformación (%)	Esf. Desv. (kg/cm²)	σ_1 (kg/cm²)	p (kg/cm²)	q (kg/cm²)	q/p	Oblicuidad (σ_1/σ_3)
0.00	0.00	2.00	2.00	0.00	0.00	1.00
0.05	0.19	2.19	2.09	0.09	0.05	1.09
0.10	0.24	2.24	2.12	0.12	0.06	1.12
0.20	0.28	2.28	2.14	0.14	0.07	1.14
0.35	0.28	2.28	2.14	0.14	0.07	1.14
0.50	0.24	2.24	2.12	0.12	0.06	1.12
0.75	0.24	2.24	2.12	0.12	0.06	1.12
1.00	0.24	2.24	2.12	0.12	0.06	1.12
1.25	0.24	2.24	2.12	0.12	0.06	1.12
1.50	0.24	2.24	2.12	0.12	0.06	1.12
1.75	0.24	2.24	2.12	0.12	0.06	1.12
2.00	0.24	2.24	2.12	0.12	0.06	1.12
2.50	0.24	2.24	2.12	0.12	0.06	1.12
3.00	0.28	2.28	2.14	0.14	0.07	1.14
3.50	0.28	2.28	2.14	0.14	0.07	1.14
4.00	0.28	2.28	2.14	0.14	0.07	1.14
4.50	0.33	2.33	2.17	0.17	0.08	1.17
5.00	0.33	2.33	2.17	0.17	0.08	1.17
6.00	0.38	2.38	2.19	0.19	0.09	1.19
7.00	0.38	2.38	2.19	0.19	0.09	1.19
8.00	0.38	2.38	2.19	0.19	0.09	1.19
9.00	0.42	2.42	2.21	0.21	0.10	1.21
10.00	0.42	2.42	2.21	0.21	0.10	1.21
11.00	0.42	2.42	2.21	0.21	0.10	1.21
12.00	0.42	2.42	2.21	0.21	0.10	1.21

Observaciones :
La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Material que pasa el tamiz Nº 4, humedad = 21.7%, densidad seca = 1.52g/cm³, los datos del remoldeo han sido obtenidos del ensayo peso vlumétrico (humedad = 21.7%; densidad húmedad = 1.85g/cm³), ya que la muestra no pudo ser tallada por la presencia de gravillas. Los datos de remoldeo son responsabilidad del solicitante.

Fuente: Laboratorio geotécnico del CISMID-UNI

Figura N°91. Hoja de cálculo del ensayo de compresión triaxial (UU) para la presión de celda de 4kg/cm2.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil
Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres
Laboratorio Geotécnico

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL

No Consolidado - No Drenado (UU) // ASTM - D2850

Informe Nº : LG19-007 Fecha : Febrero, 2019
Solicitante : BACH. JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO
Proyecto : Análisis Bidimensional de Estabilidad del Talud en la Falla Goelógica por el Método de Equilibrio Límite de la Progresiva Km. 37+700 al Km. 37+800 (Ruta Nacional PE+18A), en Pachachupán , 2018
Ubicación : Centro Poblado de Pachachupan, Dist. Chinchao, Prov. y Región Huánuco

Sondaje : C - 2 Hoja : 3 de 4
Muestra : --- AASHTO : A-7-6 (12)
Profundidad (m) : 1.35 SUCS : CL // Arcilla delgada arenosa
Estado : Remoldeado Velocidad : 0.5 mm/min

PRESION DE CELDA : 4 kg/cm²

Datos iniciales del especimen
Diámetro : 5 cm
Altura : 10 cm Humedad final : 33.3 %
Humedad : 21.7 %
Densidad seca : 1.44 g/cm³

Cuadro de detalle al aplicar el esfuerzo desviador

Deformación (%)	Esf. Desv. (kg/cm²)	σ_1 (kg/cm²)	p (kg/cm²)	q (kg/cm²)	q/p	Oblicuidad (σ_1/σ_3)
0.00	0.00	4.00	4.00	0.00	0.00	1.00
0.05	0.15	4.15	4.07	0.07	0.02	1.04
0.10	0.25	4.25	4.12	0.12	0.03	1.06
0.20	0.30	4.30	4.15	0.15	0.04	1.07
0.35	0.35	4.35	4.17	0.17	0.04	1.09
0.50	0.40	4.40	4.20	0.20	0.05	1.10
0.75	0.45	4.45	4.22	0.22	0.05	1.11
1.00	0.45	4.45	4.22	0.22	0.05	1.11
1.25	0.45	4.45	4.22	0.22	0.05	1.11
1.50	0.40	4.40	4.20	0.20	0.05	1.10
1.75	0.40	4.40	4.20	0.20	0.05	1.10
2.00	0.35	4.35	4.17	0.17	0.04	1.09
2.50	0.35	4.35	4.17	0.17	0.04	1.09
3.00	0.35	4.35	4.17	0.17	0.04	1.09
3.50	0.35	4.35	4.17	0.17	0.04	1.09
4.00	0.35	4.35	4.17	0.17	0.04	1.09
4.50	0.40	4.40	4.20	0.20	0.05	1.10
5.00	0.40	4.40	4.20	0.20	0.05	1.10
6.00	0.40	4.40	4.20	0.20	0.05	1.10
7.00	0.45	4.45	4.22	0.22	0.05	1.11
8.00	0.50	4.50	4.25	0.25	0.06	1.12
9.00	0.50	4.50	4.25	0.25	0.06	1.12
10.00	0.55	4.55	4.27	0.27	0.06	1.14
11.00	0.55	4.55	4.27	0.27	0.06	1.14
12.00	0.55	4.55	4.27	0.27	0.06	1.14

Observaciones :
La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Material que pasa el tamiz Nº 4, humedad = 21.7%, densidad seca = 1.52g/cm³, los datos del remoldeo han sido obtenidos del ensayo peso vlumétrico (humedad = 21.7%; densidad húmedad = 1.85g/cm³), ya que la muestra no pudo ser tallada por la presencia de gravillas. Los datos de remoldeo son responsabilidad del solicitante.

Fuente: Laboratorio geotécnico del CISMID-UNI

Figura N°92. Ficha de resultados del ensayo de compresión triaxial (UU).

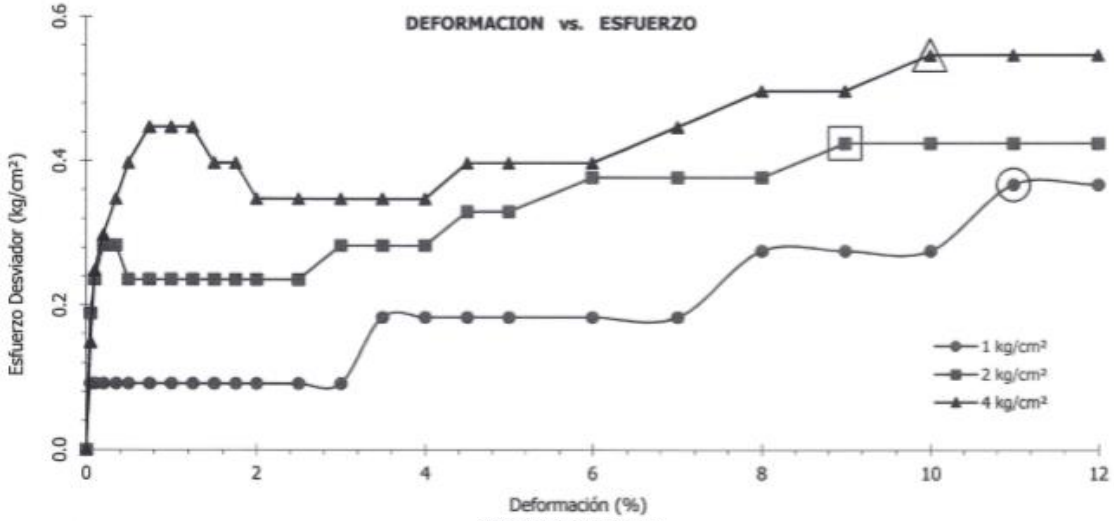
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas
y Mitigación de Desastres
Laboratorio Geotécnico

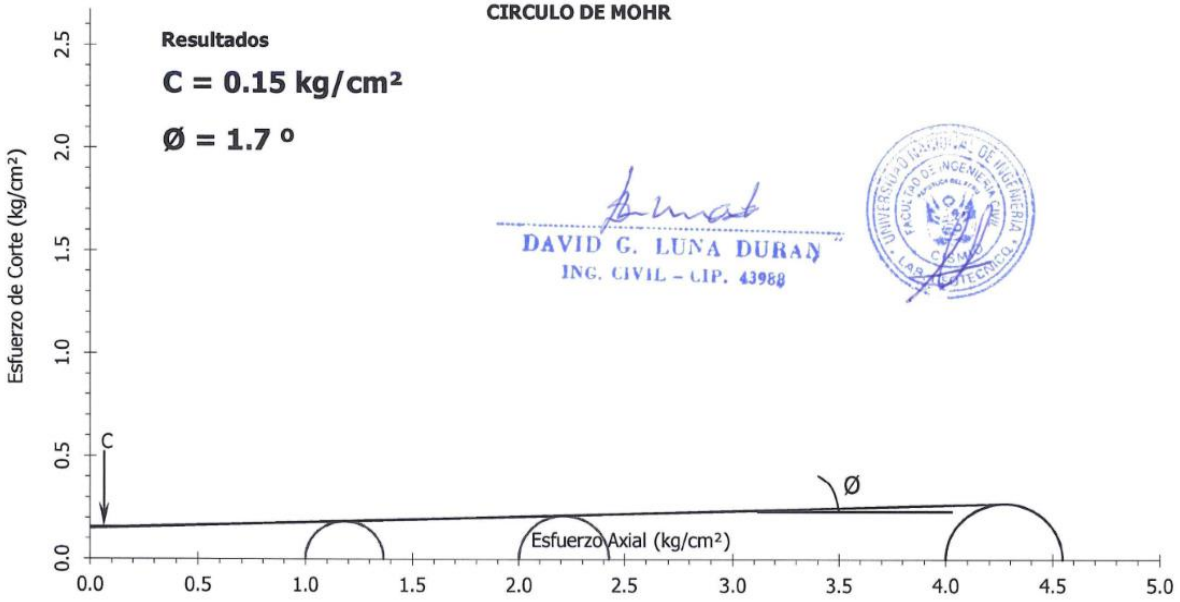
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL

No Consolidado - No Drenado (UU) // ASTM - D2850

Informe Nº	: LG19-007	Fecha : Febrero, 2019
Solicitante	: BACH. JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO	
Proyecto	: Análisis Bidimensional de Estabilidad del Talud en la Falla Goelógica por el Método de Equilibrio Límite de la Progresiva Km. 37+700 al Km. 37+800 (Ruta Nacional PE+18A), en Pachachupán , 2018	
Ubicación	: Centro Poblado de Pachachupan, Dist. Chinchao, Prov. y Región Huánuco	

Sondaje	: C - 2	Hoja : 4 de 4	
Muestra	: ---	AASHTO : A-7-6 (12)	
Profundidad (m)	: 1.35	SUCS : CL // Arcilla delgada arenosa	
Estado	: Remoldeado	Velocidad : 0.5 mm/min	





DAVID G. LUNA DURAN
ING. CIVIL – CIP. 43988

Fuente: Laboratorio geotécnico del CISMID-UNI

3.1.7. Interpretación de la Investigación.

En base a la información indicada en los ítems anteriores respecto al Área de Investigación, se puede resumir y sustentar lo siguiente:

a) Es indispensable realizar estudios multidisciplinarios (Topográfico, Hidrológico, Geológico, Geotécnico y de Amenaza y Riesgo) para el reconocimiento de la Investigación Geotécnica, de esta manera identificar todos los parámetros y características críticas en el Área de Estudio.

b) Para la planificación y elección del muestreo en las prospecciones de campo de la Investigación Geotécnica se deben realizar en base a las disposiciones de la norma actualizada E-050 SUELOS Y CIMENTACIONES 2018.

c) Respecto a los ensayos de laboratorio:

c.1) Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). En base a las pruebas de laboratorio realizadas por el investigador en las prospecciones de campo del área de investigación. Se tiene la siguiente clasificación de Suelos:

- Para la prospección de campo Trinchera N°01 – E01 (1.10 x 1.90).
  Clasificación SUCS. - *Arena mal graduada con arcilla o arcilla limos (SP-SC).*
- Para la prospección de campo Calicata N°02 – E02 (1.80 x 1.80).
  Clasificación SUCS. - *Arena arcillosa (SC).*
- Para la prospección de campo Calicata N°02 – E03 (1.80 x 1.80).
  Clasificación SUCS. - *Arena arcillosa con grava (SC)g.*

Como se puede observar en el Área de Investigación los materiales predominantes son la arena (S) y arcilla (C). Y en menores cantidades las gravas (G), Coloides y Limos (M) en ese orden.

c.2) También respecto a la baja plasticidad de las muestras evaluadas en las prospecciones de campo (Trinchera N°01 y Calicata N°02) se fundamenta científicamente en lo siguiente:

En 1953, Skempton observó que el índice de plasticidad de un suelo crece linealmente con el porcentaje de la fracción del tamaño arcilloso (porcentaje de granos más finos que 2µ, en peso) presentes en él. Con base a estos resultados, Skempton definió una cantidad llamada **actividad**, que es la pendiente de la línea que correlaciona el IP con el porcentaje de granos arcillosos más finos que 2µ. Esta actividad se expresa como:

$$A = \frac{PI}{\text{(porcentaje de la fracción de tamaño arcilloso, en peso}}$$

Donde A=actividad. La actividad se usa como índice para identificar el potencial de expansión de los suelos arcillosos en el cuadro N°03 (Mitchell, 1976) se dan valores típicos de actividades para varios minerales arcillosos.

Cuadro N°03. Actividad de minerales de arcilla.

Mineral	Actividad, *A*
Esmectitas	1–7
Ilita	0.5–1
Caolinita	0.5
Haloisita ($2H_2O$)	0.5
Holoisita ($4H_2O$)	0.1
Atapulgita	0.5–1.2
Alófano	0.5–1.2

Fuente: Das, B. (2001) *Tabla 2.3 Actividad de minerales de arcilla* (p.32)

Como la propiedad plástica de los suelos resulta del agua absorbida que rodea a las partículas de arcilla, podemos esperar que el tipo de minerales arcillosos y sus cantidades proporcionales en el suelo afectarán los límites líquido y plástico.

Entonces, aplicando la teoría de Skempton en los resultados procesados de los ensayos de Límites de Atterberg e Hidrometría realizados por el investigador se puede indicar que para la prospección de campo (Calicata N°02, estrato N°02), la actividad del suelo será:

$$A = \frac{30.195}{0.82\%} = 0.4$$

Se tiene una actividad de 0.4 que según el cuadro N°03 tiende a ser un mineral arcilloso de caolinita y/o Haloisita.

Además, para la prospección de campo (Calicata N°02, estrato N°03), la actividad del suelo será:

$$A = \frac{30.0695}{0.17\%} = 1.8$$

Se tiene una actividad de 1.8 que según el cuadro N°03 corresponde a ser un mineral arcilloso de Esmectita.

De esta manera queda demostrado que la plasticidad de un suelo arcilloso se da en función al porcentaje concentrado de minerales arcilloso finos (menores a 2μ) en una muestra representativa a evaluar.

c.3) Para el ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (UU). Se debe considerar lo siguiente:

- La muestra pese a ser extraída de manera inalterada y encajonada en el laboratorio no pudo ser tallada por la presencia de gravillas, por lo cual los datos del remoldeo han sido obtenidos del ensayo de peso volumétrico (humedad = 21.7%; densidad húmeda =1.85g/cm3).
- Para el cálculo del esfuerzo desviador (kg/cm2) y la deformación (%) se trabajó con presiones de celda de 1,2 y 4 kg/cm2.
- Los parámetros de resistencia cortante obtenidos fueron:
  C = 0.15 kg/cm2 y ϕ =1.7°.
- Considerando que aún no hay falla en el talud del área de investigación se consideró la condición pico del esquema deformación vs esfuerzo desviador,

IV. FALLA GEOLÓGICA.

4.1. Concepto Geotécnico.

Las fallas geológicas son fracturas por las que se mueven bloques rocosos. Se producen por fuerzas compresivas en procesos orogénicos, por lo que aparecen asociadas a pliegues, por fuerzas distensivas, por gravedad, o por fuerzas de cizalla. Las fallas son zonas de debilidad y en ellas encajan ríos y forman valles, cañones y cuencas deprimidas que forman lagos.

El plano de falla es la superficie por la que se desplazan los labios o bloques; el bloque que queda por debajo del plano de falla se denomina bloque de muro, y el que queda por encima, bloque de techo. En el plano de falla se observan las estrías de falla, surcos que indican el sentido del desplazamiento de los bloques, el espejo de falla, formado por la fricción entre los bloques y el salto de falla, la distancia entre dos puntos que estaban unidos antes de actuar la falla. El salto

de falla indica el sentido del desplazamiento de un bloque respecto al otro y la tasa del desplazamiento. En el plano de falla se forma la brecha de falla, un material triturado por la fricción producida por el desplazamiento de los bloques. El desnivel en el terreno originado por el desplazamiento en vertical de uno de los bloques de la falla se denomina escarpe de falla. Produce desniveles en el terreno que en ocasiones originan cascadas de agua.

Las fallas se clasifican atendiendo al sentido del desplazamiento entre los bloques: si es vertical se producen fallas normales o inversas, si es en ángulo, fallas rotacionales y si es horizontal: fallas de desgarre. Las fallas normales, o de gravedad, se producen por fuerzas distensivas y las inversas por fuerzas compresivas y en ellas. frecuentemente el plano de falla es curvo y se deforman las rocas formando el gancho de falla. Los cabalgamientos son fallas inversas de bajo ángulo y en ellos se dan secuencias estratigráficas invertidas, en las que los materiales más antiguos se sitúan por encima de otros más modernos. También, los pliegues se pueden romper produciendo pliegues-falla. Las fallas rotacionales son aquellas en las que uno de los bloques gira respecto al otro al desplazarse por el plano de falla y las de dirección o transcurrentes son fallas de desgarre en las que el plano de falla es vertical y los bloques se desplazan en horizontal, paralelos entre sí. Las fallas transformantes, son fallas en dirección que son límites entre placas tectónicas, o también cortan las dorsales oceánicas.

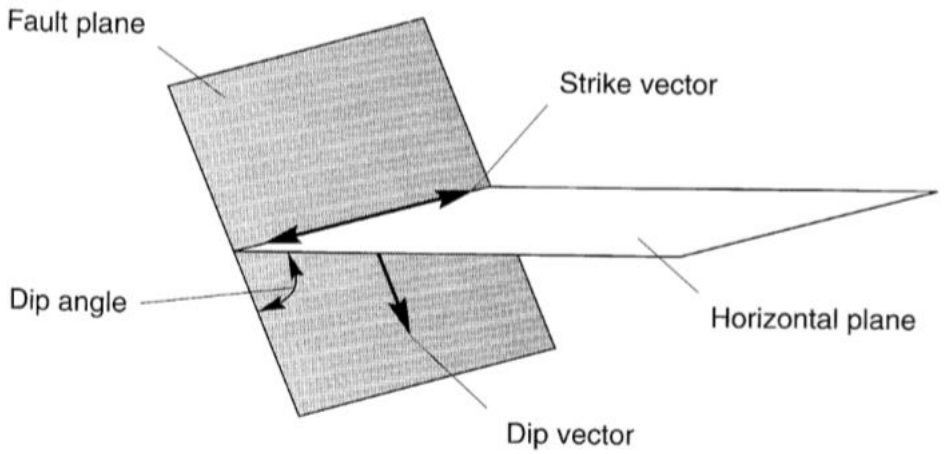
En el continente, el desplazamiento horizontal entre los bloques de las fallas transformantes puede producir secciones deprimidas, depresiones topográficas que se rellenan de agua y de sedimentos, con las llamadas cuencas tectónicas translacionales o pull-apart en inglés. Las fallas activas, en las que hay desplazamiento entre los bloques, son zonas de alta sismicidad y cuando hay movimiento entre los bloques, se producen terremotos. También hay fallas que

estuvieron activas en el pasado en las que ahora no se detecta movimiento y, por lo tanto, no hay actividad sísmica.

4.2. Geometría de la falla.

La notación geológica estándar se usa para describir la orientación de una falla en el espacio. Si bien la superficie de una falla grande puede ser irregular, generalmente puede ser aproximada, al menos en distancias cortas, como un plano. La orientación del plano de falla se describe por su ataque y caída. La huelga de una falla es la línea horizontal producida por la intersección del plano de falla y un plano horizontal como se muestra en la figura 93.

Figura N°93. Notación geométrica para la descripción de la orientación del plano de falla.



Fuente: Kramer, S. (1996) Figura *2.17 Geometric notacion for description of fault plane orientation* (p.34)

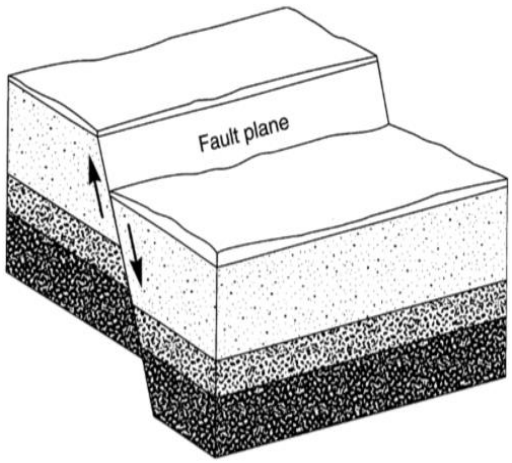
El azimut determinado se utiliza para describir la orientación de la falla con respecto al norte. La pendiente descendente del plano de falla se describe por el ángulo de inclinación, que es el ángulo entre el plano de falla y el plano horizontal medido perpendicular al golpe. Una falla vertical tendría un ángulo de inclinación de 90°.

4.3. Movimiento de falla.

El tipo de movimiento ocurrido en la falla es usualmente reducido a componentes en la dirección de la toma del buzamiento. Mientras algunos movimientos en ambas direcciones son inevitables, los movimientos en una sola dirección u otra generalmente predominarán.

4.3.1. Movimiento de deslizamiento por inclinación. El movimiento de una falla ocurre en la dirección del buzamiento y es referida al movimiento del deslizamiento por inclinación. Existen diferentes tipos acorde a la dirección del movimiento y el ángulo de buzamiento de la falla.

Para nuestro caso en el área de investigación se puede identificar una falla normal. la falla normal ocurre cuando el componente horizontal del movimiento de deslizamiento por inclinación es extensivo y cuando el material está por encima de la falla inclinada (a veces denominado pared colgante). Se mueve hacia abajo en relación con el material debajo de la falla (la pared del pie). La falla normal generalmente se asocia con los esfuerzos tensionales en la corteza y da como resultado un alargamiento horizontal de la corteza.



Fuente: Kramer, S. (1996) Figura *2.18 Normal faulting* (p.35)

Figura N°94. Falla normal en el área de investigación.



Fuente: Elaboración propia.

4.4. Indicadores directos de la falla geológica.

4.4.1. Desplazamientos. El desplazamiento de una unidad geológica o una otra estructura geológica indica la actividad tectónica. Desplazamientos tectónicos en el terreno marcan siempre una falla. Son formado por la fricción entre los bloques y el salto de falla, la distancia entre dos puntos que estaban unidos antes de actuar la falla. A continuación, en la Figura N°93; Se observa el desplazamiento y salto de la falla en un plano de falla evaluado en el área de investigación.

Figura N°95. Desplazamiento y salto de falla en el área de investigación.



Fuente: Elaboración propia.

4.4.2. Estrías. Líneas finas arriba de un plano de falla. Estas líneas indican además la orientación del desplazamiento y posiblemente el sentido. Se encuentra en casi todos los lugares y el reconocimiento es fácil. A continuación, en la figura N°94; se observa la presencia de estrías en el plano de falla de un macizo rocoso que define su sentido y dirección de ésta.

Figura N°96. Vista de estrías que se encuentran en la dirección del plano de falla en el área de investigación.



Fuente: Elaboración propia.

4.4.3. Brechas de falla. Por la energía del movimiento algunas veces las rocas en la zona de falla se rompen y se quiebran, para formar una brecha tectónica o brecha de falla. Brechas de fallas normalmente muestran una dureza menor como las rocas no afectadas. Por eso morfológicamente una brecha de falla se ve como depresión. A continuación, en la figura N°95; se observa la presencia de una brecha de falla (brecha sedimentaria) generada por procesos de intemperización y erosión en el macizo rocoso.

Figura N°97. Vista de las brechas de falla sedimentarias encontradas en el área de investigación.



Fuente: Elaboración propia.

4.4.4. Arrastres. Cerca de una falla las rocas pueden deformarse plásticamente. Se puede observar un leve monoclinal hacia el plano de la falla. Las dimensiones: entre centímetros y metros. Normalmente fallas grandes muestran este fenómeno. Para nuestro caso en el Área de Investigación no se pudo encontrar la formación de arrastres por la la Inactividad de la falla geológica, además de su geometría pequeña (longitud del plano de falla, ancho de la falla geológica, etc.).

4.5. Indicadores directos de la falla geológica.

4.5.1. Morfología. La morfología encontrada en la zona de Falla Geológica fue la siguiente: Área escarpada por procesos de meteorización y erosión con vista de fracturas en diferentes estratos del macizo rocoso. Presencia de Rocas Metamórficas en su mayoría y sedimentarias en menor cantidad. El área colinda con la formación de valles y presencia de vegetación alrededor de la falla.

Figura N°98. Vista del tesista identificando la morfología en la zona de falla geológica.



Fuente: Elaboración propia.

4.5.2. Vegetación. Circundante a la zona crítica de la Falla Geológica se puede observar una gran cantidad de vegetación, en su mayoría conformada por arbustos, gras, árboles y terrenos agrícolas de cultivo.

Figura N°99. Vista del tesista identificando la vegetación en la zona de falla geológica.



Fuente: Elaboración propia.

4.5.3. Manantiales. A lo largo del plano de falla en el Área de Investigación se pudo verificar la ausencia de afluentes o torrentes generados por aguas subterráneas. Sin embargo, cabe recalcar que en épocas de frecuentes y elevadas precipitaciones se forman torrentes que definen su dirección de flujo humedeciendo el suelo en el área de estudio aumentando su permeabilidad y consolidación.

V. PANEL FOTOGRÁFICO (GENERAL).



Figura N°100. Vista panorámica de la falla geológica en el área de investigación.



Figura N°101. Vista panorámica del tesista en el área de investigación (deslizamiento).



Figura N°102. Vista del tesista identificando las características geotécnicas en la zona de falla geológica.



Figura N°103. Vista del tesista en el plano de falla del área de investigación.



Figura N°104. Vista del tesista tomando el largo total de la falla geológica.



Figura N°105. Vista de la toma de la longitud del plano de falla.



Figura N°106. Vista de la medición del azimut y rumbo en el plano de falla encontrado.



Figura N°107. Vista de los procesos de intemperización en el macizo rocoso.



Figura N°108. Vista de los procesos erosivos en el plano de falla de la falla geológica.



Figura N°109. Vista de fisuras y agrietamientos tensionales en las rocas con matrices de arcillas y limos por procesos descomposición o disgregación de sus partículas.

VI. CONCLUSIONES.

- La metodología de investigación geotécnica adoptada por el investigador en el presente estudio es la siguiente: recopilación de la información, reconocimiento geológico, planificación de la exploración y de muestreo, exploración de campo (in-situ), selección de muestras, ensayos de laboratorio, interpretación de la investigación.

- Se consideró toda la información de los estudios multidisciplinarios (topográfico, hidrológico, geológico, de amenaza y riesgo) realizado por el investigador para el desarrollo del estudio geotécnico.

- Se desarrolló la caracterización geotécnica de la falla geológica; identificando sus indicadores directos (desplazamientos, estrías, brechas de falla y arrastres) e indirectos (morfología, vegetación, manantiales). Los datos obtenidos y evaluados serán considerados en el CAPÍTULO IV “RESULTADOS” de la presente tesis.

VII. RECOMENDACIONES.

- Para el análisis de estabilidad de un talud es imprescindible considerar elaborar un estudio geotécnico detallado identificando todas las características geotécnicas y propiedades físicas - geomecánicas en el área de investigación.

- Para la determinación de los parámetros de resistencia de corte en suelos (c y ϕ), pueden realizarse los siguientes ensayos de laboratorio: corte directo, compresión triaxial y compresión simple. Sin embargo; se recomienda realizar un ensayo de compresión triaxial ya que permite determinar no solamente la resistencia cortante, rigidez y características de deformación de una muestra de suelo, sino que también permite medir las características de consolidación y permeabilidad (presión de poros y efectiva). Además, con el ensayo de compresión triaxial se evalua el plano de falla real in situ encontrado en el terreno, a diferencia del Corte Directo en el cual el plano de falla es netamente horizontal. Es decir, es más completa y tiene una mayor probabilidad de precisión y exactitud en sus resultados frente a los demás ensayos.

- Para el desarrollo del presente estudio geotécnico se recomienda a la comunidad universitaria y profesionales en ingeniería civil, consultar y ser asesorados por especialistas en geotecnia, además de tener conocimientos y aptitudes en investigación geotécnica. Habiéndose preparado en eventos nacionales e internacionales para consolidar los conocimientos y aplicarlos en el análisis geotécnico.

VIII. BIBLIOGRAFÍA.

- Bowles, J. (1981). *Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil.* México: McGraw-Hill.

- Cárdenas, J. (2017). *Curso taller estabilidad de taludes, aspectos teóricos, aspectos generales.* [diapositiva]. Lima: Centro de Educación Continua, Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, 33 diapositivas.

- Cárdenas, J. (2017). *Curso taller estabilidad de taludes, aspectos teóricos, movimientos de masa de tierra.* [diapositiva]. Lima: Centro de Educación Continua, Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, 28 diapositivas.

- Cárdenas, J. (2017). *Curso taller estabilidad de taludes, aspectos teóricos, investigaciones geotécnicas.* [diapositiva]. Lima: Centro de Educación Continua, Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, 29 diapositivas.

- Cárdenas, J. (2017). *Curso taller estabilidad de taludes*, *resistencia cortante en suelos, aspectos teóricos.* [diapositiva]. Lima: Centro de Educación Continua, Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, 56 diapositivas.

- Das, B. (2001). *Fundamentos de Ingeniería Geotecnica*. México: Thomson.

- Martínez, J. (2013). *Geotecnia de Los Huaycos de Chosica. Estudios, investigaciones en la prevención y tratamiento.* Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

- Kramer, S. (1996). *Geotechnical Earthquake Engineering*. United Sates of America: Prentyce Hall-Inc.

- Kramer, S. (2018) *Seminario internacional de ingeniería geotécnica sísmica, earthquake basics.* [diapositiva]. Washington: Department of civil and Environmental Engineering, University of Washington, 42 diapositivas.

GEOCON SERVICIOS DE INGENIERIA S.A.C.

- LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES -

- DENSIDAD EN EL SITIO – METODO DEL CONO DE ARENA -

NTP 339.143 / ASTM D 1556

Id. proyecto : H - 420
Proyecto : Análisis Bidimensional de Estabilidad del Talud en la Falla Geológica por el Método de Equilibrio Limite de la Progresiva km 37+700 al km 37+800 (Ruta Nacional pe+18a) en Pachachupan, 2018
Ubicación : C.P Pachachupan, Distrito: Acomayo, Provincia: Huánuco, Departamento: Huánuco.
Solicita : José Antonio Bustillos Cotrado
Responsable : Ing Doris E. Alvarado y Linares
Tipo de material : Suelo

Fecha : 03-Dic-18

Prueba Nº	1	2	3	4	5
Ensayo Nº	**5380**	**5381**	**5382**	**5383**	---
Muestra	M-01	M-02	M-03	M-04	---
Peso inicial del depósito de arena, g	7,160	7,430	7,415	7,220	---
Peso final del depósito de arena, g	1,730	2,050	1,900	1,995	---
Peso de la arena empleada, g	5,430	5,380	5,515	5,225	---
Peso de la arena en el cono y placa, g	1,847	1,848	1,849	1,850	---
Peso de la arena empleada en el hoyo, g	3,583	3,532	3,666	3,375	---
Densidad de la arena, g/cm^3	1.390	1.390	1.390	1.390	---
Volumen del hoyo, cm^3	2,578	2,541	2,638	2,428	---
Peso total del suelo húmedo extraído, g	4,815	4,915	6,310	5,595	---
Densidad húmeda. Kg/m^3	1,821	1,904	2,352	2,239	---
Contenido de humedad, %	8.3	8.6	10.1	14.9	---
Densidad seca. Kg/m^3	1,682	1,754	2,137	1,950	---
Densidad máxima. Kg/m^3	---	---	---	---	---
Grado de Compactación, %	---	---	---	---	---

Muestra	Ubicación	Progresiva	Lado	H (mts.)	Espesor, cm
M-01	C-02	---	---	---	---
M-02	C-02	---	---	---	---
M-03	C-01	---	---	---	---
M-04	C-01	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---

D: Margen derecho de via.
C: Centro de via.
I: Margen izquierdo de via.

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales
GEOCON SI SAC
Ing. Doris E. Alvarado y Linares
Reg. CIP N° : 23678
Jefe de Laboratorio

Observaciones:

Ensayado por	: D. Linares	Revisado por	: D. Alvarado
Fecha	: 03-Dic-18	Fecha	: 03-Dic-18

Teléfono: (062) 51 5181
Teléfono: (061) 57 6493
Jr. Las Dalias N° 270 - Paucarbambilla - Amarilis - Huánuco.
E-mai: info@geoconsi.com
Celular (RPM): (#) 990 29 8005
Celular (RPM): (#) 947 81 7575

GEOCON SERVICIOS DE INGENIERIA S.A.C.

- LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES -

- GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO -

ASTM C 127

Id. proyecto : 420
Proyecto : Análisis Bidimensional de Estabilidad del Talud en la Falla Geológica por el Método de Equilibrio Límite de la Progresiva km 37+700 al km 37+800 (Ruta Nacional pe+18a) en Pachachupan, 2018
Ubicación : C.P Pachachupan, Distrito: Acomayo, Provincia: Huánuco, Departamento: Huánuco.
Solicita : José Antonio Bustillos Cotrado
Responsable : Ing. Doris Elisabeth Alvarado y Linares.
Id. Ensayo : 4273 Fecha : 01-Dic-18
Cantera : Calicata N°01 Tipo de material : Suelo

Ensayo Nº	1	2	3
Peso del material saturado, g	1289.0	1212.0	1275.0
Peso del materia seco, g	1253.0	1166.0	1239.0
Peso del material saturado + tara, g	806.0	751.0	805.0
Peso de la tara, g	0.0	0.0	0.0
Peso del material saturado en agua, g	806.0	751.0	805.0

Gravedad específica bruta, s/u	2.594	2.529	2.636
Gravedad específica bruta (SSS), s/u	2.669	2.629	2.713
Gravedad específica aparente, s/u	2.803	2.810	2.855
Absorción, %	2.87	3.95	2.91

Gravedad específica bruta, s/u :	**2.587**
Gravedad específica bruta (SSS), s/u :	**2.670**
Gravedad específica aparente, s/u :	**2.823**
Absorción, % :	**3.241**

Ing. Doris E. Alvarado y Linares
Reg. CIP N°: 28578
Jefe de Laboratorio

Observaciones.
1.---

Ensayado por : D. Linares Revisado por : D. Alvarado
Fecha : 01-Dic-18 Fecha : 02-Dic-18



GEOCON SERVICIOS DE INGENIERIA S.A.C.

- LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES -

- GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO -

ASTM C 127

Id. proyecto : 420
Proyecto : Análisis Bidimensional de Estabilidad del Talud en la Falla Geológica por el Método de Equilibrio Límite de la Progresiva km 37+700 al km 37+800 (Ruta Nacional pe+18a) en Pachachupan, 2018
Ubicación : C.P Pachachupan, Distrito: Acomayo, Provincia: Huánuco, Departamento: Huánuco.
Solicita : José Antonio Bustillos Cotrado
Responsable : Ing. Doris Elisabeth Alvarado y Linares.
Id. Ensayo : 4274 Fecha : 01-Dic-18
Cantera : Calicata N°02 Tipo de material : Suelo

Ensayo Nº	1	2	3
Peso del material saturado, g	1300.0	1300.0	1285.0
Peso del materia seco, g	1232.0	1220.0	1215.0
Peso del material saturado + tara, g	777.0	770.0	765.0
Peso de la tara, g	0.0	0.0	0.0
Peso del material saturado en agua, g	777.0	770.0	765.0

Gravedad específica bruta, s/u	2.356	2.302	2.337
Gravedad específica bruta (SSS), s/u	2.486	2.453	2.471
Gravedad específica aparente, s/u	2.708	2.711	2.700
Absorción, %	5.52	6.56	5.76

Gravedad específica bruta, s/u :	**2.331**
Gravedad específica bruta (SSS), s/u :	**2.470**
Gravedad específica aparente, s/u :	**2.706**
Absorción, % :	**5.946**

Observaciones:
1.- - -

Ensayado por : D. Linares Revisado por : D. Alvarado
Fecha : 01-Dic-18 Fecha : 02-Dic-18

Teléfono: (062) 51 5181
Teléfono: (061) 57 6493
Jr. Las Dalias N° 270 - Paucarbambilla - Amarilis - Huánuco.
E-mail: info@geoconsi.com
Celular (RPM): (#) 990 29 8005
Celular (RPM): (#) 947 81 7575



LABORATORY SOILHYDRAULING

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA EL ANÁLISIS DE TAMAÑO DE PARTÍCULAS DE LOS SUELOS

Tesis:	ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPÁN, 2018
Ubicación:	CENTRO POBLADO DE PACHACHUPAN - DISTRITO DE CHINCHAO - PROVINCIA DE HUÁNUCO - REGIÓN HUÁNUCO
Tesista:	BACH. BUSTILLOS COTRADO, JOSE ANTONIO
Fecha:	30 DE ENERO DEL 2019

1.- **Referencia:**

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

NTP 339.128, Método de prueba estándar para el análisis de tamaños de las partículas de suelos

2.- **Objeto:** Determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo.

3.- **Materiales:** Tamices ASTM E-11, Taal Sieve, balanza digital, horno, bandejas, rotómetro.

4.- **Datos de muestreo:**

Fecha de exploración:	26/11/2018	Tipo de muestra:	Mab	Calicata N°	C - 03
Profundidad de muestra:	1.30 m	Muestra N°	M - 1	Estrato N°	E - 03
Coordenadas geodésicas:	ESTE: 380114 m	NORTE: 8920115 m		-	
Localización:	Centro poblado de Pachachupan por las progresivas KM37+700 al km 37+800 de la carretera central Huánuco-Tingo María				

5.- **Análisis mecánico:**

Datos en el momento del ensayo del laboratorio			
Peso suelo + bandeja:	2083.20 g	Peso muestra seca total g cribar:	1827.00 g
Peso suelo seco + bandeja:	1827.00 g	Fracción para lavar en laboratorio:	119.08 g
Peso bandeja:	0.00 g	Fracción lavado seco retenido en #200:	70.83 g
Peso seco lavado retenido en # 10:	353.80 g	peso contenido agua:	285.60 g
Peso seco no lavado pasante # 10:	1524.00 g	% de humedad antes del tamizado:	14.6 %
		Peso muestra lavado seco total:	1331.37 g

Diámetro de orificio		PESOS	PESOS ACUMULADOS		% ACUMULADOS	
Pulg.	mm	Retenidos (g)	Retenidos (g)	Pasantes (g)	Retenidos	Pasantes
3"	75.800	0.0	0.0	1827.0	0.00 %	100.00 %
2 1/2"	63.800	0.0	0.0	1827.0	0.00 %	100.00 %
2"	50.800	0.0	0.0	1827.0	0.00 %	100.00 %
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	1827.0	0.00 %	100.00 %
1"	25.800	0.0	0.0	1827.0	0.00 %	100.00 %
3/4"	19.800	0.0	0.0	1827.0	0.00 %	100.00 %
1/2"	12.800	0.0	0.0	1827.0	0.00 %	100.00 %
3/8"	9.500	2.7	2.7	1824.3	0.15 %	99.85 %
1/4"	6.300	18.8	18.8	1805.1	1.01 %	98.89 %
# 04	4.750	23.4	41.9	1785.7	2.29 %	97.71 %
# 08	2.360	64.9	106.8	1720.8	5.84 %	94.16 %
# 10	2.000	96.8	203.6	1624.0	11.14 %	88.86 %
# 12	1.700	65.2	268.8	1558.8	14.71 %	85.29 %
# 16	1.180	76.8	345.7	1481.8	18.91 %	81.09 %
# 18	1.000	78.9	429.6	1402.5	23.28 %	76.71 %
# 30	0.600	115.8	541.4	1286.2	29.63 %	70.37 %
# 35	0.500	97.4	638.9	1228.7	32.77 %	67.23 %
# 40	0.425	77.5	676.3	1151.2	37.01 %	62.99 %
# 50	0.300	117.8	793.9	1033.7	43.44 %	56.56 %
# 60	0.250	137.8	931.5	896.1	50.97 %	49.03 %
# 100	0.150	238.4	1169.9	657.7	64.11 %	35.89 %
# 200	0.075	141.7	1331.8	496.0	72.86 %	27.14 %
Cazoleta:		52.9	Error mecánico < 2 % +-		Densidad relativa de sólidos fino	2.700
Lavado:		443.1	0.00 g			
Total pasante # 200:		496.0	0.00 %		Factor de corrección del laboratorio	0.00015
TOTAL:		1827.0				0.00350

LABORATORY SOILHYDRAULING S.A.C.

lashlaboratory@yahoo.com

LABORATORY LASH (all rights reserved)



LABORATORY SOILHYDRAULING

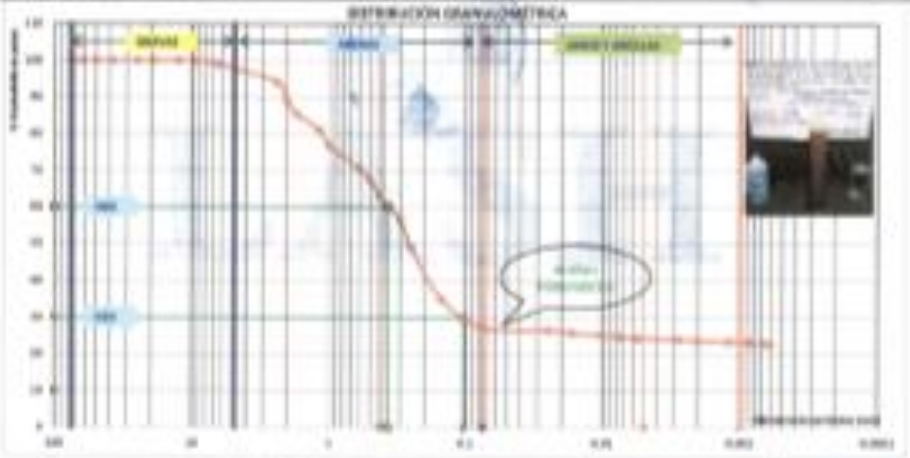
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA EL ANÁLISIS DE TAMAÑO DE PARTÍCULAS DE LOS SUELOS

Tesis:	ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018
Ubicación:	CENTRO POBLADO DE PACHACHUPAN - DISTRITO DE CHINCHAO - PROVINCIA DE HUÁNUCO - REGIÓN HUÁNUCO
Tesista:	BACH. BUSTILLOS COTRADO, JOSÉ ANTONIO
Fecha:	30 DE ENERO DEL 2019

1.- Análisis Hidrométrico

Muestra	Hora inicio / Tiempo transcurrido	Diámetro	Temperatura	Lectura hidrométrica Actual	Lectura hidrométrica Corregida	Profundidad efectiva	Constante	Peso de suelo restante en suspensión hidrométrica		Pasante acumulados de la muestra total		
	Fecha/Hora	mm	°C	R	R'	L (cm)	K	P (%)	S	Retenido	% Retenido	% Pasante
	2	0.0251	22	1.032	1.030	7.0	0.01359					
	8	0.0166	22	1.029	1.027	8.0	0.01359					
	15	0.0120	22	1.026	1.024	8.4	0.01359					
	30	0.0079	22	1.022	1.019	10.0	0.01359					
	60	0.0056	22	1.018	1.014	11.0	0.01359					
	240	0.0028	22	1.016	1.012	12.1	0.01359					
	480	0.0020	22	1.015	1.011	12.3	0.01359					
	1440	0.0012	22	1.014	1.010	12.6	0.01359					
	2880	0.0008	22	1.013	1.009	12.9	0.01359					
	4320	0.0007	22	1.013	1.009	12.9	0.01359					
	5760	0.0006	22	1.012	1.008	13.1	0.01359					



Resultados de la fracción gruesa		Tamaño máximo	
% Gravas			
% Gravas gruesas		Tamaño nominal máximo	
% Gravas finas			
% Arenas		Coeficiente uniformidad Cu	
% Arenas gruesas			
% Arenas medias		Coeficiente concavidad Cc	
% Arenas finas			
% Finos que pasan la malla Nº 200		Diámetro al 60%	
% Limos		Diámetro al 30%	
% Arcillas		Diámetro al 10%	
% Coloides		% < a 2 µm	
		% < a 6 µm	

LABORATORY SOILHYDRAULING S.A.C.

lashlaboratory@yahoo.com

LABORATORY LASH (all rights reserved)



LABORATORY SOILHYDRAULING

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA EL ANÁLISIS DE TAMAÑO DE PARTÍCULAS DE LOS SUELOS

Tesis: ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018

Ubicación: CENTRO POBLADO DE PACHACHUPAN - DISTRITO DE CHINCHAO - PROVINCIA DE HUANUCO - REGION HUÁNUCO

Tesista: BACH. BUSTILLOS COTRADO, JOSÉ ANTONIO

Fecha: 06 DE ENERO DEL 2019

1.- **Referencia:**
ASTM D - 422, Standard Test Method for Particle - Size Analysis of Soils.
NTP 339.128, método de prueba estándar para el análisis de tamaños de las partículas de suelos.

2.- **Objeto:** Determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo.

3.- **Materiales:** Tamices ASTM E-11, Test Sieve, balanza digital, horno, bandejas, hidrometro

4.- **Datos de muestreo:**

Fecha de exploración:	28/11/2018	Tipo de muestra:	Mat.	Calicata: N°	[illegible]
Profundidad de muestra:	2.50 m.	Muestra: N°	[illegible]	Estrato: N°	[illegible]
Coordenadas geodésicas:	ESTE: 380114 m	NORTE: 8920176 m			
Localización:	Centro poblado de Pachachupan por las progresivas Km37+700 al km 37+800 de la carretera central Huánuco - Tingo María				

5.- **Análisis mecánico:**

Datos en el momento del ensayo del laboratorio:			
Peso natural + bandeja:	4260.00 g	Peso muestra seco lavado y retirar:	4151.60 g
Peso natural seco + bandeja:	4151.60 g	Fracción para Lavo en Hidrometro:	115.17 g
Peso bandeja:	0.00 g	Fracción lavado seco retien. en #200:	64.47 g
Peso seco lavado retien. en # 10:	1145.33 g	peso contenido agua:	58.40 g
Peso seco no lavado pasante # 10:	3581.40 g	% de humedad antes del tamizado:	1.7 %
		Peso muestra lavado seco total:	3486.17 g

Diámetro de orificio		PESOS	PESOS ACUMULADOS		% ACUMULADOS	
Pulg.	mm	Retenidos (g)	Retenidos (g)	Pasantes (g)	Retenidos	Pasantes
3"	75.000	0.0	0.0	4151.6	0.00 %	100.00 %
2 1/2"	63.000	0.0	0.0	4151.6	0.00 %	100.00 %
2"	50.000	0.0	0.0	4151.6	0.00 %	100.00 %
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	4151.6	0.00 %	100.00 %
1"	25.000	122.2	122.2	4029.4	2.96 %	97.04 %
3/4"	19.000	214.4	336.6	3795.0	8.16 %	91.68 %
1/2"	12.500	206.4	543.0	3439.0	14.33 %	85.67 %
3/8"	9.500	161.1	773.1	3056.5	18.71 %	81.29 %
1/4"	6.300	359.0	1093.0	3058.6	26.73 %	74.27 %
# 04	4.750	173.9	1233.9	2967.7	29.85 %	70.14 %
# 05	2.360	205.8	1439.6	2662.1	34.84 %	65.16 %
# 10	2.000	308.7	1748.2	2383.4	42.31 %	57.69 %
# 12	1.700	166.7	1914.9	2216.7	46.36 %	53.65 %
# 16	1.180	183.0	2098.5	2033.1	50.79 %	49.21 %
# 18	1.000	188.2	2286.7	1844.9	55.35 %	44.65 %
# 30	0.600	232.3	2519.0	1632.6	60.97 %	39.03 %
# 30	0.500	87.4	2515.3	1515.3	63.33 %	36.67 %
# 40	0.425	139.6	2743.1	1388.5	66.35 %	33.61 %
# 50	0.300	180.6	2963.7	1227.9	71.28 %	29.72 %
# 80	0.250	180.0	3083.7	1037.9	74.88 %	25.12 %
# 100	0.150	288.0	3363.2	788.4	81.40 %	18.60 %
# 200	0.075	153.0	3496.2	635.4	84.62 %	15.38 %
Cazoleta:		60.4	Error mecánico < 3 % >:		Densidad relativa de sólidos finos:	2.708
Lavado:		580.1	0.50 g			
Total pasante # 200:		655.4	0.00 %		Factor de corrección del hidrometro:	0.00010
TOTAL:		4131.6				0.00380

LABORATORY LAS[illegible] E.I.R.L

lashlaboratory@yahoo.com

LABORATORY LASH (all rights reserved)



LABORATORY SOILHYDRAULING

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA EL ANÁLISIS DE TAMAÑO DE PARTÍCULAS DE LOS SUELOS

Tesis: ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018

Ubicación: CENTRO POBLADO DE PACHACHUPAN - DISTRITO DE CHINCHAO - PROVINCIA DE HUÁNUCO - REGIÓN HUÁNUCO

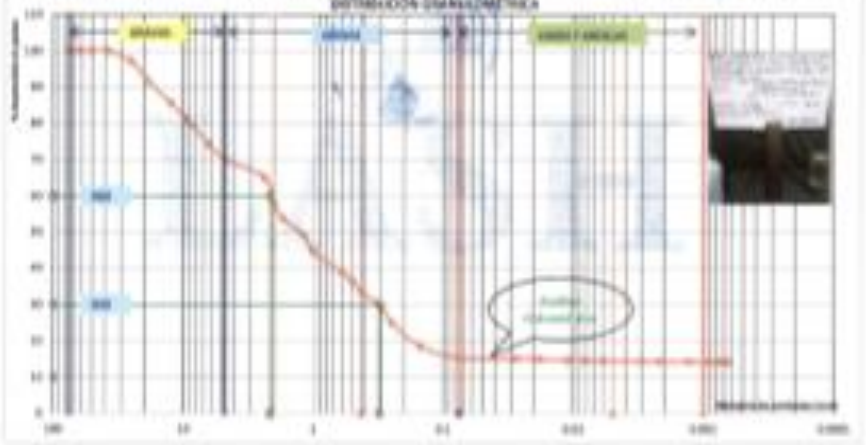
Tesista: BACH. BUSTILLOS COTRADO, JOSÉ ANTONIO

Fecha: 30 DE ENERO DEL 2018

a.- Análisis Hidrométrico

Fechas	Hora inicio T. de s. m.	Diámetro	Temperatura	Lectura hidrómetro		Profundidad efectiva	Constante	Peso del suelo restante en suspensión hidrométrica		Pesos acumulados de la muestra totales		
				Actual	Corregida							
	minutos	mm	°C	R	R	L (cm)	K	P (%)	T			
	2	0.0078	22	1.027	1.023	8.0	0.012280					
	5	0.0191	22	1.025	1.021	8.7	0.012280					
	15	0.0110	22	1.021	1.017	10.7	0.012280					
	30	0.0081	22	1.017	1.013	11.8	0.012280					
	60	0.0058	22	1.014	1.010	12.5	0.012280					
	240	0.0030	23	1.012	1.009	13.1	0.012280					
	480	0.0022	23	1.010	1.008	13.7	0.012280					
	1440	0.0013	22	1.008	1.006	13.8	0.012280					
	2880	0.0009	23	1.008	1.004	14.2	0.012280					
	4320	0.0007	23	1.007	1.003	14.4	0.012280					
	5760	0.0006	22	1.007	1.003	14.4	0.012280					

DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



Resultados de la fracción gruesa		Tamaño máximo	
% Gravas			
% Grava gruesa		Tamaño nominal máximo	
% Grava fina			
% Arenas		Coeficiente uniformidad Cu	
% Arenas gruesa			
% Arenas medias		Coeficiente concavidad Cc	
% Arenas finas			
% Finos que pasan la malla N° 200		Diámetro al 60%	
% Limo		Diámetro al 30%	
% Arcilla		Diámetro al 10%	
% Coloides		% + a 3 pie	
		% + a 6 pie	

LABORATORY SOILHYDRAULING S.A.C

lashlaboratory@yahoo.com

LABORATORY LASH (all rights reserved)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil
Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres
Laboratorio Geotécnico

ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS

(ASTM - D2216; D6913; D4318; D4943; D2487; D-3282)

Informe : LG19-007 Fecha : Febrero, 2019
Solicitante : BACH. JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO
Proyecto : Análisis Bidimensional de Estabilidad del Talud en la Falla Geológica por el Método de Equilibrio Límite de la Progresiva Km. 37+700 al Km. 37+800 (Ruta Nacional PE+18A), en Pachachupán , 2018
Ubicación : Centro Poblado de Pachachupan, Dist. Chinchao, Prov. y Región Huánuco

Sondaje : C - 2 Hoja : 1 de 1
Muestra : ---
Profundidad (m) : 1.35

Granulometría por tamizado - D6913

Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	75.200	100.0
2"	50.800	100.0
1½"	38.100	100.0
1"	25.400	100.0
¾"	19.050	100.0
3/8"	9.525	98.3
Nº 4	4.750	96.0
Nº 10	2.000	93.5
Nº 20	0.850	89.1
Nº 40	0.425	83.7
Nº 60	0.250	78.9
Nº 140	0.106	70.8
Nº 200	0.075	68.7

Contenido de humedad - D2216			
Límites de consistencia D4318	Límite Líquido	(%)	42
	Límite Plástico	(%)	22
	Índice de Plasticidad	(%)	20
	Límite de Contracción - D4943	(%)	---
Resultados de granulometría por tamizado	Coeficiente de Uniformidad (Cu)		---
	Coeficiente de Curvatura (Cc)		---
	Grava [Nº 4 < ϕ < 3"]	(%)	4.0
	Arena [Nº 200 < ϕ < Nº 4]	(%)	27.3
	Finos [ϕ < Nº 200]	(%)	68.7

Clasificación - D3282 / D2487
AASHTO SUCS

A-7-6 (12) CL Arcilla delgada arenosa



Observación : La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante.

Av. Túpac Amaru 1150, Rímac, Lima 25. Código Postal 15333 – Perú
Teléfonos: (+51) 1 4820777 Anexo 401 / (+51) 1 481 1070 Anexo 421
(+51) 1 4820804 / Celular: 951694234.
Correo-e: labgeoc@uni.edu.pe / URL: http://www.cismid-uni.org

DAVID G. LUNA DURAN
ING. CIVIL - CIP 85918

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil
Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres
Laboratorio Geotécnico

ENSAYOS DE LABORATORIO

Informe Nº : LG19-087 Fecha : Febrero, 2019
Solicitante : BACH. JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO
Proyecto : Análisis Bidimensional de Estabilidad del Talud en la Falla Geológica por el Método de Equilibrio Límite de la Progresiva Km. 37+700 al Km. 37+800 (Ruta Nacional PE+18A), en Pachachupán , 2018
Ubicación : Centro Poblado de Pachachupan, Dist. Chinchao, Prov. y Región Huánuco

Identificación
Sondaje : C - 2
Muestra : ---
Profundidad (m) : 1.35

Clasificación
AASHTO : A-7-6 (12)
SUCS : CL / Arcilla delgada arenosa

Peso volumétrico
Humedad : 21.7 %
Densidad húmeda : 1.85 g/cm³

Observaciones :
La muestra han sido identificada y entregada por el solicitante.

DAVID G. LUNA DURAN
ING. CIVIL - CIP. 87553

Av. Túpac Amaru 1150, Rímac, Lima 25. Código Postal 15333 – Perú
Teléfonos: (+51) 1 4820777 Anexo 401 / (+51) 1 481 1070 Anexo 421
(+51) 1 4820804 / Celular: 951694234
Correo-e: labgeoc@uni.edu.pe / URL: http://www.cismid-uni.org

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil
Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres
Laboratorio Geotécnico

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL

No Consolidado - No Drenado (UU) // ASTM - D2850

Informe Nº : LG19-007 Fecha : Febrero, 2019
Solicitante : BACH. JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO
Proyecto : Análisis Bidimensional de Estabilidad del Talud en la Falla Geológica por el Método de Equilibrio Límite de la Progresiva Km. 37+700 al Km. 37+800 (Ruta Nacional PE-18A), en Pachachupán , 2018
Ubicación : Centro Poblado de Pachachupán, Dist. Chinchao, Prov. y Región Huánuco

Sondaje : C - 2 Hoja : 1 de 4
Muestra : --- AASHTO : A-7-6 (12)
Profundidad (m) : 1.35 SUCS : CL // Arcilla delgada arenosa
Estado : Remoldeado Velocidad : 0.5 mm/min

PRESION DE CELDA : 1 kg/cm²

Datos iniciales del especimen

Diámetro : 5 cm
Altura : 10 cm Humedad final : 34.1 %
Humedad : 21.7 %
Densidad seca : 1.44 g/cm³

Cuadro de detalle al aplicar el esfuerzo desviador

Deformación (%)	Esf. Desv. (kg/cm²)	σ3 (kg/cm²)	p (kg/cm²)	q (kg/cm²)	q/p	Diferencial (σ1/σ3)
0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.05	0.09	1.09	1.05	0.05	0.04	1.09
0.10	0.09	1.09	1.05	0.05	0.04	1.09
0.20	0.09	1.09	1.05	0.05	0.04	1.09
0.35	0.09	1.09	1.05	0.05	0.04	1.09
0.50	0.09	1.09	1.05	0.05	0.04	1.09
0.75	0.09	1.09	1.05	0.05	0.04	1.09
1.00	0.09	1.09	1.05	0.05	0.04	1.09
1.25	0.09	1.09	1.05	0.05	0.04	1.09
1.50	0.09	1.09	1.05	0.05	0.04	1.09
1.75	0.09	1.09	1.05	0.05	0.04	1.09
2.00	0.09	1.09	1.05	0.05	0.04	1.09
2.50	0.09	1.09	1.05	0.05	0.04	1.09
3.00	0.09	1.09	1.05	0.05	0.04	1.09
3.50	0.18	1.18	1.09	0.09	0.08	1.18
4.00	0.18	1.18	1.09	0.09	0.08	1.18
4.50	0.18	1.18	1.09	0.09	0.08	1.18
5.00	0.18	1.18	1.09	0.09	0.08	1.18
6.00	0.18	1.18	1.09	0.09	0.08	1.18
7.00	0.18	1.18	1.09	0.09	0.08	1.18
8.00	0.28	1.28	1.14	0.14	0.12	1.28
9.00	0.28	1.28	1.14	0.14	0.12	1.28
10.00	0.28	1.28	1.14	0.14	0.12	1.28
11.00	0.37	1.37	1.18	0.18	0.16	1.37
12.00	0.37	1.37	1.18	0.18	0.16	1.37

Observaciones :

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Material que pasa el tamiz Nº 4, humedad = 21.7%, densidad seca = 1.52g/cm³, los datos del remoldeo han sido obtenidos del ensayo peso Volumétrico (humedad = 21.7%; densidad húmedad = 1.85g/cm³), ya que la muestra no pudo ser tallada por la presencia de gravillas. Los datos de remoldeo son responsabilidad del solicitante.

DAVID G. LUNA DURAN

Av. Túpac Amaru 1150, Rímac, Lima 25, Código Postal 15333 – Perú
Teléfonos: (+51) 1 4820777 Anexo 401 / (+51) 1 481 1070 Anexo 421
(+51) 1 4820804 / Celular: 951694234
Correo-e: labgeoc@uni.edu.pe / URL: http://www.cismid-uni.org

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil
Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres
Laboratorio Geotécnico

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL

No Consolidado - No Drenado (UU) // ASTM - D2850

Informe Nº : LG19-007 Fecha : Febrero, 2019
Solicitante : BACH. JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO
Proyecto : Análisis Bidimensional de Estabilidad del Talud en la Falla Geológica por el Método de Equilibrio Límite de la Progresiva Km. 37+700 al Km. 37+800 (Ruta Nacional PE+18A), en Pachachupán., 2018
Ubicación : Centro Poblado de Pachachupan, Dist. Chinchao, Prov. y Región Huánuco

Sondaje : C - 2 Hoja : 2 de 4
Muestra : --- AASHTO : A-7-6 (12)
Profundidad (m) : 1.35 SUCS : CL // Arcilla delgada orgánica
Estado : Remoldeado Velocidad : 0.5 mm/min

PRESION DE CELDA : 2 kg/cm²

Datos iniciales del especimen

Diámetro : 5 cm
Altura : 10 cm Humedad final : 33.1 %
Humedad : 21.7 %
Densidad seca : 1.44 g/cm³

Cuadro de detalle al aplicar el esfuerzo desviador

Deformación (%)	Esf. Desv. (kg/cm²)	σ3 (kg/cm²)	p (kg/cm²)	q (kg/cm²)	q/p	Oblicuidad (σ1/σ3)
0.00	0.00	2.00	2.00	0.00	0.00	1.00
0.05	0.19	2.19	2.09	0.09	0.05	1.09
0.10	0.24	2.24	2.12	0.12	0.06	1.12
0.20	0.28	2.28	2.14	0.14	0.07	1.14
0.35	0.28	2.28	2.14	0.14	0.07	1.14
0.50	0.24	2.24	2.12	0.12	0.06	1.12
0.75	0.24	2.24	2.12	0.12	0.06	1.12
1.00	0.24	2.24	2.12	0.12	0.06	1.12
1.25	0.24	2.24	2.12	0.12	0.06	1.12
1.50	0.24	2.24	2.12	0.12	0.06	1.12
1.75	0.24	2.24	2.12	0.12	0.06	1.12
2.00	0.24	2.24	2.12	0.12	0.06	1.12
2.50	0.24	2.24	2.12	0.12	0.06	1.12
3.00	0.28	2.28	2.14	0.14	0.07	1.14
3.50	0.28	2.28	2.14	0.14	0.07	1.14
4.00	0.28	2.28	2.14	0.14	0.07	1.14
4.50	0.33	2.33	2.17	0.17	0.08	1.17
5.00	0.33	2.33	2.17	0.17	0.08	1.17
6.00	0.38	2.38	2.19	0.19	0.09	1.19
7.00	0.38	2.38	2.19	0.19	0.09	1.19
8.00	0.38	2.38	2.19	0.19	0.09	1.19
9.00	0.42	2.42	2.21	0.21	0.10	1.21
10.00	0.42	2.42	2.21	0.21	0.10	1.21
11.00	0.42	2.42	2.21	0.21	0.10	1.21
12.00	0.42	2.42	2.21	0.21	0.10	1.21

Observaciones :
La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Material que pasa el tamiz Nº 4, humedad = 21.7%, densidad seca = 1.52g/cm³, los datos del remoldeo han sido obtenidos del ensayo peso volumétrico (humedad = 21.7%; densidad húmedad = 1.85g/cm³), ya que la muestra no pudo ser tallada por la presencia de gravillas. Los datos de remoldeo son responsabilidad del solicitante.

DAVID L. LUNA HUAMAN
Ing. Civil - CIP. 69964

Av. Túpac Amaru 1150, Rímac, Lima 25, Código Postal 15333 – Perú
Teléfonos: (+51) 1 4820777 Anexo 401 / (+51) 1 481 1070 Anexo 421
(+51) 1 4820804 / Celular: 951694234
Correo-e: labgeoc@uni.edu.pe / URL: http://www.ciamid-uni.org

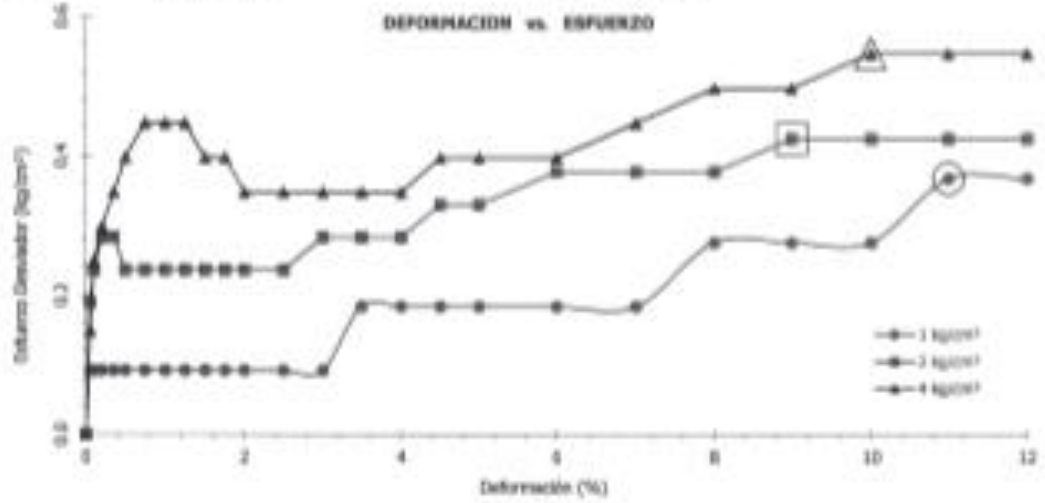
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

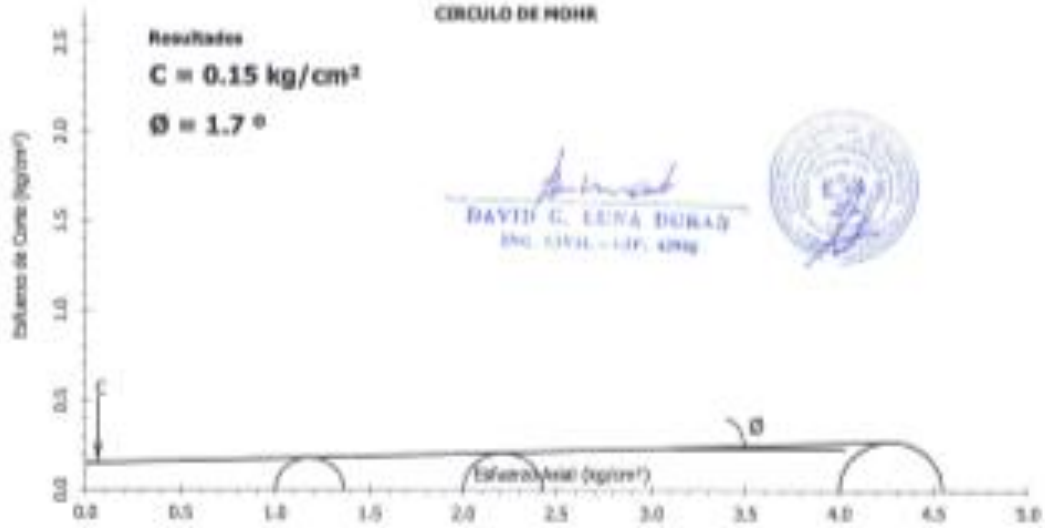
Facultad de Ingeniería Civil
Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres
Laboratorio Geotécnico

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL

No Consolidado - No Drenado (UU) // ASTM - D2850

Informe Nº	: LG19-007	Fecha	: Febrero, 2019
Solicitante	: BACH. JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO		
Proyecto	: Análisis Bidimensional de Estabilidad del Talud en la Falla Geológica por el Método de Equilibrio Límite de la Progresiva Km. 37+700 al Km. 37+800 (Ruta Nacional PE+18A), en Pachachupán , 2018		
Ubicación	: Centro Poblado de Pachachupan, Dist. Chinchao, Prov. y Región Huánuco		
Sondaje	: C - 2	Hoja	: 4 de 4
Muestra	: ---	AASHTO	: A-7-6 (12)
Profundidad (m)	: 1.35	SUCS	: CL // Arcilla delgada arenosa
Estado	: Remoldeado	Velocidad	: 0.5 mm/min





DAVID G. LUNA DURAN
ING. CIVIL - CIP. 42966

Av. Túpac Amaru 1150, Rímac, Lima 25, Código Postal 15333 – Perú
Teléfonos: (+51) 1 4820777 Anexo 401 / (+51) 1 481 1070 Anexo 421
(+51) 1 4820804 / Celular: 951694234.
Correo-e: labgeoc@uni.edu.pe / URL: http://www.cismid-uni.org

EL COORDINADOR DE LA ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO, DEJA:

CONSTANCIA:

Que el joven **JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO**, Bachiller en Ingeniería Civil de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Huánuco, ha realizado sus ensayos en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad de Huánuco para la ejecución de sus tesis intitulada: **"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018"** entre las fechas comprendidas del 4 de diciembre al 26 de diciembre del año 2018.

Se expide la presente para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 13 de mayo del 2019.

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
E.A.P. DE INGENIERÍA CIVIL
Mg. Johnny P. Mecha Rojas
Coordinador Académico

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Bach. Ing. Civil Noelia H. Gutierrez Vargas
JEFE DE LABORATORIO
DNI: 45544092

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

Escuela Académico Profesional de Ingeniería

Programa Académico de Ingeniería Civil

Laboratorio de Mecánica de Suelos

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.127/ASTM D2216), PARA LA MUESTRA N°01, 02, 03 Y 04.

Tesista/Técnico:	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO					
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".					
Fecha:	04/12/2018				Informe N°:	1
Ubicación (Datum WGS84):	Norte	8920160	Medidas	1.10 x 1.90	Calicata:	T-01
	Este	380151	Muestra:	Alterada	Profundidad (m):	0.8

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (W) - MUESTRA N°01		
1	Peso del Frasco + Peso del Suelo Húmedo (gr.)	177.1
2	Peso del Frasco + Peso del Suelo Seco (gr.)	172.3
3	Peso del Agua Contenida (gr.)	4.8
4	Peso del Frasco (gr.)	100.2
5	Peso del Suelo Seco (gr.)	72.1
6	Contenido de Humedad (%)	6.6574

Tesista/Técnico:	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO					
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".					
Fecha:	04/12/2018				Informe N°:	2
Ubicación (Datum WGS84):	Norte	8920160	Medidas	1.10 x 1.90	Calicata:	T-01
	Este	380151	Muestra:	Alterada	Profundidad (m):	1.5

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (W) - MUESTRA N°02		
1	Peso del Frasco + Peso del Suelo Húmedo (gr.)	186.8
2	Peso del Frasco + Peso del Suelo Seco (gr.)	179.0
3	Peso del Agua Contenida (gr.)	7.8
4	Peso del Frasco (gr.)	102.9
5	Peso del Suelo Seco (gr.)	76.1
6	Contenido de Humedad (%)	10.2497

Tesista/Técnico:	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO					
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".					
Fecha:	04/12/2018				Informe N°:	3
Ubicación (Datum WGS84):	Norte	8920176	Medidas	1.80 x 1.80	Calicata:	C-02
	Este	380114	Muestra:	Inalterada	Profundidad (m):	1.35

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (W) - MUESTRA N°03		
1	Peso del Frasco + Peso del Suelo Húmedo (gr.)	181.9
2	Peso del Frasco + Peso del Suelo Seco (gr.)	172.4
3	Peso del Agua Contenida (gr.)	9.5
4	Peso del Frasco (gr.)	100.8
5	Peso del Suelo Seco (gr.)	71.6
6	Contenido de Humedad (%)	13.2682

Tesista/Técnico:	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO					
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".					
Fecha:	04/12/2018				Informe N°:	4
Ubicación (Datum WGS84):	Norte	8920176	Medidas	1.80 x 1.80	Calicata:	C-02
	Este	380114	Muestra:	Alterada	Profundidad (m):	2.55

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (W) - MUESTRA N°04		
1	Peso del Frasco + Peso del Suelo Húmedo (gr.)	217.7
2	Peso del Frasco + Peso del Suelo Seco (gr.)	211.5
3	Peso del Agua Contenida (gr.)	6.2
4	Peso del Frasco (gr.)	99.1
5	Peso del Suelo Seco (gr.)	112.4
6	Contenido de Humedad (%)	5.5160

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

Bach. Noelia C. V

En cargado de laboratorio

INGENIERO CIVIL

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

Escuela Académico Profesional de Ingeniería

Programa Académico de Ingeniería Civil

Laboratorio de Mecánica de Suelos

PESO VOLUMÉTRICO DEL SUELO COHESIVO (NTP 339.139), PARA MUESTRA INALTERADA

Tesista/Técnico:	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO					
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".					
Fecha:	05/12/2018				Informe N°:	1
Ubicación (Datum WGS84):	Norte	8920176	Medidas	1.80 x 1.80	Calicata:	C-02
	Este	380114	Muestra:	Inalterada	Profundidad (m):	1.35

CÁLCULOS REALIZADOS

1° Volumen de la muestra.

$$\Delta V = V_{SUELO+PARAFINA}$$

$$V_{SUELO} = V_{SUELO+PARAFINA} - V_{PARAFINA}$$

2° Volumen de la parafina.

$$V_{PARAFINA} = W_{PARAFINA} / \gamma_{PARAFINA}$$

Donde:

$$W_{PARAFINA} = W_{SUELO+PARAFINA} - W_{SUELO}$$

Finalmente el Peso Volumétrico del Suelo Cohesivo será:

$$P.V = \frac{W_{SUELO}}{\Delta V - V_{PARAFINA}}$$



PESO VOLUMETRICO DE MASA (γ m)		
1	Peso del Suelo + Parafina (gr.)	89.1
2	Peso del Suelo (gr.)	80
3	Peso de la Parafina (gr.)	9.1
4	Volumen del Suelo + Parafina (cm3)	651
5	Volumen de la Parafina (cm3)	10.4598
6	Volumen del Suelo (cm3)	640.5402
7	Peso Específico de Masa (gr/cm3)	0.1249

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

Bach. Noelia Gutierrez Vargas
Encargado de laboratorio

INGENIERO CIVIL
CIP. N° 215000

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

Escuela Académico Profesional de Ingeniería

Programa Académico de Ingeniería Civil

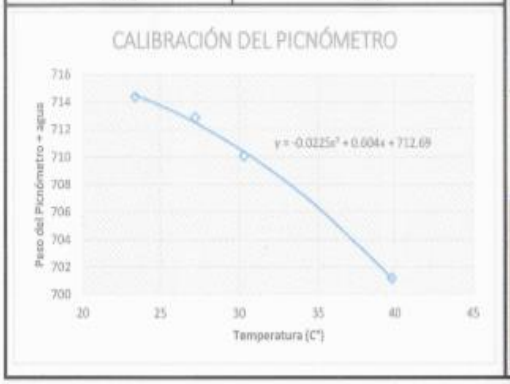
Laboratorio de Mecánica de Suelos

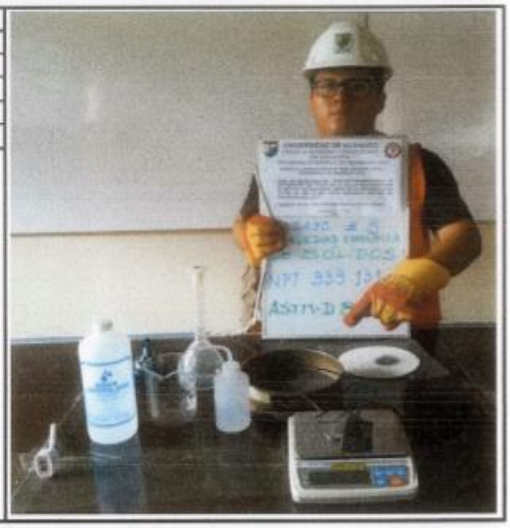
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS (NTP 339.131/ASTM D 854)

Tesista/Técnico:	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO					
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".					
Fecha:	10/12/2018				Informe N°:	1
Ubicación (Datum WGS84):	Norte	8920176	Medidas	1.80 x 1.80	Calicata:	C-02
	Este	380114	Muestra:	Inalterada	Profundidad (m):	1.35

CALIBRACIÓN DEL FRASCO VOLUMÉTRICO (PICNÓMETRO)

CALIBRACIÓN DEL FRASCO VOLUMÉTRICO	
Wp+w (gr)	T (C°)
714.4	23.4
712.9	27.2
710.1	30.3
701.2	39.8





GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS (Ss)		
1	Capacidad del Picnómetro (cm3)	500
2	Peso del Suelo Seco (gr.)	98
3	Peso del Frasco + Peso Suelo + Peso Agua (gr.)	777
4	Temperatura	24
5	Peso del frasco + Peso del agua (gr.)	714.4
6	Correción por temperatura (K)	0.9991
7	Peso específico relativo de solidos (GS) [6x(2/(5+2-3))]	2.766

Análisis:

1° Para la calibración del picnómetro se trabajó em función de los pesos del picnómetro + agua destilada (eje de las ordenadas) y temperatura (eje de las abcisas).

2° Como se puede observar la gravedad específica de sólidos obtenido para la muestra inaterada (Estrato 2) de la calicata N°02 es de 2.77 y según los valores típicos de gravedad específica de suelos se trata de una arcilla inorgánica.

Tipo de Suelo	Gs
Arena	2.65 - 2.67
Arena limosa	2.67 - 2.70
Arcilla inorgánica	2.70 - 2.80
Suelos con micas o hierro	2.75 - 3.00
Suelos orgánicos	Variable, puede ser inferior a 2.00

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

Bach. Nodier Gutierrez Vargas.
Encargado Laboratorio

GERMAN GASTON MARTINEZ MORALES
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 69606

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

Escuela Académico Profesional de Ingeniería

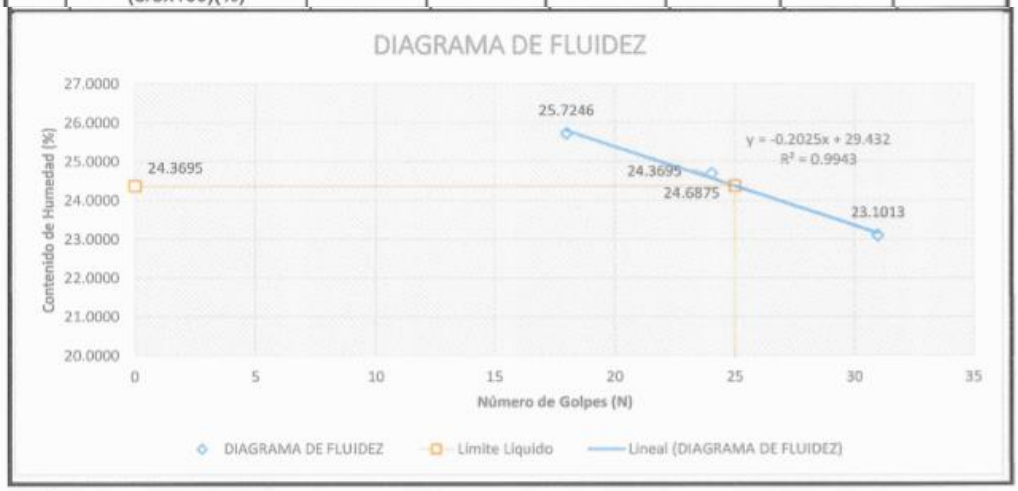
Programa Académico de Ingeniería Civil

Laboratorio de Mecánica de Suelos

ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318 / NTP 339.129:1999)

Tesista/Técnico:	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO					
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".					
Fecha:	13/12/2018				Informe N°:	2
Ubicación (Datum WGS84):	Norte	8920160	Medidas	1.10 x 1.90	Calicata:	T-01
	Este	380151	Muestra:	Alterada	Profundidad (m):	1.5

		LIMITE PLASTICO		LIMITE LIQUIDO			
Prueba N°		1	2	1	2	3	4
Frasco N°		T-1	T-2	M-1	M-2	M-3	M-4
N° de golpes		———	———	———	18	24	31
1	Peso de Frasco + suelo húmedo (gr.)	———	———	———	137.6	140.7	138
2	Peso de Frasco + suelo seco (gr.)	———	———	———	130.5	132.8	130.7
3	Peso del agua (1-2) (gr.)	———	———	———	7.1	7.9	7.3
4	Peso del Frasco	———	———	100.2	102.9	100.8	99.1
5	Peso suelo seco (2-4) (gr.)	———	———	———	27.6	32	31.6
6	Contenido de humedad (3/5x100)(%)	———	———	———	25.7246	24.6875	23.1013



ANÁLISIS: Como se puede observar en el Diagrama de Fluidez, para la muestra el **límite líquido (LL) es de 24.3695.** Además no se pudo obtener el límite plástico por presencia de partículas finas de arcillas y limos orgánicos.

Bach. Noelia Gutierrez Vargas
Encargada de laboratorio

INGENIERO CIVIL
CIP. N° 65901

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

Escuela Académico Profesional de Ingeniería

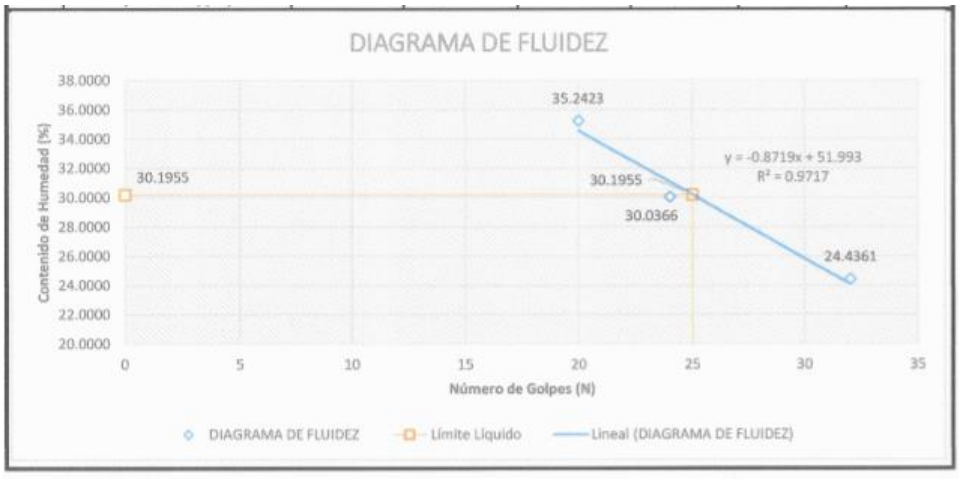
Programa Académico de Ingeniería Civil

Laboratorio de Mecánica de Suelos

ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318 / NTP 339.129:1999)

Tesista/Técnico:	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO					
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".					
Fecha:	12/12/2018				Informe N°:	3
Ubicación (Datum WGS84):	Norte	8920176	Medidas	1.80 x 1.80	Calicata:	C-02
	Este	380114	Muestra:	Inalterada	Profundidad (m):	1.35

		LÍMITE PLÁSTICO		LÍMITE LÍQUIDO			
Prueba N°		1	2	1	2	3	4
Frasco N°		T-1	T-2	M-1	M-2	M-3	M-4
N° de golpes		———	———	———	32	24	20
1	Peso de Frasco + suelo húmedo (gr.)	———	———	———	136	136.3	129.8
2	Peso de Frasco + suelo seco (gr.)	———	———	———	129.5	128.1	121.8
3	Peso del agua (1-2) (gr.)	———	———	———	6.5	8.2	8
4	Peso del Frasco	———	———	100.2	102.9	100.8	99.1
5	Peso suelo seco (2-4) (gr.)	———	———	———	26.6	27.3	22.7
6	Contenido de humedad (3/5x100)(%)	———	———	———	24.4361	30.0366	35.2423



ANÁLISIS: Como se puede observar en el Diagrama de Fluidez, para la muestra el **límite líquido (LL) es de 30.195.** Además no se pudo obtener el límite plástico por presencia alta de material orgánico.

Bach. Noelio Gutierrez Vargas
Encargado de laboratorio

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

Escuela Académico Profesional de Ingeniería

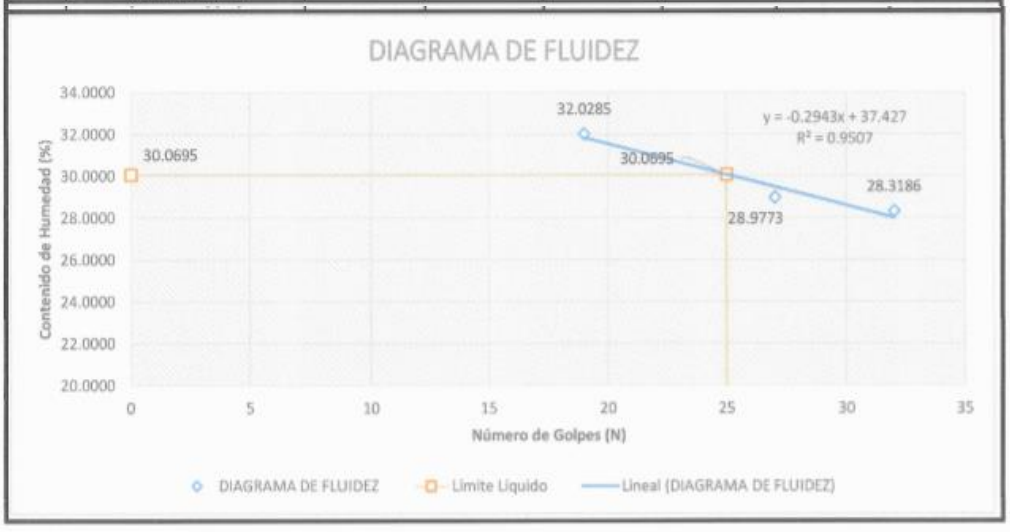
Programa Académico de Ingeniería Civil

Laboratorio de Mecánica de Suelos

ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318 / NTP 339.129:1999)

Tesista/Técnico:	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO					
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".					
Fecha:	12/12/2018				Informe N°:	4
Ubicación (Datum WGS84):	Norte	8920176	Medidas	1.80 x 1.80	Calicata:	C-02
	Este	380114	Muestra:	Alterada	Profundidad (m):	2.55

		LÍMITE PLÁSTICO		LÍMITE LÍQUIDO			
Prueba N°		1	2	1	2	3	4
Frasco N°		T-1	T-2	M-1	M-2	M-3	M-4
N° de golpes		———	———	———	19	27	32
1	Peso de Frasco + suelo húmedo (gr.)	———	———	———	140	146.2	142.6
2	Peso de Frasco + suelo seco (gr.)	———	———	———	131	136	133
3	Peso del agua (1-2) (gr.)	———	———	———	9	10.2	9.6
4	Peso del Frasco	———	———	100.2	102.9	100.8	99.1
5	Peso suelo seco (2-4) (gr.)	———	———	———	28.1	35.2	33.9
6	Contenido de humedad (3/5x100)(%)	———	———	———	32.0285	28.9773	28.3186



ANÁLISIS: Como se puede observar en el Diagrama de Fluidez, para la muestra el **límite líquido (LL) es de 30.0695.** Además no se pudo obtener el límite plástico por presencia alta de material orgánico.

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

Bach. Noeka Gutierrez Vargas
Encargado de laboratorio

INGENIERO CIVIL
CIP. N° 210[illegible]

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

Escuela Académico Profesional de Ingeniería

Programa Académico de Ingeniería Civil

Laboratorio de Mecánica de Suelos

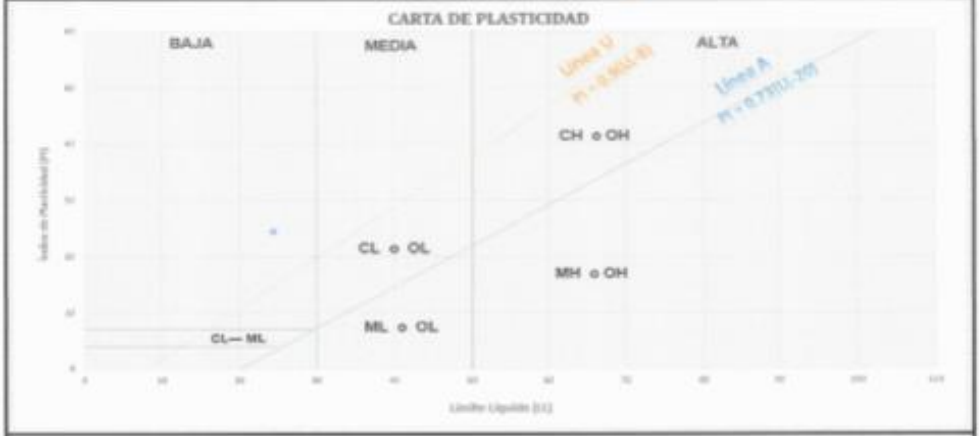
ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318 / NTP 339.129:1999)

Tesista/Técnico:	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO					
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".					
Fecha:	14/12/2018				Informe N°:	2
Ubicación (Datum WGS84):	Norte	8920160	Medidas:	1.10 x 1.90	Calicata:	T-01
	Este	380151	Muestra:	Alterada	Profundidad (m):	1.5

Determinación del Índice de Plasticidad (IP):

Límite Líquido (LL)	24.3695%
Límite Plástico (LP)	0%

$IP = LL - LP \Rightarrow IP = 24.3695 - 0 = 24.3695$



ANÁLISIS I: Según la Carta de Plasticidad desarrollada por Casagrande (1932) nuestra muestra de suelo se clasifica como: Arcilla Inorgánica de Plasticidad Baja.

ANÁLISIS I: Según la Carta de Plasticidad desarrollada por Casagrande (1932) nuestra muestra de suelo se clasifica como: Arcilla Inorgánica de Plasticidad Baja.

Determinación del Índice de Liquidez (IL):

Contenido de Humedad (w)	24.5045%
Límite Líquido (LL)	24.3695%
Límite Plástico (LP)	0%

$$IL = \frac{w - LP}{LL - LP} \Rightarrow IL = \frac{24.5045 - 0}{24.3695 - 0} = 1.0055$$

ANÁLISIS II:

1° Como IL > 1, entonces el contenido de agua in situ de la arcilla es mayor que el límite líquido.

2° Este suelo al remoldearlo, se transforma en una forma viscosa que fluya como un líquido.

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

Escuela Académico Profesional de Ingeniería

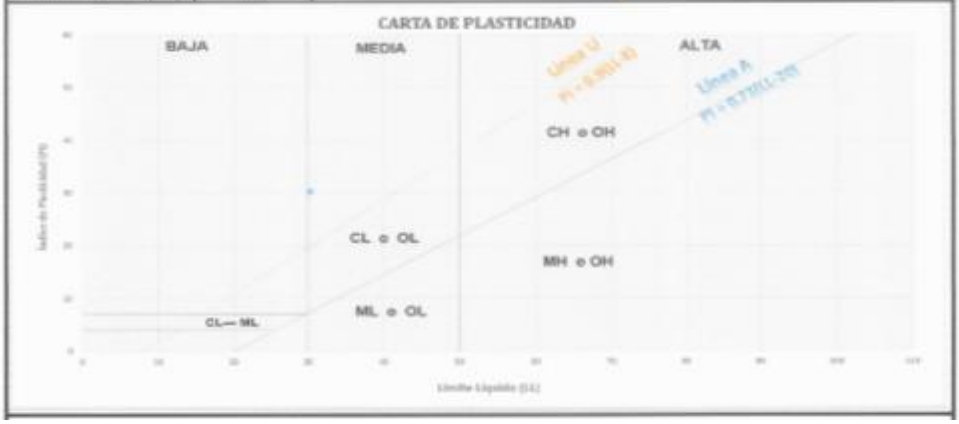
Programa Académico de Ingeniería Civil

Laboratorio de Mecánica de Suelos

ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318 / NTP 339.129:1999)

Tesista/Técnico:	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO					
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".					
Fecha:	14/12/2018				Informe N°:	3
Ubicación (Datum WGS84):	Norte	8920176	Medidas	1.80 x 1.80	Calicata:	C-02
	Este	380114	Muestra:	Inalterada	Profundidad (m):	1.35

Determinación del Índice de Plasticidad (IP):			
Límite Líquido (LL)	30.1955%	IP = LL - LP	IP = 24.3695 – 0 = 30.1955
Límite Plástico (LP)	0%		



ANÁLISIS I: Según la Carta de Plasticidad desarrollada por Casagrande (1932) nuestra muestra de suelo se clasifica como: Arcilla Inorgánica de Plasticidad Media.

Determinación del Índice de Liquidez (IL):			
Contenido de Humedad (w)	29.9050%	$IL = \frac{w - LP}{LL - LP}$	$IL = \frac{29.905 - 0}{30.1955 - 0} = 0.9904$
Límite Líquido (LL)	30.1955%		
Límite Plástico (LP)	0%		

ANÁLISIS II:

1° Como IL < 1, entonces la muestra del suelo está fuertemente sobreconsolidado.

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

Escuela Académico Profesional de Ingeniería

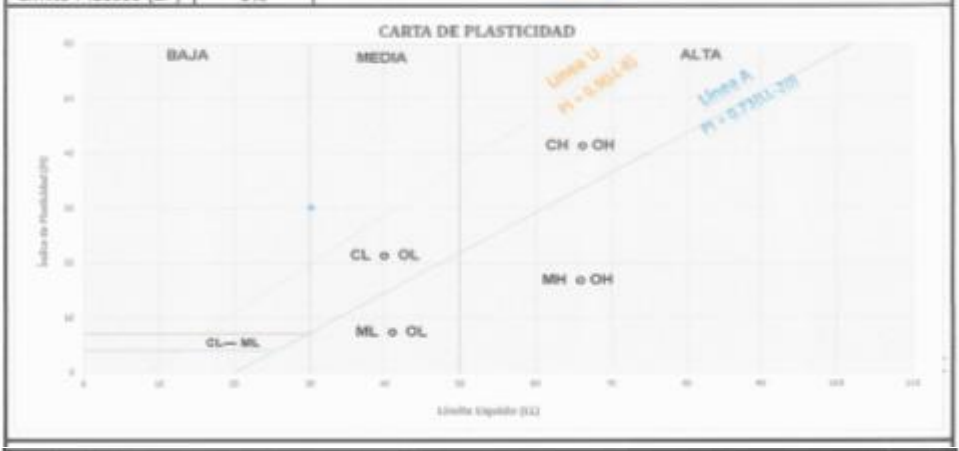
Programa Académico de Ingeniería Civil

Laboratorio de Mecánica de Suelos

ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318 / NTP 339.129:1999)

Tesista/Técnico:	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO					
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".					
Fecha:	14/12/2018				Informe N°:	4
Ubicación (Datum WGS84):	Norte	8920176	Medidas:	1.80 x 1.80	Calicata:	C-02
	Este	380114	Muestra:	Inalterada	Profundidad (m):	2.55

Determinación del Índice de Plasticidad (IP):			
Límite Líquido (LL)	30.0695%	IP = LL - LP	IP = 30.0695 – 0 = 30.0695
Límite Plástico (LP)	0%		



ANÁLISIS I: Según la Carta de Plasticidad desarrollada por Casagrande (1932) nuestra muestra de suelo se clasifica como: Arcilla Inorgánica de Plasticidad Media.

Determinación del Índice de Liquidez (IL):			
Contenido de Humedad (w)	29.7748%	$IL = \frac{w - LP}{LL - LP}$	$IL = \frac{29.7748 - 0}{30.0695 - 0} = 0.9902$
Límite Líquido (LL)	30.0695%		
Límite Plástico (LP)	0%		

ANÁLISIS II:

1° Como IL < 1, entonces la muestra del suelo está fuertemente sobreconsolidado.

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

Bach. Noelia Gutierrez Vargas
Encargado de Laboratorio

INGENIERO CIVIL
CIP. N° 230[illegible]

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

Escuela Académico Profesional de Ingeniería

Programa Académico de Ingeniería Civil

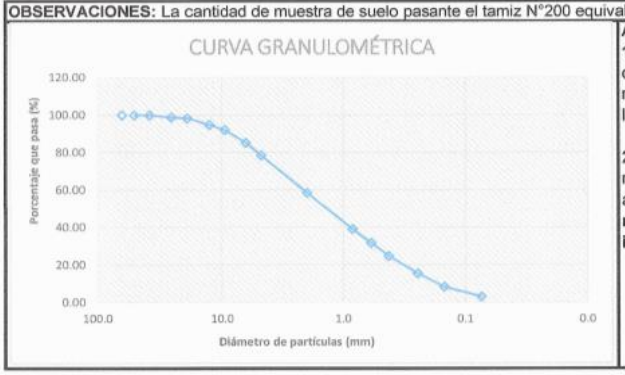
Laboratorio de Mecánica de Suelos

ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - NTP.339.090:1998)

Tesista/Técnico:	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO		
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".		
Muestra N°:	Alterada	Informe:	2
Calicata:	T-01 (1.10 x 1.90)	Fecha:	17/12/2018
Peso de la Muestra (gr.):	4076.9	Profundidad:	1.5
Peso de la Muestra Secada al Horno (gr.):	3828.9		
Peso de la Muestra Lavada y Secada al Horno (gr.):	3528.4		
W-Wo (gr.):	548.5	% Humedad:	15.5453

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUMULADO	
				RETENIDO	ACUMULADO
2 1/2"	63.5	0	0.00	0.00	100.00
2"	50.3	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	0	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	44	1.25	1.25	98.75
3/4"	19.05	16	0.46	1.71	98.29
1/2"	12.7	124.9	3.56	5.27	94.73
3/8"	9.525	95.9	2.73	8.00	92.00
1/4"	6.35	234.8	6.69	14.70	85.30
N°4	4.76	239.9	6.84	21.53	78.47
N°10	2	701.9	20.01	41.54	58.46
N°20	0.84	683.3	19.48	61.01	38.99
N°30	0.59	259.2	7.39	68.40	31.60
N°40	0.426	244.6	6.97	75.37	24.63
N°60	0.25	326.3	9.30	84.67	15.33
N°100	0.149	246.6	7.03	91.70	8.30
N°200	0.074	185.1	5.28	96.98	3.02
PLATILLO		106	3.02	100.00	0.00
TOTAL		3508.5	100		
W-Wo		19.9			

OBSERVACIONES: La cantidad de muestra de suelo pasante el tamiz N°200 equivale al 11.521% del total.



ANÁLISIS:

1° Según la curva de distribución granulométrica obtenida se puede indicar que en la muestra la mayoría de los granos son del mismo tamaño, llamándolo así **suelo mal graduado**.

2° Para los suelos en los cuales mas del 10 al 12% del material pasa el tamiz N°200 es necesario hacer el análisis de hidrómetro. **Para nuestro caso no es necesario el análisis por hidrómetro tal como se indica en la observación.**

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

Sach. Noelia Gutierrez Vargas
Encargada de laboratorio

GERMAN GASTON MARTINEZ MORALES
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 69605

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

Escuela Académico Profesional de Ingeniería

Programa Académico de Ingeniería Civil

Laboratorio de Mecánica de Suelos

ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - NTP.339.090:1998)

Tesista/Técnico:	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO		
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".		
Muestra N°:	Inalterada	Informe:	3
Calicata:	C-02 (1.80 x 1.80)	Fecha:	17/12/2018
Peso de la Muestra (gr.):	2093.2	Profundidad:	1.35
Peso de la Muestra Secada al Horno (gr.):	1827.6		
Peso de la Muestra Lavada y Secada al Horno (gr.):	1392.5		
W-Wo (gr.):	700.7	% Humedad:	50.3196

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr.)	% ACUMULADO	
				RETENIDO	ACUMULADO
3"	75.0	0	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.0	0	0.00	0.00	100.00
2"	50	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	0	0.00	0.00	100.00
1"	25	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19	0	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.5	0	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.5	2.7	2.70	0.15	99.85
1/4"	6.3	15.8	18.50	1.01	98.99
N°4	4.75	23.4	41.90	2.29	97.71
N°8	2.36	64.9	106.80	5.84	94.16
N°10	2	96.8	203.60	11.14	88.86
N°12	1.7	65.2	268.80	14.71	85.29
N°16	1.18	76.8	345.60	18.91	81.09
N°18	1	79.9	425.50	23.28	76.72
N°30	0.6	115.9	541.40	29.62	70.38
N°35	0.5	57.4	598.80	32.76	67.24
N°40	0.425	77.5	676.30	37.00	63.00
N°50	0.3	117.6	793.90	43.44	56.56
N°60	0.25	137.6	931.50	50.97	49.03
N°100	0.15	258.4	1189.90	65.11	34.89
N°200	0.075	141.7	1331.60	72.86	27.14
CAZOLETA		52.9	Error Mecánico < 3% +,- 0.00g. 0.00 %	Densidad relativa de sólidos finos	2.766
LAVADO		443.1			
Total pasante N° 200		496			
TOTAL		1827.6	7476.8		

OBSERVACIONES: La cantidad de muestra de suelo pasante el tamiz N°200 equivale al 27.14% del total.



ANÁLISIS:

1° Según la curva de distribución granulométrica obtenida se puede indicar que en la muestra los tamaños de las partículas están distribuidas sobre un amplio rango, llamándolo así **suelo bien graduado.**

2° Para los suelos en los cuales mas del 10 al 12% del material pasa el tamiz N°200 es necesario hacer el análisis de hidrómetro. **Para nuestro caso si es necesario el análisis por hidrómetro tal como se indica en la observación.**

3° No presenta Coeficiente de Uniformidad (Cu) ni Coeficiente de curvatura (Cc), debido a que el **diámetro efectivo D10 es 0mm.**

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

Bach. Nadia Gutierrez Vargas.
Encargada de laboratorio

INGENIERO CIVIL
CIP. N°

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

Escuela Académico Profesional de Ingeniería

Programa Académico de Ingeniería Civil

Laboratorio de Mecánica de Suelos

ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - NTP.339.090:1998)

Tesista/Técnico:	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO		
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".		
Muestra N°:	Alterada	Informe:	4
Calicata:	C-02 (1.80 x 1.80)	Fecha:	17/12/2018
Peso de la Muestra (gr.):	4200	Profundidad:	2.55
Peso de la Muestra Secada al Horno (gr.):	4131.6		
Peso de la Muestra Lavada y Secada al Horno (gr.):	3615.7		
W-Wo (gr.):	584.3	% Humedad:	16.1601

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr.)	% ACUMULADO	
				RETENIDO	ACUMULADO
3"	75.0	0	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.0	0	0.00	0.00	100.00
2"	50	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	0	0.00	0.00	100.00
1"	25	122.2	122.20	2.96	97.04
3/4"	19	214.4	336.60	8.15	91.85
1/2"	12.5	255.4	592.00	14.33	85.67
3/8"	9.5	181.1	773.10	18.71	81.29
1/4"	6.3	289.9	1063.00	25.73	74.27
N°4	4.75	170.9	1233.90	29.86	70.14
N°8	2.36	205.6	1439.50	34.84	65.16
N°10	2	308.7	1748.20	42.31	57.69
N°12	1.7	166.7	1914.90	46.35	53.65
N°16	1.18	183.6	2098.50	50.79	49.21
N°18	1	188.2	2286.70	55.35	44.65
N°30	0.6	232.3	2519.00	60.97	39.03
N°35	0.5	97.4	2616.40	63.33	36.67
N°40	0.425	126.8	2743.20	66.40	33.60
N°50	0.3	160.6	2903.80	70.28	29.72
N°60	0.25	190	3093.80	74.88	25.12
N°100	0.15	269.5	3363.30	81.40	18.60
N°200	0.075	133	3496.30	84.62	15.38
CAZOLETA		49.4	Error Mecánico < 3% +,- 0.00g. 0.00 %	Densidad relativa de sólidos finos	2.706
LAVADO		586.1			
Total pasante N° 200		635.4			
TOTAL		4131.6	34344.4		

OBSERVACIONES: La cantidad de muestra de suelo pasante el tamiz N°200 equivale al 15.38% del total.



ANÁLISIS:

1° Según la curva de distribución granulométrica obtenida se puede indicar que en la muestra los tamaños de las partículas están distribuidas sobre un amplio rango, llamándolo así **suelo bien graduado**.

2° Para los suelos en los cuales mas del 10 al 12% del material pasa el tamiz N°200 es necesario hacer el análisis de hidrómetro. **Para nuestro caso si es necesario el análisis por hidrómetro tal como se indica en la observación**.

3° No presenta Coeficiente de Uniformidad (Cu) ni Coeficiente de curvatura (Cc), debido a que el **diámetro efectivo D10 es 0mm**.

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

Bach. Noelia Gutierrez Vargas
Encargado de laboratorio

INGENIERO CIVIL
CIP. N° 89864

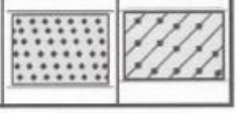
	UNIVERSIDAD DE HUANUCO *Escuela Académico Profesional de Ingeniería* *Programa Académico de Ingeniería Civil* *Laboratorio de Mecánica de Suelos* **CLASIFICACIÓN DE SUELOS MÉTODO SUCS (ASTM-D2487)**	

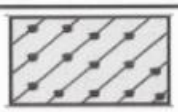
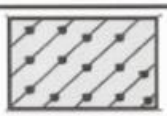
Tesista/Técnico:	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO		
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".		
Fecha:	24/12/2018	Informe N°:	1

CONSIDERACIONES.

Para una clasificación apropiada con este sistema, debe conocerse algo o todo ede la información siguiente:

1° Porcentaje de grava, es decir, la fracción que pasa la malla de 76.2mm y es retenida en la malla N°4 (abertura de 4.75mm).
2° Porcentaje de arena, es decir, la fracción que pasa la malla N°4 (abertura de 4.75mm) y es retenida en la malla N°200 (abertura de 0.075mm).
3° Porcentaje de limo y arcilla, es decir, la fracción de finos que pasan la malla N°200 (abertura de 0.075mm).
4° Coeficiente de uniformidad (Cu) y coeficiente de curvatura (Cc).
5° Límite líquido e índice de plasticidad de la porción de suelo que pasa la malla N°40.

a) Para la prospección de campo Trinchera N°01 – E01 (1.10 x 1.90).			
Símbolo del grupo	SP-SC	GRÁFICO	
Nombre del grupo	Arena mal graduada con arcilla (o arcilla limosa)		

b) Para la prospección de campo Calicata N°02 – E02 (1.80 x 1.80).			
Símbolo del grupo	SC	GRÁFICO	
Nombre del grupo	Arena arcillosa		
c) Para la prospección de campo Calicata N°02 – E03 (1.80 x 1.80).			
Símbolo del grupo	(SC)g	GRÁFICO	
Nombre del grupo	Arena arcillosa con grava		

Bach. Noelia Gutierrez Vargas
Encargada laboratorio

INGENIERO CIVIL
CIP. N° 155...

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
Escuela Académico Profesional de Ingeniería
Programa Académico de Ingeniería Civil
Laboratorio de Mecánica de Suelos
CLASIFICACIÓN DE SUELOS MÉTODO AASHTO (ASTM-D3282)

Tesista/Técnico:	JOSÉ ANTONIO BUSTILLOS COTRADO		
Tema de Investigación:	"ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".		
Fecha:	24/12/2018	Informe N°:	1

CONSIDERACIONES.

En estes sistema el suelo se calsifica en siete grupos mayores: A-1 al A-7. Los suelos clasificados en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares, donde 35% o menos de las partículas pasan por la criba N°200. Los suelos de los que más del 35% pasan por la criba N°200 son clasificados en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. La mayoría están formados por materiales tipo limo y arcilla. El sistema de clasificación se basa en los siguientes criterios:

a) Tamaño del grano.

Grava: fracción que pasa la malla de 75mm y es retenida en la malla N°10 (2mm) de Estados Unidos.

Arena: fracción que pasa la malla N°10 (2mm) U.S. y es retenida en la malla N°200 (0.075mm) U.S.

Limo y arcilla: fracción que pasa la malla N°200 U.S.

b) Plasticidad. El término limoso se aplica cuando las fracciones de finos del suelo tienen un índice de plasticidad de 10 o menor. El término arcilloso se aplica cuando las fracciones de finos tienen un índice de plasticidad de 11 o mayor.

c) Si cantos rodados y boleos (tamaños mayores que 75mm) están presentes, éstos se excluyen de la porción de la muestra de suelo que se está clasificando. Sin embargo, el porcentaje del material se registra.

a) Para la prospección de campo Trinchera N°01 – E01 (1.10 x 1.90).			
Clasificación del grupo	A-2-6	RESUMEN	**A-2-6 (0)**
Índice de grupo	0		

b) Para la prospección de campo Calicata N°02 – E02 (1.80 x 1.80).			
Clasificación del grupo	A-2-6	RESUMEN	**A-2-6 (2)**
Índice de grupo	2		

c) Para la prospección de campo Calicata N°02 – E03 (1.80 x 1.80).			
Clasificación del grupo	A-2-6	RESUMEN	**A-2-6 (0)**
Índice de grupo	0		

Bach. Nicolás Gutiérrez Vargas
Encargado de Laboratorio

INGENIERO CIVIL
CIP. N° 239511

ESTUDIO DE AMENAZA Y RIESGO

- **TESIS:** "ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018".



- **CENTRO POBLADO** : PACHACHUPAN
- **DISTRITO** : CHINCHAO
- **PROVINCIA** : HUANUCO
- **DEPARTAMENTO** : HUANUCO

HUANUCO - PERÚ

2018

INDICE

I. INTRODUCCIÓN.

II. OBJETIVOS.
2.1. Objetivo general.
2.2. Objetivos específicos.

III. MARCO TEÓRICO.
3.1. Concepto de peligro originado por fenómenos de origen natural.
3.2. Clasificación de peligros originados por fenómenos de origen natural.

IV. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO.
4.1. Recopilación de la Información.
4.1.1. De carácter geográfico.
4.1.2. De carácter urbanístico.
4.1.3. Infraestructura básica y servicios esenciales.
4.1.4. Identificación de probable área de influencia del fenómeno de estudio.
4.1.5. Peligros generados por fenómenos de origen natural.

V. INFORMACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO EN EL ÁREA DE INVESTIGACIÓN.
5.1. Información técnica.

VI. MEDIDAS DE CONTROL.
6.1. Generalidades.
6.2. Categorías de medidas de control.
6.3. Análisis y medida de control adoptada.

VII. PANEL FOTOGRÁFICO.

VIII. CONCLUSIONES.

IX. RECOMENDACIONES.

X. BIBLIOGRAFÍA.

I. INTRODUCCIÓN.

Nuestro país, se encuentra ubicado en el borde oriental del cinturón de fuego del océano pacífico, y debido a sus características geográficas, hidrometeorológicas, geológicas, entre otras (factores condicionantes), lo exponen a la ocurrencia de fenómenos de origen natural, como sismos, tsunamis, erupciones volcánicas, movimientos en masas, descenso de temperatura (heladas y friajes) y erosión de suelos (factores desencadenantes); cada uno de estos con sus propias características como magnitud, intensidad, distribución espacial, periodo de retorno, etc (parámetros de evaluación).

Los niveles de riesgos no solo dependen de los fenómenos de origen natural, sino de los niveles de vulnerabilidad de los centros urbanos y/o rurales, por ejemplo su localización en riberas de los ríos, desembocadura de quebradas activas, rellenos sanitarios, cercanía a fallas geológicas, etc. (exposición), así como el tipo de infraestructura de material precario o noble utilizado como vivienda (fragilidad), y la capacidad de la población para organizarse, asimilar y/o recuperarse ante el impacto de un fenómeno de origen natural (resiliencia).

La ocurrencia de deslizamientos es un fenómeno sujeto a muchos grados de incertidumbre debido a que los deslizamientos incluyen diferentes tipos de movimientos, velocidades, modos de falla, materiales, restricciones geológicas, etc. Morgenstem (1997), expresó que el papel de factor de seguridad es complejo debido a que no tiene en cuenta la incertidumbre de la ignorancia con respecto a la confiabilidad de los datos para el análisis, a incertidumbres en los modelos matemáticos y a incertidumbres humanas.

II. OBJETIVOS.

2.1. Objetivo General.

- Evaluar las amenazas y riesgos en el área de investigación. Así como la susceptibilidad de ocurrir eventos de geodinámica externa.

2.2. Objetivos Específicos.

- Desarrollar la metodología y criterios técnicos para la identificación de amenazas y riesgos en el área de investigación.
- Desarrollar una evaluación cuantitativa de riesgos.
- Identificar actividades y acciones para prevenir la generación de riesgos y amenazas.
- Identificar las medidas de prevención inmediatas racionalizando el potencial humano y los recursos financieros para la reducción de los riesgos y amenazas.

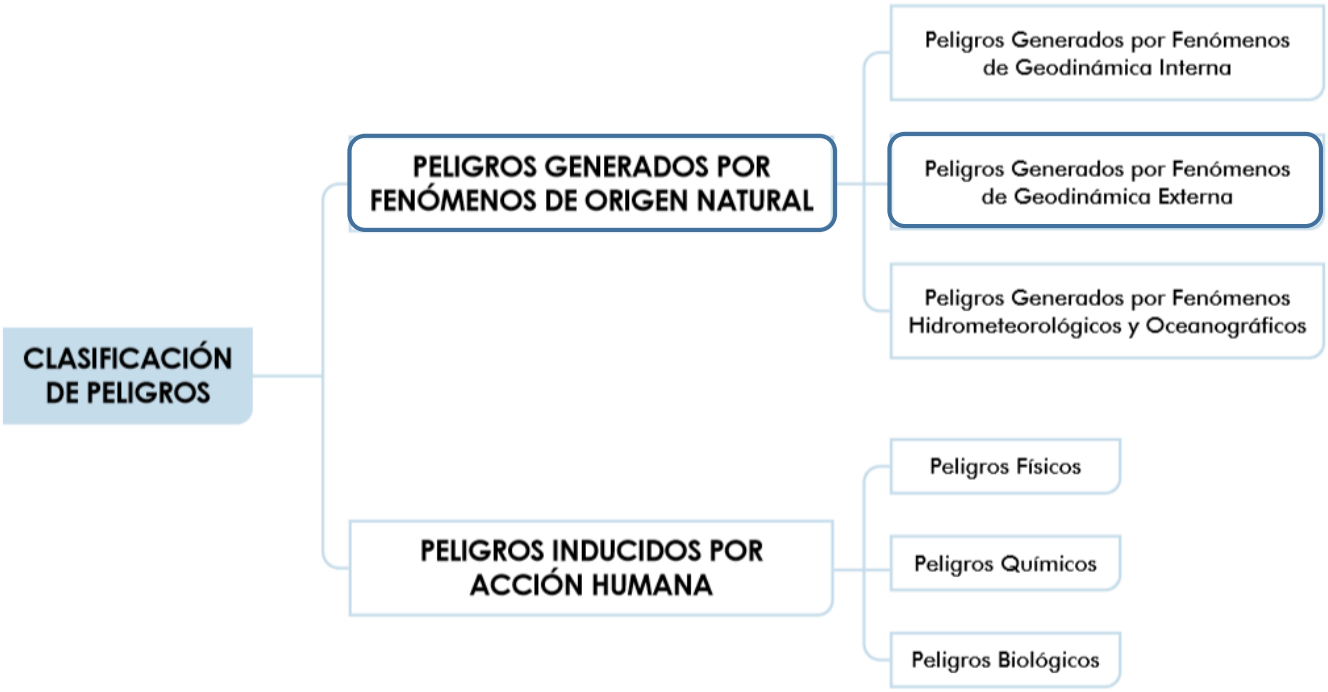
III. MARCO TEORICO.

3.1. Concepto de peligro originado por fenómenos de origen natural. El peligro, es la probabilidad de que un fenómeno, potencialmente dañino, de origen natural, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos. En otros países los documentos técnicos referidos al estudio de los fenómenos de origen natural utilizan el término amenaza, para referirse al peligro.

3.2. Clasificación de peligros originados por fenómenos de origen natural. El peligro, según su origen, puede ser de dos clases: los generados por fenómenos de origen natural; y, los inducidos por la acción humana. Para nuestro caso se analizará y evaluará los peligros

originados por fenómenos de origen natural, en especial los fenómenos de geodinámica externa. Para el estudio estos fenómenos se han agrupado los peligros de acuerdo a su origen. Esta agrupación nos permite realizar la identificación y caracterización de cada uno de ellos, tal como se muestra en el esquema N°1.

Esquema N°1



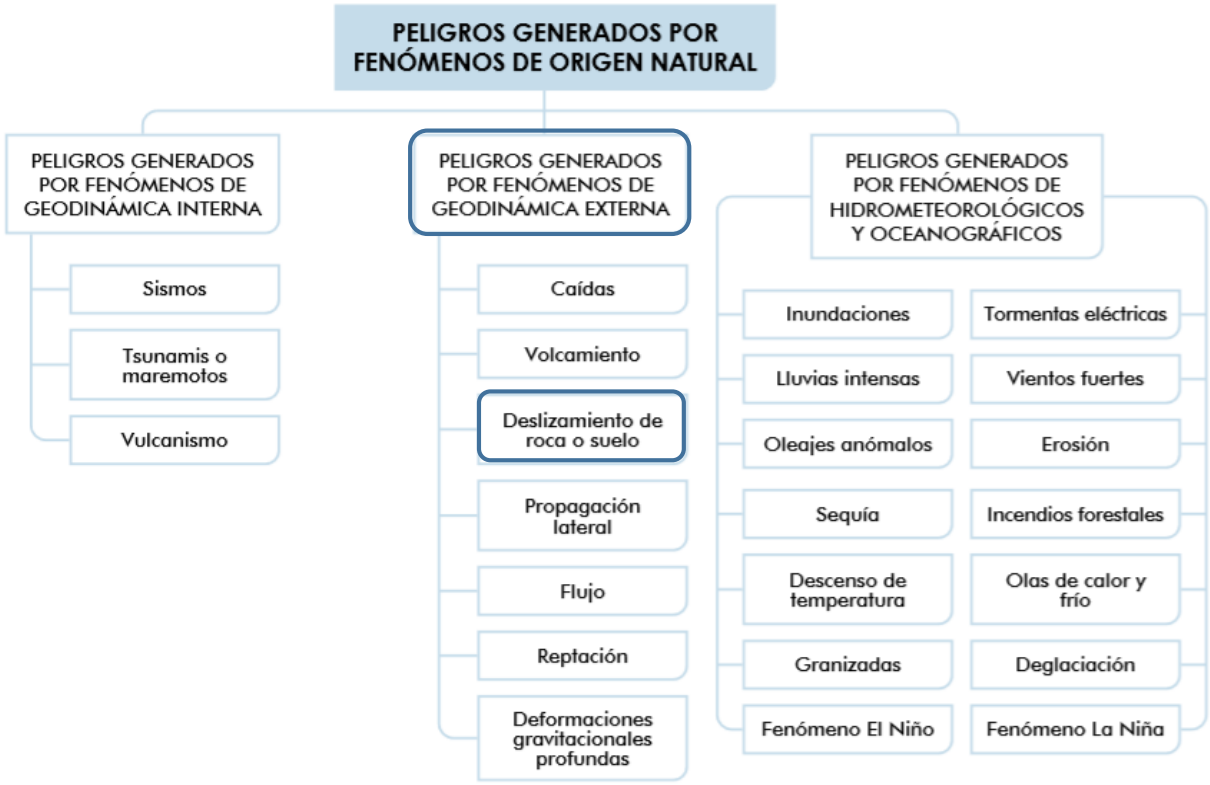
Fuente: CENEPRED. (2014). *Gráfico 2: Clasificación de peligros* (p.21).

Esta clasificación ha permitido ordenar los fenómenos de origen natural en tres grupos:

- Peligros generados por fenómenos de geodinámica interna.
- Peligros generados por fenómenos de geodinámica externa.
- Peligros generados por fenómenos hidrometeorológicos y oceanográficos.

En el presente estudio se analizará y evaluará los peligros generados por fenómenos de geodinámica externa, en especial los de deslizamiento de roca o suelo, tal como indica en el esquema N°2.

Esquema N°2



Fuente: CENEPRED. (2014). *Gráfico 3: Clasificación de peligros originados por fenómenos naturales* (p.22).

-

IV. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO.

4.1. Recopilación de la Información.

4.1.1. De carácter geográfico.

El proyecto de Investigación se ubica en la progresiva Km37+700 al Km 37+800 (Ruta Nacional PE+18A) del tramo de la carretera central Huánuco – Tingo María geográficamente en:

- **Centro poblado:** Pachachupán.
- **Distrito:** Chinchao.
- **Provincia:** Huánuco.
- **Departamento:** Huánuco.

Coordenadas UTM:

Este. 380185

Norte. 8920169

Coordenadas geográficas:

Longitud. 76°05´32.6551” O

Latitud. 9°46´00.6649” S

Figura N°1. Mapa Cartográfico de Ubicación



Fuente: Elaboración propia en SIGRID-CENEPRED.

4.1.2. De carácter urbanístico. Se constató aledaños al área de investigación la presencia de viviendas de material rústico en su mayoría; grandes hectáreas y zonas de cultivo de los pobladores; no hay centros educativos, postas médicas, etc. por lo cual la población se traslada a Sogobamba o Mayobamba en su mayoría de veces.

Figura N°2. Mapa cartográfico urbano-rural



Fuente: Elaboración propia en SIGRID-CENEPRED.

4.1.3. Infraestructura básica y servicios esenciales. Se constató que las viviendas cercanas al área de investigación se abastecen de agua no potable (puquios y vertientes) a través de un sistema de cloración por goteo convencional por acción de la gravedad; sin embargo, no cuentan con alcantarillado sanitario, lo cual es un indicador crítico en la formación de focos infecciosos que perjudican a las personas más susceptibles (niños y ancianos) en tener enfermedades diarreicas agudas (EDAS) y otros.

Además, únicamente las viviendas que están cerca de la carretera central cuentan con postes de luz de iluminación. Los demás pobladores de la parte superior del talud de investigación carecen de servicios de electrificación.

Figura N°3. Vista de los sevicios básicos que tienen los pobladores en el área de investigación.



Fuente: Elaboración propia.

4.1.4. Identificación de probable área de influencia del fenómeno de estudio. Para la identificación del área de influencia de probabilidad de ocurrencia de deslizamientos u otros fenómenos de geodinámica externa, se presentará los registros históricos conocidos en lugares muy cercanos a cercanos al área de investigación.

Además, se debe considerar que de manera general la región de Huánuco está expuesto al impacto de diversos fenómenos de origen natural como son:

- Exceso de lluvias.
- Déficit de lluvias.
- Heladas, friajes.
- Fenómeno del niño, etc.

Cabe resaltar que esta data de información se tiene de las publicaciones científicas desarrolladas en la región de Huánuco por el Instituto Geológico Minero Metalúrgico (INGEMMET).

Registros históricos de fenómenos de geodinámica externa.

1° Derrumbes.

Paraje / Sector Distrito / Provincia Código	Causas o factores principales	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Chinchao Huánuco 165121148	Substrato de mala calidad; rocas muy fracturadas; tipo de suelo; pendiente del terreno de 35º - 50º. Precipitaciones pluviales intensas; sismicidad; corte de carretera,	4	3	12	Zona de arranque en talud rocoso fracturado, tipo de rotura mixta, de forma regular, 50 m de longitud, 70 m de altura, acumulación de bloques en la ladera, bloques aislados, de hasta 0,50 m, formación de canchales.	Afecta 50 m de carretera.
Chinchao Huánuco 165121151	Rocas muy fracturadas; orientación desfavorable de las discontinuidades; tipo de suelo; pendiente del terreno de 20º - 35º. Precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	Caída de material desde el talud superior de carretera, formación de pequeños canchales, asentamientos y pérdida de asfalto de carretera, rotura de tipo planar, de forma regular, bloques aislados de 0,60 m.	Afecta 80 m de carretera.

Fuente: Zavala B., y Vílchez M. (2006) *Cuadro 7.1 Principales áreas afectadas por caídas* (p. 67-76).

2° Deslizamientos.

Paraje / Sector Distrito / Provincia Código	Causas o factores principales	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Km 25+000 de la carretera Huánuco - Tingo María Chinchao Huánuco. 165141114	Tipo de suelo; material de remosión antiguo; substrato de mala calidad. Precipitaciones pluviales intensas. Talud de corte de carretera.	4	3	12	Asentamiento del talud superior de carretera, escarpa única de forma irregular-discontinua, longitud de 150 m, 35 de desnivel entre la escarpa y el pie superficie plana, salto principal de 2,5 m, velocidad de movimiento lento, progresivo. Se ha colocado muro de concreto.	Afecta 150 m de carretera
Chinchao Huánuco 165141116	Substrato de mala calidad; tipo de suelo; material de remosión antiguo, pendiente del terreno. Precipitaciones pluviales intensas; dinámica fluvial; filtración de agua.	4	3	12	Deslizamiento en la margen izquierda de quebrada. Escarpas sucesivas, de forma irregular-continua de 120 m de longitud, 50 m de desnivel entre el pie y la escarpa. Superficie rotacional, salto principal de 5 m, progresivo. Produce asentamientos de terreno hacia la carretera. La quebrada puede traer huaycos en periodos lluviosos.	Afecta 120 m de carretera, terrenos de cultivo. Se han realizado trabajos de baqueteado en el talud superior de carretera.
Malqui Chinchao Huánuco 165121144	Substrato de mala calidad; tipo de suelo; pendiente del terreno. Precipitaciones pluviales intensas; agua subterránea. Deforestación en la zona; talud de corte de carretera.	4	3	12	Terreno removido, asentamientos en el talud superior de carretera. Escarpa única de forma semicircular-continua, 160 m de longitud de escarpa, 30 m de desnivel entre la escarpa y el pie, superficie rotacional, salto principal de 1 m, velocidad del movimiento lento. 70 m adelante se observa una zona removida y con asentamientos más recientes	Afecta 160 m de carretera. Se ha colocado muro de concreto para detener el avance de movimiento.
Chalana Chinchao Huánuco 165121147	Substrato de mala calidad; tipo de suelo; pendiente del terreno. Precipitaciones pluviales intensas; agua subterránea. Talud de corte de carretera.	4	3	12	Deslizamiento antiguo, reactivado, presenta el terreno removido, formación de pequeñas escarpas.	Puede afectar tramo de la carretera Huánuco - Tingo María

Fuente: Zavala B., y Vílchez M. (2006) *Cuadro 7.2 Principales áreas afectadas por deslizamientos* (p. 78-85).

(Continuación.)

Chinchao Huánuco	Substrato de mala calidad; tipo de suelo, pendiente del terreno. Precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	Escarpa única, de forma semicircular-continua, 150 m de longitud, 55 m de alto; superficie rotacional, salto principal de 5 m, velocidad del movimiento moderado, produce asentamientos del talud superior y la carretera.	Afecta 150 m de carretera
Chinchao Huánuco 165121154	Substrato de mala calidad; rocas muy fracturadas; tipo de suelo; pendiente del terreno. Precipitaciones pluviales intensas. Talud de corte de carretera.	4	3	12	Escarpa única, de forma irregular-continua, 100 m de longitud, 70 m de desnivel entre la escarpa y pie, salto principal de 15-20 m, movimiento progresivo, asentamientos de material.	Afecta unos 100 m de la carretera Huánuco - Tingo María
Chinchao Huánuco 165121156	Substrato de mala calidad; rocas muy fracturadas; tipo de suelo; pendiente del terreno. Precipitaciones pluviales intensas, dinámica fluvial.	4	3	12	Escarpas múltiples, de forma irregular-continua, 130 m de longitud, 60 m de desnivel entre el pie y la escarpa, superficie rotacional, saltos secundarios de 1 m, avance del movimiento progresivo. Asentamientos y agrietamientos de la carretera hacia la quebrada	Afecta 150 m de carretera. Se han realizado rellenos para habilitar el tramo.
Chinchao Huánuco 165121157	Substrato de mala calidad; rocas muy fracturadas; tipo de suelo; pendiente del terreno 20º-35º. Precipitaciones pluviales intensas, dinámica fluvial.	4	3	12	Escarpas sucesivas, deforma recta-discontinua, superficie rotacional, salto secundario de 1 m, velocidad del movimiento muy lento, retrogresivo. Asentamiento lento de la carretera.	Afecta 250 m de carretera
Pachachupan Chinchao Huánuco 165141161	Substrato de mala calidad; orientación desfavorable de las discontinuidades; pendiente del terreno 20º-35º. Precipitaciones pluviales intensas; dinámica fluvial. Talud de corte de carretera.	4	3	12	Deslizamiento antiguo reactivado. Caída de material al pie del talud superior de carretera, asentamiento de la plataforma de carretera, escarpa recta, empuje lento del terreno sobre la carretera, el cauce de la quebrada aparece desviado hacia su margen izquierda, terrenos removidos, caída de rocas.	Afecta unos 600 m de carretera. Se han colocado muros d concreto y cunetas de coronación.

Fuente: Zavala B., y Vílchez M. (2006) *Cuadro 7.2 Principales áreas afectadas por deslizamientos* (p. 78-85).

3° Flujos de detritos (huaycos).

Paraje / Sector Distrito / Provincia Código	Causas o factores principales	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Goyma Chinchao Huánuco 165141113	Substrato de mala calidad; rocas muy fracturadas, tipo de suelo, material de remosión antiguo, pendiente del terreno. Precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	Huayco excepcional, puede bajar por la quebrada, depósito en forma de abanico antiguo, bloques en un 5%, grava 45%, arenisca-limo 50%.	Obstruye 40 m de carretera, y puede afectar unas seis viviendas.
Chinchao Huánuco 165121152	Tipo de suelo; rocas muy fracturadas; pendiente del terreno 35° - 50°; substrato de mala calidad. Precipitaciones pluviales intensas; dinámica fluvial.	4	3	12	Torrentera con derrumbes hacia su cara libre, cuyo material suelto puede ser acarreado a manera de huayco en periodo lluvioso, canalizado, depósito en forma de cono, conformado por gravas en un 45 % y arena-limo en un 55%. Pérdida de plataforma de carretera que indicaría un proceso lento de flujo de tierra.	Afecta unos 100 m de carretera.

Fuente: Zavala B., y Vílchez M. (2006) *Cuadro 7.3 Principales áreas afectadas por flujos* (p. 92-99).

4° Flujos de tierra.

Paraje / Sector Distrito / Provincia Código	Causas o factores principales	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Pachachupan Chinchao Huánuco. 165141142	Substrato de mala calidad; tipo de suelo; pendiente del terreno. Precipitaciones pluviales intensas; agua subterránea.	4	3	12	Se producen empujes contra muro de contención de concreto, el cual se encuentra agrietado e inclinado, también afectó cuneta y carretera. Presencia de agrietamientos en el talud superior de carretera.	Afecta 120 m de carretera y cuneta de coronación.

Fuente: Zavala B., y Vílchez M. (2006) *Cuadro 7.3 Principales áreas afectadas por flujos* (p. 99).

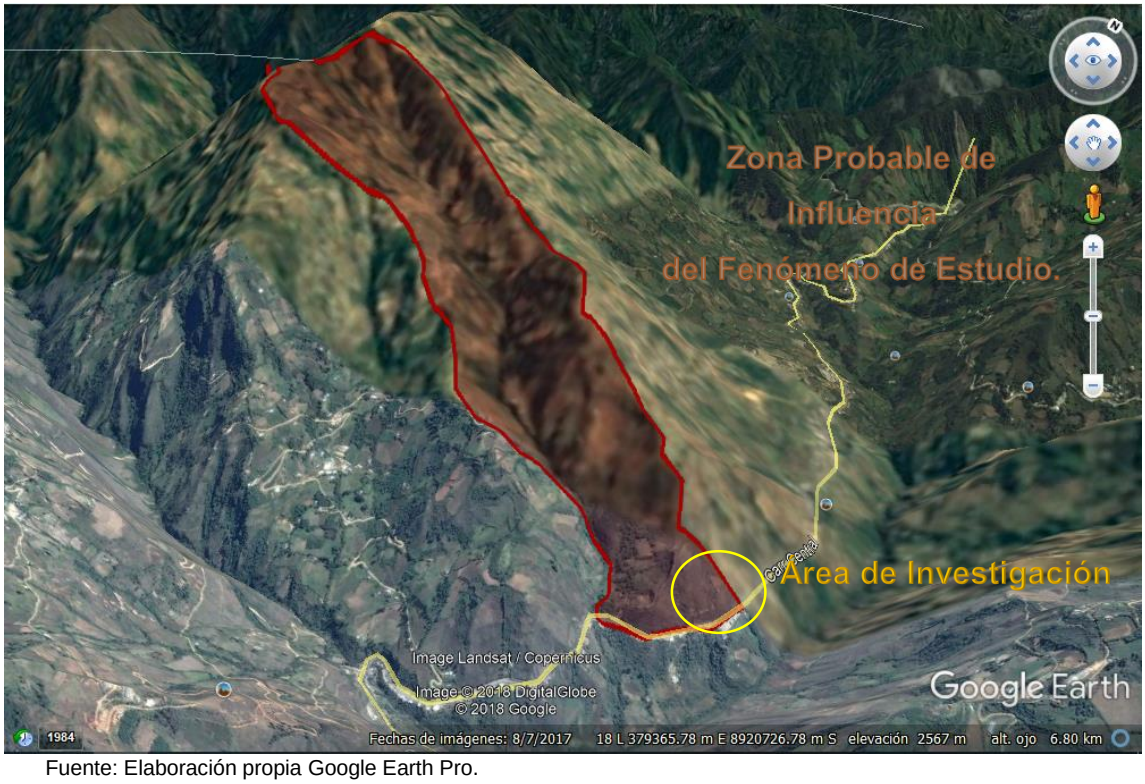
5° Movimientos complejos.
Deslizamiento – Flujos.

Paraje / Sector Distrito / Provincia Código	Causas o factores principales	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Km 60 carretera Huánuco-Tingo María Chinchao Huánuco 165121150	Tipo de suelo; rocas muy fracturadas; pendiente del terreno de 35º - 50º. Precipitaciones pluviales intensas; agua subterránea. Talud de corte de carretera.	4	3	12	Deslizamiento antiguo de escarpa abrupta con vegetación joven, se observa una removida con reactivación de escarpa de deslizamiento en la plataforma de carretera, con asentamientos y pérdida de asfalto.	Asentamientos en tres desarrollos de carretera.
km 38 carretera Huánuco-Tingo María. Chinchao Huánuco 165141159	Substrato de mala calidad conformado por esquistos; rocas muy fracturadas; tipo de suelo. Precipitaciones pluviales intensas; agua subterránea.	3	3	9	Movimiento lento de terreno, empuje sobre muro de concreto construido al pie del talud superior de carretera, levantamientos de la carretera, posible deslizamiento antiguo reactivado, en cuyo cuerpo existe abundante filtración de agua, en la zona se ubican dos viviendas.	Afecta 160 m de carretera, terrenos de cultivo y podría afectar dos viviendas.

Fuente: Zavala B., y Vílchez M. (2006) *Cuadro 7.4 Principales áreas afectadas por movimientos complejos* (p. 101).

Como se puede constatar en los antecedentes históricos registrados, los fenómenos de geodinámica externa más críticos ocurridos en zonas muy cercanas al área de investigación (centro poblado de Pachachupán) son: los deslizamientos y flujos de tierra, cuyos factores de causa son el substrato de mala calidad, tipo de suelo, pendiente de terreno y precipitaciones pluviales intensas. De esta manera el investigador procedió a delimitar el área probable de influencia del fenómeno de estudio que a continuación se mostrará:

Figura N°4. Mapa de la zona probable de influencia del fenómeno de estudio.



Fuente: Elaboración propia Google Earth Pro.

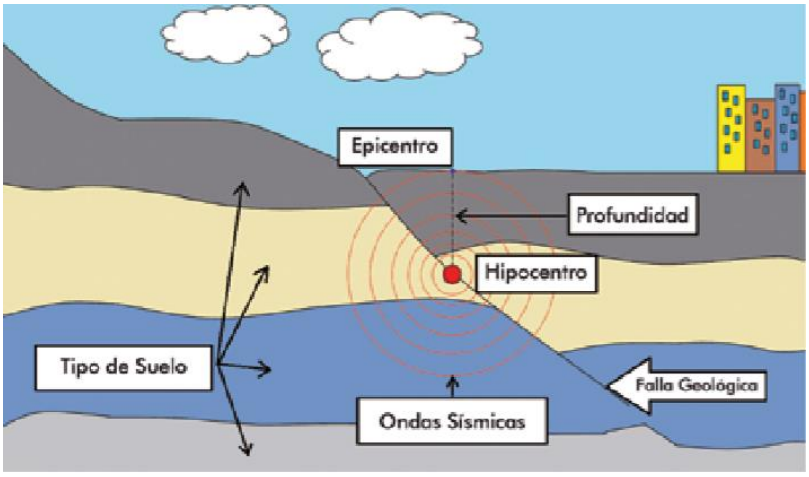
Como se observa en la figura N°4, la erosión de cárcavas y surcos generados por las precipitaciones, movimiento de las placas tectónicas, procesos erosivos y de meteorización por acción eólica, entre otros. Además, en el área de investigación hay presencia de falla geológica que no se encuentra activa debido a la poca frecuencia de eventos sísmicos de gran magnitud e intensidad; sin embargo, por acumulación de las escorrentías superficiales, y

demás factores indicados anteriormente se puede generar fenómenos de movimientos en masa como son deslizamientos y flujos de tierra.

4.1.5. Peligros generados por fenómenos de origen natural.

4.1.5.1. Peligros generados por fenómenos de geodinámica interna de la tierra.

a) **Sismo.** Los sismos se definen como un proceso paulatino, progresivo y constante de liberación súbita de energía mecánica debido a los cambios en el estado de esfuerzos, de las deformaciones y de los desplazamientos resultantes, regidos además por la resistencia de los materiales rocosos de la corteza terrestre, bien sea en zonas de interacción de placas tectónicas, como dentro de ellas. Una parte de la energía liberada lo hace en forma de ondas sísmicas y otra parte se transforma en calor, debido a la fricción en el plano de la falla.



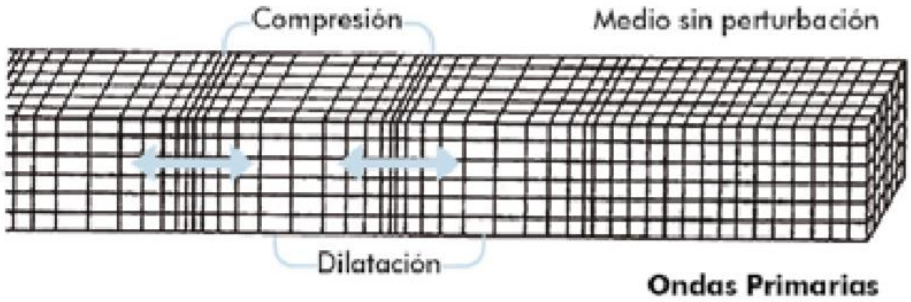
Fuente: CENEPRED. (2014). *Gráfico 8: Sismo originado por una falla geológica* (p.34).

a.1) Ondas sísmicas. Una onda sísmica es la perturbación efectuada sobre un medio material y se propaga con movimiento uniforme a través de este mismo medio.

a.1.1) Tipos de ondas. Las ondas que los aparatos registran son de dos tipos:

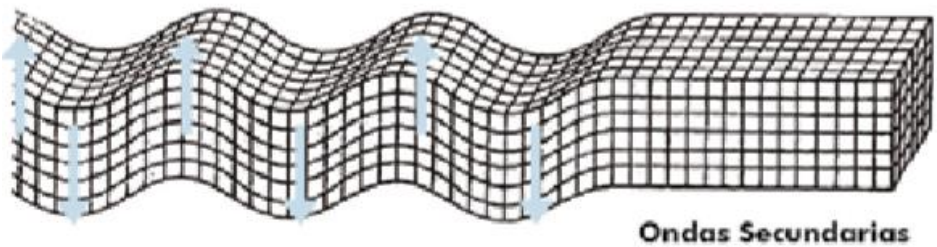
- **Profundas o corpóreas**, se propagan de manera esférica por el interior de la tierra, se forman a partir del hipocentro.

- **Primarios (P) o longitudinales.** Son las más rápidas en propagarse (6 – 10 km/s) y por lo tanto las primeras en ser detectadas por los sismógrafos. Se transmiten tanto en medios sólidos como fluidos. Su vibración es paralela al plano de propagación, de manera que actúan comprimiendo y dilatando el terreno.



Fuente: CENEPRED. (2014). *Gráfico 9: Onda primaria o longitudinal* (p.35).

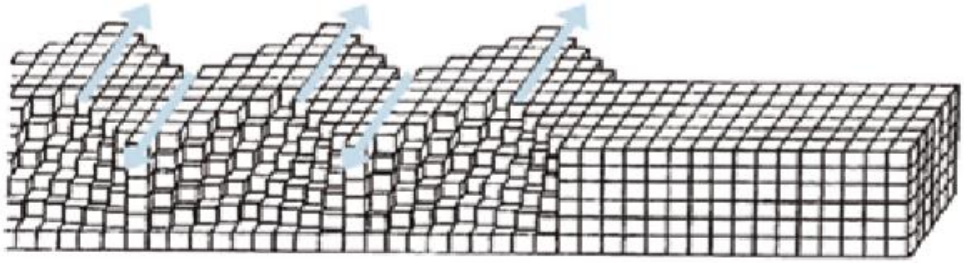
- **Secundarias (S) o transversales:** Son más lentas que las anteriores (4 – 7 Km/s) y solo se propagan en medios sólidos, por lo que no pueden atravesar el núcleo exterior terrestre. Vibran perpendicularmente a la dirección de propagación, cizallando los materiales.



Fuente: CENEPRED. (2014). *Gráfico 10: Onda secundaria o transversal* (p.36).

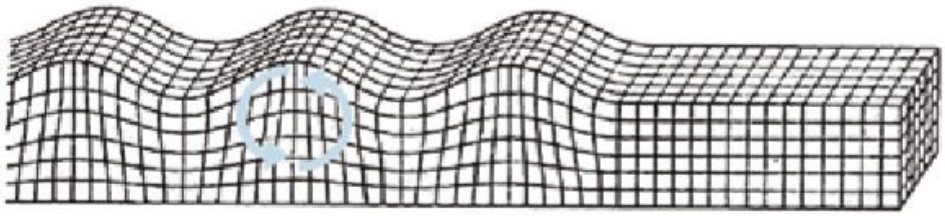
- **Superficiales o largas,** se transmiten en forma circular a partir del epicentro. Son las que producen los destrozos en la superficie. Son el resultado de la interacción de las ondas profundas con la superficie terrestre.

  Love (L): Su velocidad de propagación es de 2 – 6 Km/s, y se desplazan horizontalmente en la superficie, en forma perpendicular respecto a la dirección de propagación.



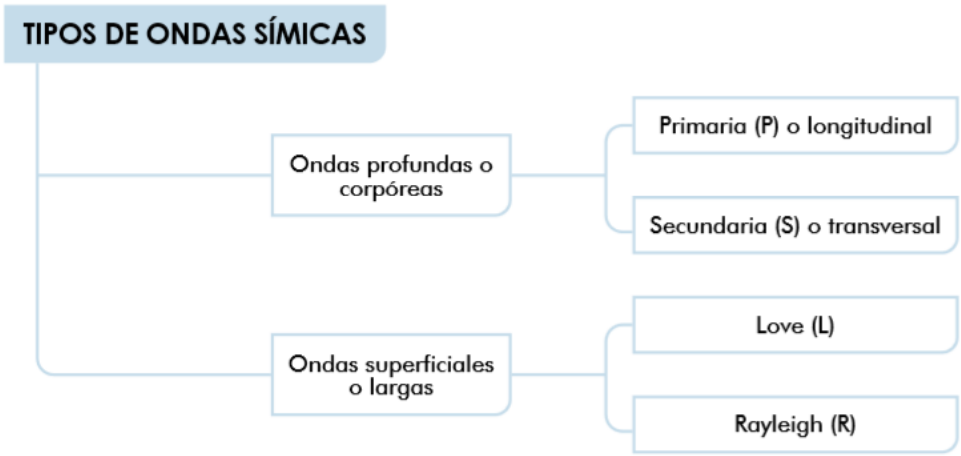
Fuente: CENEPRED. (2014). *Gráfico 10: Onda love* (p.36).

  Rayleigh (R): Son las más lentas en desplazarse (1 – 5 Km/s), aunque son las que más se dejan sentir por las personas. Se propagan de manera similar a como hacen las olas del mar. Las partículas se mueven en forma elipsoidal en el plano vertical.



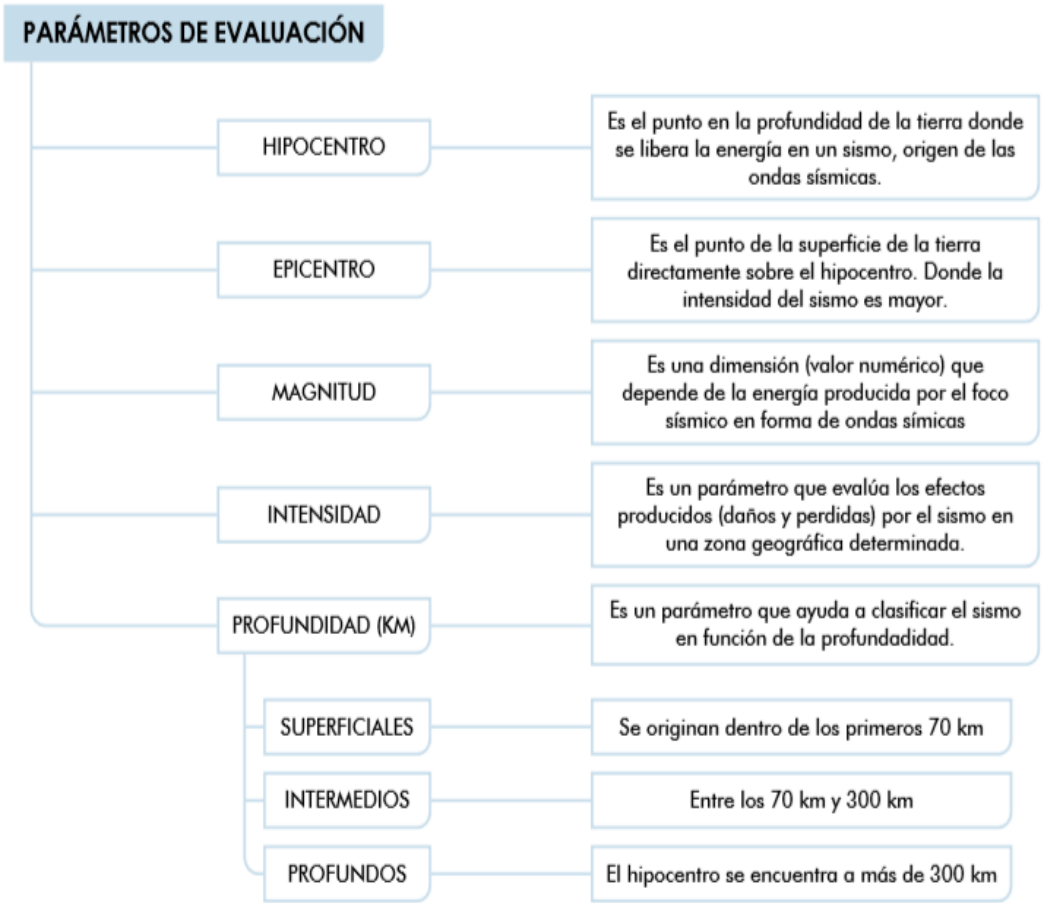
Fuente: CENEPRED. (2014). *Gráfico 12: Onda rayleigh* (p.36).

Esquema N°3



Fuente: CENEPRED. (2014). *Gráfico 14: Tipos de ondas sísmicas (*p.37).

Esquema N°4



Fuente: CENEPRED. (2014). *Gráfico22: Parámetros de evaluación para sismos (*p.42).

b) Peligro sísmico. Nuestro país se encuentra ubicado en la zona central y occidental de Sudamérica, presenta un territorio muy accidentado debido principalmente al proceso de subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana. Este proceso desencadena diferentes sismos con focos a diferentes niveles de profundidad que son los causantes de fenómenos naturales críticos y perjudiciales para la población. Para el monitoreo de la actividad sísmica que ocurre en el territorio peruano, el Instituto Geofísico del Perú (IGP), opera una red sísmica nacional compuesta por 31 estaciones, de las cuales 20 son de periodo corto y 11 de banda ancha.

La peligrosidad sísmica es la probabilidad de que un parámetro elegido para medir el movimiento del suelo (desplazamiento, velocidad, aceleración, magnitud, intensidad, etc.) supere un nivel dado a lo largo del tiempo que se considera de interés.

b.1) Métodos para evaluar la peligrosidad sísmica. Los métodos pueden ser determinísticos y probabilísticos. Ambos consideran la sismicidad como un fenómeno estacionario, y suponen que los sismos que ocurrirán en el futuro serán de las mismas características que los sucedidos en el pasado.

- **Método determinístico.** Los métodos deterministas analizan la sismicidad propia de cada zona sismo genética que afecta al lugar cuya peligrosidad se estudia, con objeto de estimar el máximo sismo potencial o que razonablemente se puede esperar en cada una de ellas. Este es el único terremoto considerado en el análisis y se acepta que volverá a repetirse en el futuro. Por ello mide la contribución de la zona al peligro sísmico en el emplazamiento. Para estimar su tamaño, normalmente se consideran datos de paleosismicidad; sismicidad histórica (dada sólo por documentos y referencias, y evaluada únicamente por la intensidad) y de

sismicidad instrumental (que incluye registros y puede ser medida también con escalas de magnitud). Con objeto de hacer más segura la estimación, muchas veces la magnitud y la intensidad obtenidas se aumentan en medio grado y un grado, respectivamente. Este máximo terremoto potencial, o razonablemente esperable, se sitúa en el lugar de cada zona sismogenética más próximo al emplazamiento, punto al que, mediante una ley de atenuación, se traslada el parámetro (velocidad, aceleración, etc.) que expresa el efecto del terremoto. La peligrosidad final se toma como el máximo de las acciones correspondientes a todas las zonas sismogenéticas. Si éstas no han sido definidas, el proceso se realiza considerando directamente los efectos de cada terremoto de la región que rodea al emplazamiento.

- **Método probabilístico.** Los métodos probabilistas parten del conocimiento de la sismicidad pasada para deducir las leyes estadísticas que regirán la actividad sísmica futura. Con ello se estima la probabilidad de que los distintos niveles de movimiento del suelo sean superados en un plazo dado. En este caso, una vez determinadas las zonas sismogenéticas, la sismicidad de cada una de ellas se expresa con una ley de recurrencia de la forma Gutenberg-Richter. Así cada zona queda caracterizada por los parámetros a, b y las magnitudes máxima y mínima que acotan la línea de ajuste. Igual que en los estudios deterministas, una ley de atenuación adecuada traslada la influencia de cada zona al punto de análisis y la peligrosidad se evalúa sumando la influencia de todas las fuentes consideradas. Esto proporciona una curva de probabilidad anual de superación de diferentes valores del parámetro elegido. A partir de ella se obtiene la probabilidad correspondiente al tiempo de vida útil de la estructura. El inverso de la probabilidad anual de excedencia se llama periodo de retorno e

indica el número de años en el que se espera, con una probabilidad de aproximadamente el 63%, la superación del nivel elegido.

b.2) Parámetros de evaluación. El esquema 5, muestra parámetros generales que ayudan a caracterizar el fenómeno natural; el número y complejidad de los parámetros utilizados en un ámbito geográfico específico depende del nivel de detalle (escala) del estudio por lo cual esta lista puede variar. De acuerdo a las condiciones del ámbito geográfico de estudio, la existencia de información técnica generada por las entidades científicas, el detalle de dicha información, etc., se recomienda como mínimo utilizar tres parámetros de evaluación.

Se indican los parámetros considerados como parte importante en el cálculo del nivel de peligrosidad sísmica:

Esquema N°5. Escala de intensidad de Mercalli modificada, 1999.

GRADO	DESCRIPCIÓN
I	No sentido excepto por algunas personas bajo circunstancias especialmente favorables.
II	Sentido solo por muy pocas personas en reposos, especialmente en pisos altos de edificaciones. Objetos suspendidos delicadamente pueden oscilar.
III	Sentido muy sensiblemente por las personas dentro de edificaciones, especialmente las ubicadas en los pisos superiores. Muchas personas no se dan cuenta que se trata de un sismo. Automóviles parados pueden balancearse ligeramente. Vibraciones como las producidas por el paso de un cambio. Duración apreciable.
IV	Durante el día sentido en interiores por muchos, al aire libre por algunos. Por la noche algunos se despiertan. Platos, ventanas, puertas agitados; las paredes crujen. Sensación como si un camión chocara contra el edificio. Automóviles parados se balancean apreciablemente
V	Sentido por casi todos, muchos se despiertan. Algunos platos, ventanas y similares rotos; grietas en el revestimiento de algunos sitios. Objetos inestables volcados. Algunas veces se aprecia balanceo de los árboles, postes y otros objetos altos. Los péndulos de los relojes pueden pararse
VI	Sentido por todos, muchos se asustan y salen al exterior. Algunos muebles pesados se mueven; algunos casos de caída de revestimientos y chimeneas dañadas. Daño leve.
VII	Todo el mundo corre al exterior. Daño significante en edificios de buen diseño y construcción; leve a moderado en estructuras corrientes bien construidas; considerable en estructuras pobremente construidas o mal diseñadas; se rompen algunas chimeneas. Notado por personas que conducen automóviles.
VIII	Daño leve en estructuras diseñadas especialmente; considerables en edificios corrientes sólidos con colapso parcial; grande en estructuras de construcción pobre. Paredes separadas de la estructura. Caída de chimeneas, rimeros de fábricas, columnas, monumentos y paredes. Muebles pesados volcados. Eyección de arena y barro en pequeñas cantidades. Cambios en pozos de agua. Conductores en automóviles entorpecidos.
IX	Daño considerable es estructuras de diseño especial; estructuras con armaduras bien diseñadas pierden la vertical; grande en edificios sólidos con colapso parcial. Los edificios se desplazan de los cimientos. Grietas visibles en el suelo. Tuberías subterráneas rotas.
X	Algunos edificios bien construidos en madera destruidos; la mayoría de las obras de estructura de ladrillo, destruidas con los cimientos; suelo muy agrietado. Carriles torcidos. Corrimientos de tierra considerables en las orillas de los ríos y en laderas escarpadas. Movimientos de arena y barro. Agua salpicada y derramada sobre las orillas
XI	Pocas o ningunas obra de albañilería queda en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el suelo. Tuberías subterráneas completamente fuera de servicio. La tierra se hunde y el suelo se desliza en terrenos blandos. Carriles muy retorcidos.
XII	Destrucción total. Se ven ondas sobre la superficie del suelo. Líneas de mira (visuales) y de nivel deformadas. Objetos lanzados al aire.

Fuente: CENEPRED. (2014). *Cuadro 03: Escala de intensidad de Mercalli modificada, 1999 (*p.43).

Esquema N°6. Magnitud del sismo.

PARÁMETRO		MAGNITUD DEL SISMO	PESO PONDERADO: 0.283	
DESCRIPTORES	S1	Mayor a 8.0 : Grandes terremotos	PS1	0.503
	S2	6.0 a 7.9 : Sismo mayor	PS2	0.260
	S3	4.5 a 5.9 : Pueden causar daños menores en la localidad	PS3	0.134
	S4	3.5 a 4.4 : Sentido por mucha gente	PS4	0.068
	S5	Menor a 3.4 : No es sentido en general pero es registrado en sismógrafos	PS5	0.035

Fuente: CENEPRED. (2014). *Cuadro 05: Magnitud del sismo (*p.44).

Esquema N°7. Intensidad del sismo.

PARÁMETRO		INTENSIDAD DEL SISMO	PESO PONDERADO: 0.643	
DESCRIPTORES	X1	XI y XII. Destrucción total, puentes destruidos, grandes grietas en el suelo. Las ondas sísmicas se observan en el suelo y objetos son lanzados al aire.	PX1	0.503
	X2	IX y X. Todos los edificios resultan con daños severos, muchas edificaciones son desplazadas de su cimentación. El suelo resulta considerablemente fracturado.	PX2	0.260
	X3	VI, VII y VIII. Sentido por todos, los muebles se desplazan, daños considerables en estructuras de pobre construcción. Daños ligeros en estructuras de buen diseño.	PX3	0.134
	X4	III, IV y V. Notado por muchos, sentido en el interior de las viviendas, los árboles y postes se balancean.	PX4	0.068
	X5	I y II. Casi nadie lo siente y/o sentido por unas cuantas personas.	PX5	0.035

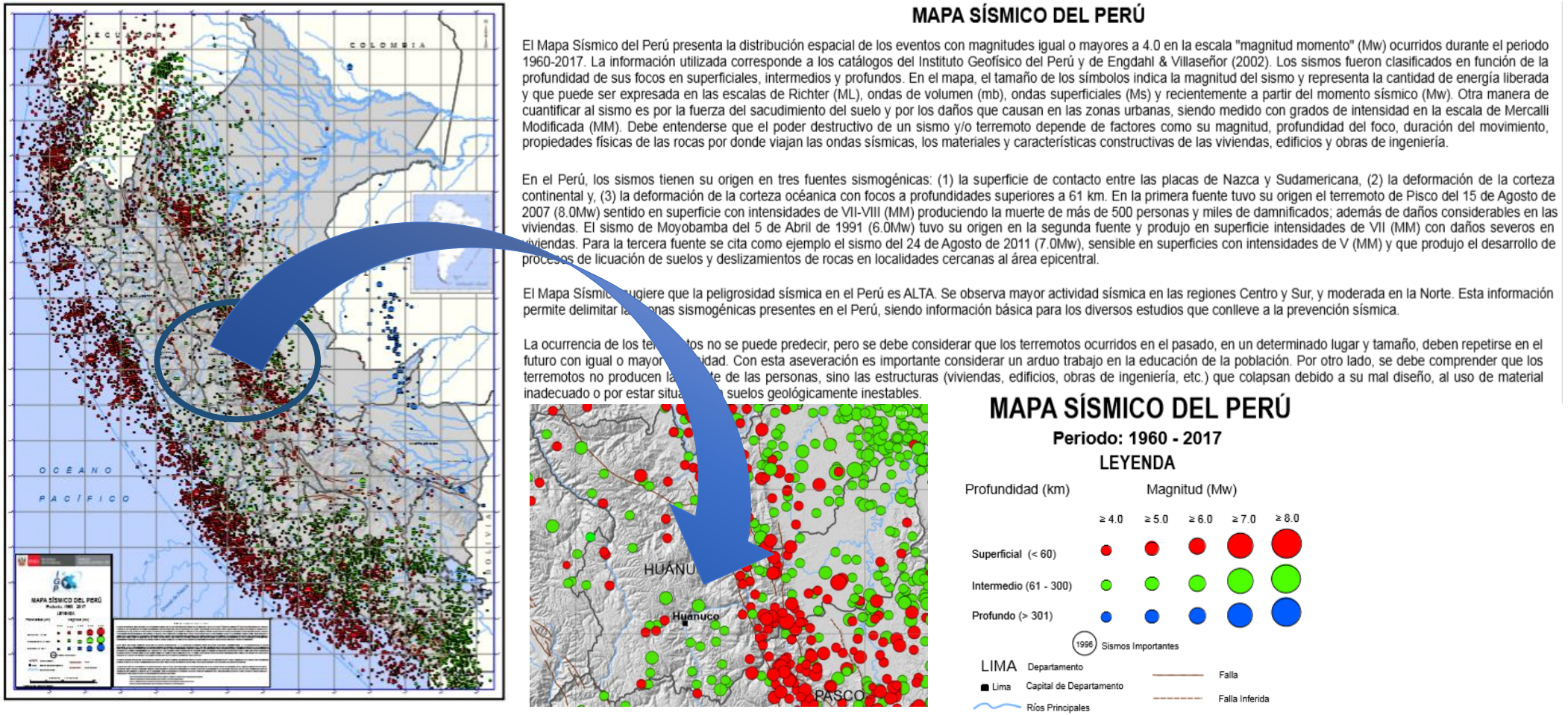
Fuente: CENEPRED. (2014). *Cuadro 06: Intensidad del sismo (*p.45).

Esquema N°8. Aceleración natural del suelo.

PARÁMETRO		ACELERACIÓN NATURAL DEL SUELO	PESO PONDERADO: 0.074	
DESCRIPTORES	AS1	Menor a 0.05 micrones	PAS1	0.503
	AS2	0.05 – 2 micrones	PAS2	0.260
	AS3	2 – 5 micrones	PAS3	0.134
	AS4	5 – 8 micrones	PAS4	0.068
	AS5	8 – 10 micrones	PAS5	0.035

Fuente: CENEPRED. (2014). *Cuadro 07: Aceleración natural del suelo (*p.45).

Figura N°5. Mapa sísmico del Perú y regional de Huánuco.



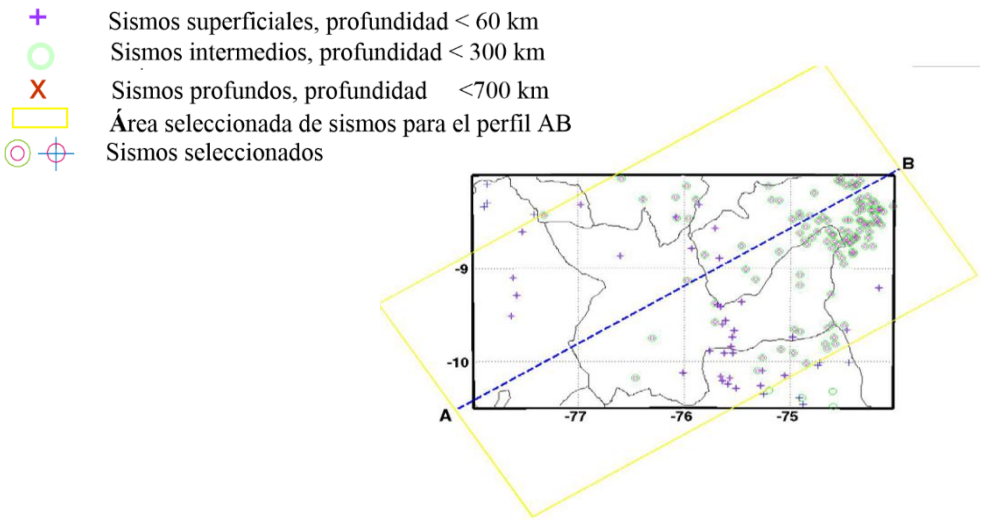
Fuente: Instituto Geofísico del Perú (2017). *Mapa Sísmico del Perú.*

Como se puede observar en la figura N°5, en el área de investigación la actividad sísmica es superficial y de magnitud de 4 a 6 Mw. Sin embargo, es imprescindible considerar la elaboración de un mapa de microzonificación sísmica para la región de Huánuco. A fin de tener resultados y evaluaciones más precisas, teniendo la data de los puntos más críticos de fenómenos de geodinámica interna (sismos) para prevenir los peligros geológicos que se puedan dar. Tomando acciones inmediatas y decisiones para reducirlas y evitarlas. Para mayores detalles e información se deberá revisar los anexos del presente estudio en donde se detallará los mapas de aceleraciones sísmicas en Huánuco para períodos de retorno de 30, 50 y 100 años. Además del mapa sísmico del Perú.

b.3) Zonificación y aceleraciones máximas.

El mapa de zonificación sísmica para el Perú (ALVA, 1999), actualmente es utilizado en el reglamento nacional de construcción sísmica (Figura N°6). Según dicho mapa (MTC/SENCICO, 1997), la región de Huánuco, se ubica dentro de la zona 2 que corresponde a la intensidad media y en ella las aceleraciones oscilan entre 275 a 455 gals.

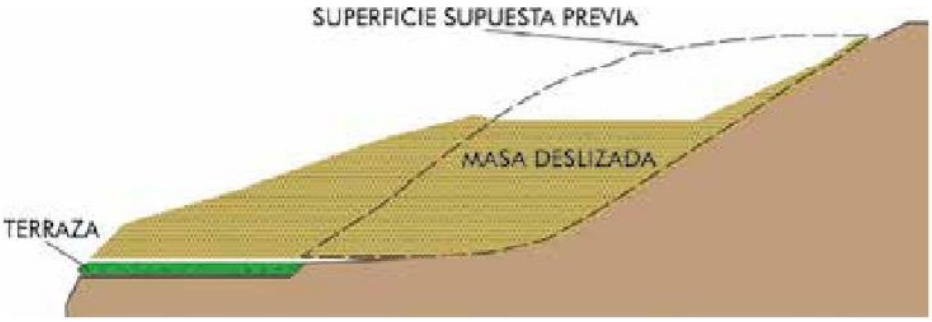
Figura N°6. <u>Mapa de ubicación de la región Huánuco en la zonificación sísmica para el Perú.</u>



Fuente: Zavala B., y Vílchez M. (2006) *Figura N°8 Mapa de distribución de sismos de Huánuco (*p. 114).

4.1.5.2. Peligros generados por fenómenos de geodinámica externa.

a) **Movimientos en masa.** Los movimientos en masa en laderas, son procesos de movilización lenta o rápida que involucran suelo, roca o ambos, causados por exceso de agua en el terreno y/o por efecto de la fuerza de gravedad.



Fuente: CENEPRED. (2014). *Gráfico 44: Proceso de movimiento en masas (*p.68).

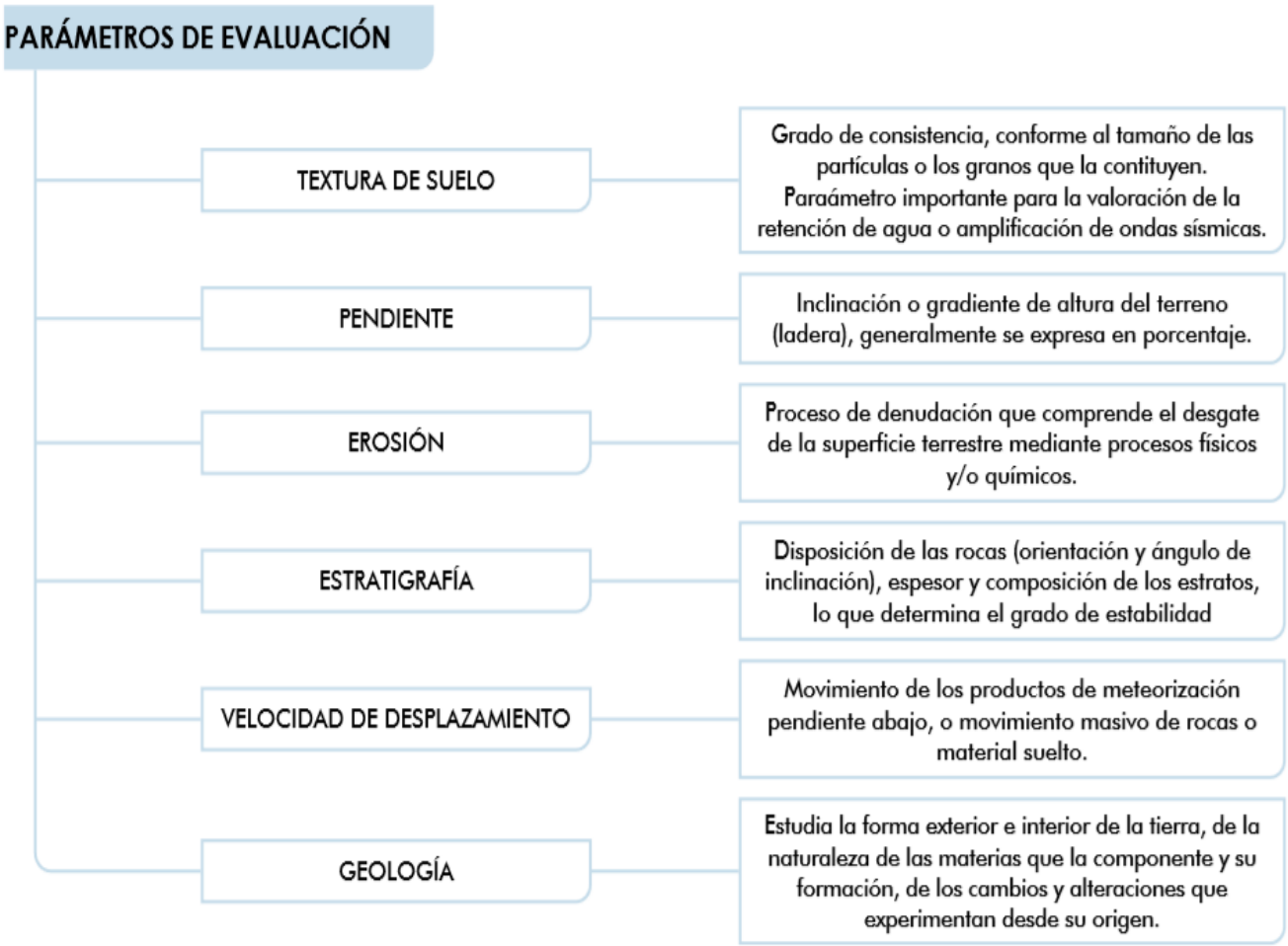
Los deslizamientos consisten en un descenso masivo o relativamente rápido, a veces de carácter catastrófico, de materiales, a lo largo de una pendiente. El deslizamiento se efectúa a lo largo de una superficie de deslizamiento, o plano de cizalla, que facilita la acción de la gravedad. La pérdida de cobertura vegetal y forestal favorece a la meteorización y el consecuente desplazamiento mecánico del material por factores desencadenantes.



Fuente: CENEPRED. (2014). *Gráfico 45: Etapas de erosión del suelo (*p.68).

a.1) Parámetros de evaluación. El esquema N°9, muestra parámetros generales que ayudan a caracterizar el fenómeno de origen natural; el número y complejidad de los parámetros utilizados en un ámbito geográfico específico depende del nivel de detalle (escala) del estudio por lo cual esta lista puede variar.

Esquema N°9. Parámetros de evaluación de la erosión del suelo.



Fuente: CENEPRED. (2014). *Gráfico 46: Parámetros de evaluación de la erosión del suelo (*p.69).

a.2) Tipos de deslizamiento. Se presentan las siguientes clases de movimientos en masa: caídas, vuelcos, deslizamientos, flujos, propagaciones laterales, reptaciones; se describe además cierto tipo de deformaciones gravitacionales profundas, ver esquema N°10.

Esquema N°10. Tipos de movimiento en masa.

TIPO	SUBTIPO
Caídas	Caída de roca (detritos o suelo)
Volcamiento	Volcamiento de roca (bloque)
	Volcamiento flexural de roca o del macizo rocoso
Deslizamiento de roca o suelo	Deslizamiento traslacional, deslizamiento en cuña
	Deslizamiento rotacional
Propagación lateral	Propagación lateral lenta
	Propagación lateral por licuación (rápida)
Flujo	Flujo de detritos
	Crecida de detritos
	Flujo de lodo
	Flujo de tierra
	Flujo de turba
	Avalancha de detritos
	Avalancha de rocas
	Deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuación (de arena, limo, detritos, roca fracturada)
Reptación	Reptación de suelos
	Solifluxión, gelifluxión (en permafrost)
Deformaciones gravitacionales profundas	

Fuente: CENEPRED. (2014). *Cuadro 19: Tipos de movimientos en masa (*p.70).

Para nuestro caso, el área de investigación es de tipo deslizamiento de roca o suelo y de Subtipo deslizamiento rotacional, ya que los desplazamientos ocurren o tienen lugar a lo largo de una superficie de ruptura de forma curva o cóncava.

A continuación, se detallará una imagen panorámica del fenómeno de estudio en el área de investigación.

Figura N°7. Vista panorámica del fenómeno de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

a.3) Parámetros y descriptores ponderados para la caracterización del fenómeno de movimientos en masa. Serán detallados en los esquemas N°11, 12, 13 y 14 a continuación:

Esquema N°11. Textura de suelo.

PARÁMETRO		PENDIENTE	PESO PONDERADO: 0.306	
DESCRIPTORES	TX1	Finas: Suelos arcillosos (arcilloso arenoso, arcilloso limonoso, arcilloso)	PTX1	0.503
	TX2	Moderadamente Fina: Suelos francos (franco arcilloso, franco limonoso arcilloso y/o franco limonoso arcilloso)	PTX2	0.260
	TX3	Mediana: Suelos francos (franco, franco limonoso y/o limonoso)	PTX3	0.134
	TX4	Moderadamente gruesa: suelos francos (franco arenoso)	PTX4	0.068
	TX5	Gruesa: Suelos arenosos: arenosos, franco arenosos	PTX5	0.035

Fuente: CENEPRED. (2014). *Cuadro 20: Textura del suelo* (p.71).

Esquema N°12. Pendiente.

PARÁMETRO		TEXTURA DE SUELO	PESO PONDERADO: 0.548	
DESCRIPTORES	PN1	30° a 40°	PPN1	0.503
	PN2	25° a 45°	PPN2	0.260
	PN3	20° a 30°	PPN3	0.134
	PN4	10° a 20°	PPN4	0.068
	PN5	Menor a 5°	PPN5	0.035

Fuente: CENEPRED. (2014). *Cuadro 21: Pendiente (*p.71).

Esquema N°13. Erosión.

PARÁMETRO		PENDIENTE	PESO PONDERADO: 0.101	
DESCRIPTORES	E1	Zonas muy inestables. Laderas con zonas de falla, masas de rocas intensamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas y muy fracturadas y depósitos superficiales inconsolidades y zonas con intensa erosión (cárcavas)	PE1	0.503
	E2	Zonas inestables, macizos rocosos con meteorización y/o alteración intensa a moderada, muy fracturadas; depósitos superficiales inconsolidados, materiales parcialmente a muy saturados, zonas de intensa erosión.	PE2	0.260
	E3	Zonas de estabilidad marginal, laderas con erosión intensa o materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados.	PE3	0.134
	E4	Laderas con materiales poco fracturados, moderada a poca meteorización, parcialmente erosionadas, no saturadas.	PE4	0.068
	E5	Laderas con substrato rocoso no meteorizado. Se pueden presentar inestabilidades en las laderas adyacentes a los ríos y quebradas, por socavamiento y erosión.	PE5	0.035

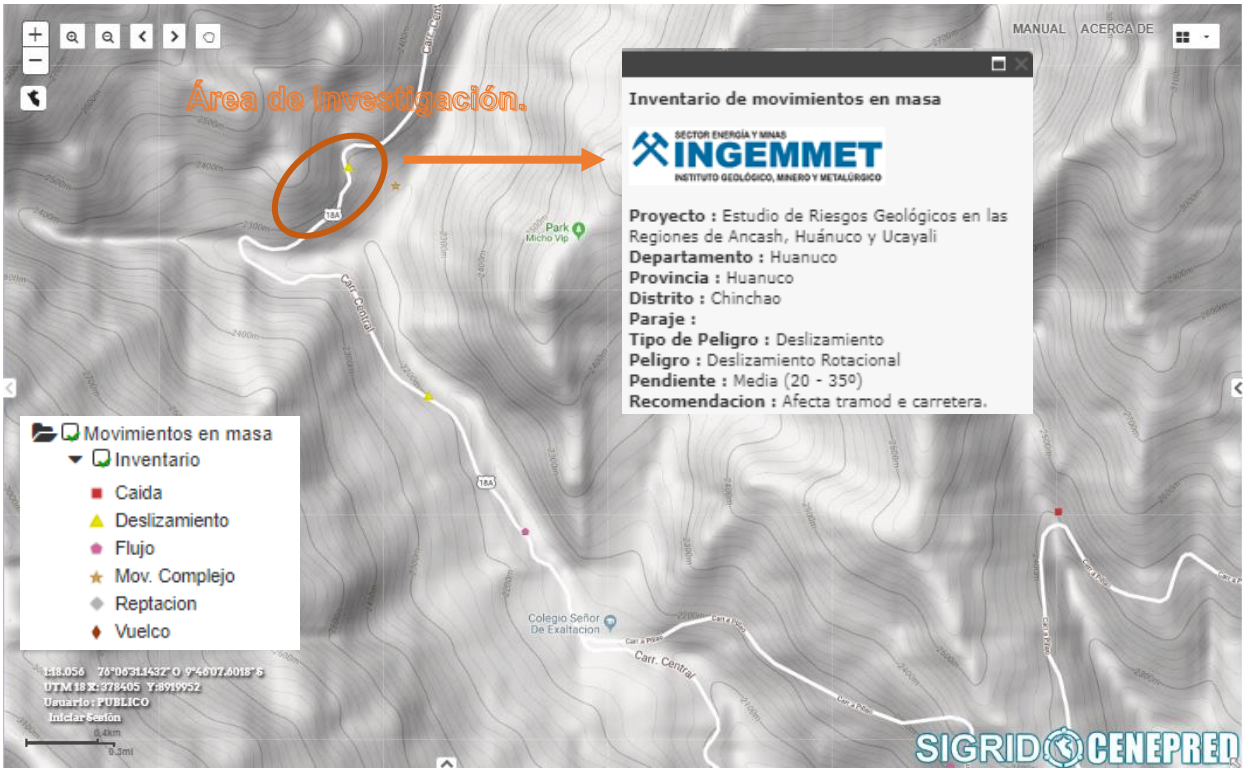
Fuente: CENEPRED. (2014). *Cuadro 22: Erosión (*p.72).

Esquema N°14. Velocidad de desplazamiento.

PARÁMETRO		PENDIENTE	PESO PONDERADO: 0.045	
DESCRIPTORES	VD1	Extremadamente rápido (v= 5m/s)	PVD1	0.503
	VD2	Muy rápido (v= 0.05m/s)	PVD2	0.260
	VD3	Rápido (v= 0.0033 m/s)	PVD3	0.134
	VD4	Moderada (v=3.009x10-4 m/s)	PVD4	0.068
	VD5	Lenta a extremadamente lenta (v=5.144x10-8 m/año a 5.144x10-10 m/año)	PVD5	0.035

Fuente: CENEPRED. (2014). *Cuadro 23: Velocidad de desplazamiento (*p.72).

Figura N°8. Mapa de identificación de movimientos en masa.



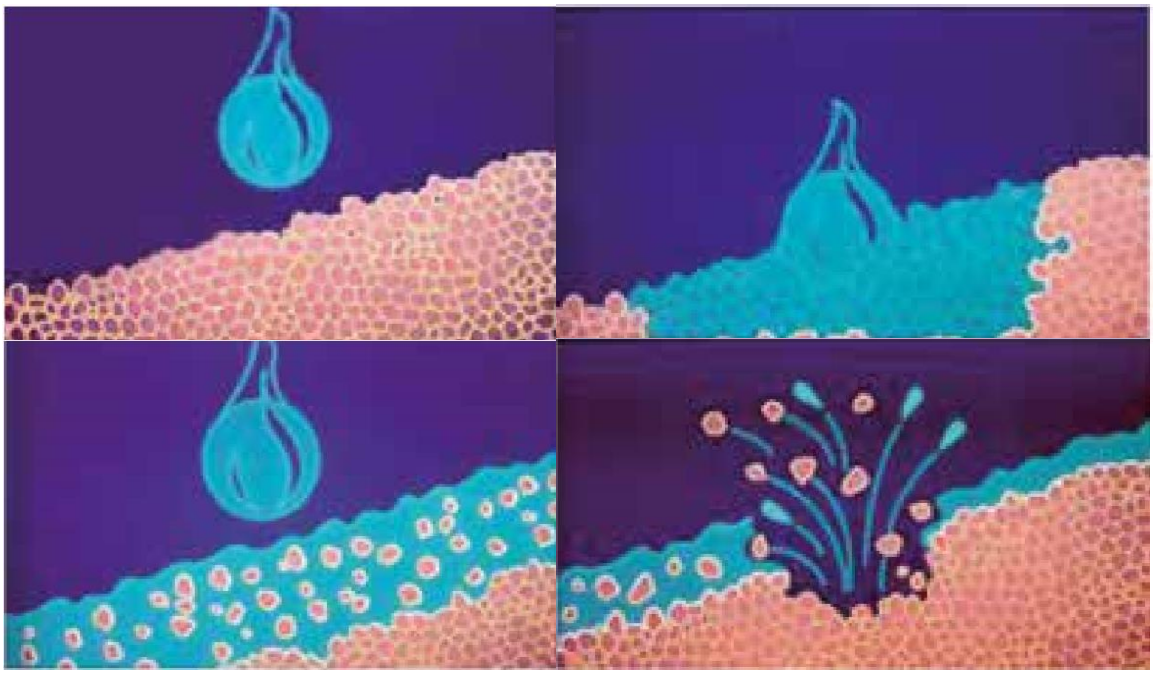
Fuente: Elaboración propia en SIGRID-CENEPRED.

Como se puede observar en figura N°8, en nuestra área de investigación se identifica el deslizamiento como fenómeno de movimiento en masa, cuya información está registrada por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).

4.1.5.3 Peligros generados por fenómenos de origen hidrometereológico y oceanográfico.

a) **Erosión de Suelos.** Entre los peligros por geodinámica externa, se encuentran los producidos por erosión de capa superficial de suelos o rocas debido a la acción de factores desencadenantes naturales como la lluvia y el viento los que afectan la erodabilidad o vulnerabilidad de los factores condicionantes. Otra definición: “proceso natural de movimiento de las partículas del suelo de un sitio a otro principalmente por medio de la acción del agua o del viento”.

Figura N°9. Erosión del suelo por efecto de las lluvias.



1°Las gotas de lluvia golpean el suelo (vista superior izquierda), **2°**La permanente caída de lluvia humedece el suelo y las partículas se desprenden (vista superior derecha), **3°**las partículas son arrastradas (vista inferior izquierda) y **4°**las gotas dispersan las partículas húmedas (vista inferior derecha).

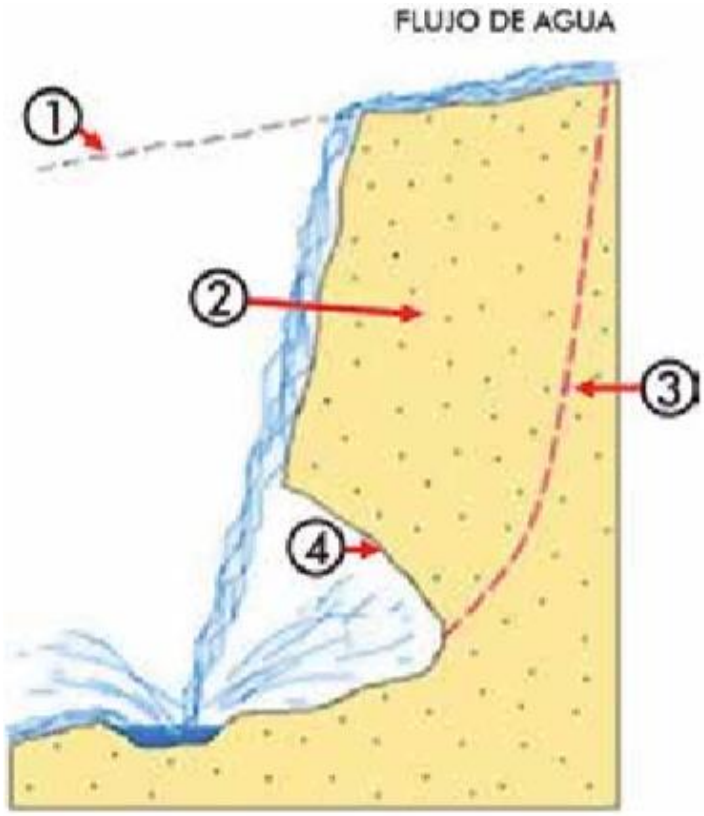
Fuente: CENEPRED. (2014). *Gráfico 52: Erosión del suelo por efecto de las lluvias* (p.89).

Los elementos más importantes que desencadenan la erosión son el agua y el viento. En función de esto se conocen dos tipos de erosión: eólica y la hídrica. A nivel mundial la erosión hídrica es el tipo de erosión más importante de degradación de suelos.

a.1) Erosión hídrica. Es la erosión por agua de lluvia y abarca la erosión provocada por el impacto de las gotas sobre el suelo desnudo, como también la acción hidráulica que arranca y transporta las partículas de suelo por el escurrimiento en laderas y taludes.

La erosión hídrica es un proceso complejo, comprende la desagregación del suelo por impacto de la gota de lluvia, el desprendimiento por el flujo superficial de agua, y el transporte por salpicado o por escurrimiento (Meyer and Harmon, 1984). Ver figura N°10.

Figura N°10. Efectos del impacto y salpicadura de un salto de la cabecera de un barranco: 1) perfil original, 2) porción a desplomarse, 3) línea de ruptura o de falla y 4) socavadura.



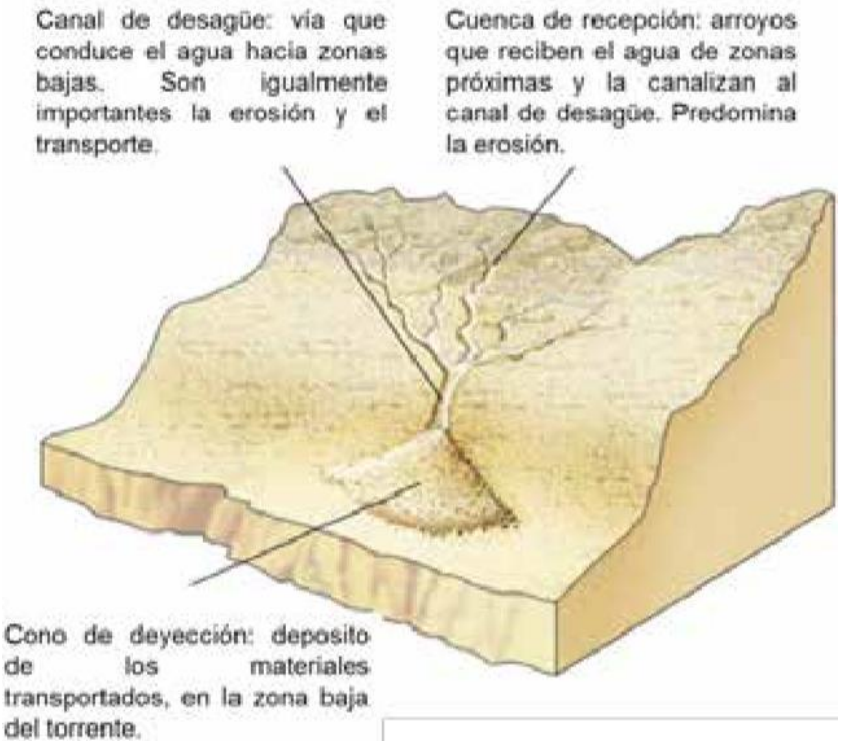
Fuente: CENEPRED. (2014). *Gráfico 53: Efectos del impacto y salpicadura de un salto en la cabecera de un barranco: 1) perfil original, 2) porción a desplomarse, 3) línea de ruptura y 4) socavadura* (p.90).

La resistencia del suelo a este proceso se relaciona con la textura, la estabilidad de agregados, la cohesividad, la capacidad de infiltración y los contenidos minerales y orgánicos. Los suelos de textura fina generalmente son más resistentes a la desagregación, pero sus sedimentos son fácilmente transportables; mientras, que los suelos de textura gruesa son desagregados rápidamente, pero sus sedimentos son dificultosos de transportar. Los suelos francos y franco-limosos son fácilmente desagregados y transportados, por eso se los considera muy erodibles (Wischmeier & Mannering, 1969)

a.2) Erosión por movimientos en masa. Hoy resulta evidente que la causa fundamental de la erosión es la actuación de diferentes tipos de lluvia sobre distintos tipos y condiciones de suelo. Por consiguiente, la mayor o menor importancia de la erosión dependerá de la combinación de la energía de la lluvia, que es el agente agresor, con la capacidad de un suelo para resistir a dicha agresión. Es lo que en términos cuantitativos se expresaría como erosión = f (erosividad, erodibilidad) - (Hudson, 1982).

La erosividad queda definida, así como la capacidad potencial de la lluvia para erosionar. Cada tormenta da lugar a una energía de choque dependiente, ante todo, de la intensidad del aguacero que para una condición de suelo dada, puede provocar una determinada cantidad de erosión. El poder erosivo de diferentes eventos pluviales es susceptible de ser comparado y adicionado pudiéndose construir una escala de valores de erosividad. Ver figura N°11.

Figura N°11. Transporte de material desde la parte alta de la cuenca debido a las lluvias.



Fuente: CENEPRED. (2014). *Gráfico 56: Transporte de material desde la parte alta de la cuenca debido a las lluvias* (p.90).

b) Factores para determinar la erosión de suelo.

La ecuación universal de erosión de suelo (Wischmeier and Smith, 1978), fue desarrollada para proporcionar una herramienta importante para la conservación del suelo y puede ser usada en cualquier región geográfica modificando sus factores. Calcula el promedio anual de erosión usando una relación funcional de varios factores expresados en la siguiente ecuación:

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

Donde:

A = Pérdida de suelo por unidad de superficie. Unidades: Mg/ha.

R = Erosividad de las lluvia (climatológicos). Unidades: MJ.mm./ha.hr.año. K = Erodabilidad del suelo. Unidades: Mg/J.

L = Factor de longitud de la pendiente. Adimensional

S = Factor de inclinación de la pendiente. Adimensional

C = Cobertura vegetal (biológicas). Factor de uso y manejo.

P = Práctica de conservación de suelos (actividades inducidas por el hombre).

- **Factor de erosividad de las lluvias (R):**

Es el número de unidades de índice de erosión (IE) que ocurre en un año normal de lluvias. La pérdida de suelo en campos desnudos es directamente proporcional al producto de la energía cinética total de la lluvia por su intensidad máxima desarrollada durante 30 minutos continuos. Las unidades de R son MJ.mm/ha/h, promedio de los valores de R de 20 a 25 años.

$$\mathbf{R} = \sum \boldsymbol{El}_{30}$$

Dónde:

E =Energía Cinética total para un evento de precipitación.

I_{30}=Intensidad máxima de la precipitación en 30 minutos.

- **Factor erodabilidad del suelo (K):**
  Indica la susceptibilidad de los suelos a ser erosionados, así como la cantidad de erosión (A), por unidad de índice de erosión (EI) obtenida de parcelas unitarias localizadas en dicho suelo; su determinación está en función del % de arena + limo, el % de arena, el % de materia orgánica, la estructura del suelo y la permeabilidad.

- **Factor longitud (L) y gradiente de la pendiente (S):**
  Estos factores no son independientes en su acción sobre la erosión, porque el efecto de la topografía como factor en la erosión se explica por la interacción de la longitud y la pendiente.

- **Factor cobertura vegetal (C):**
  La cobertura de suelo es la más grande defensa contra la erosión de suelo, pero un mantenimiento de variables de sistema de cultivos y manejo también influyen altamente en la habilidad de la superficie de suelo a resistir la erosión.

  Todo esto es combinado en el factor de cobertura y manejo, C. Hay un procedimiento para calcular C para un cultivo y sistema de manejo dado con relación a un patrón de lluvia. Tablas regionales de valores de C son disponibles para condiciones de sitios de construcción, pastizales y bosque. Valores de C universalmente no válidos no existen. Por la gran variedad de cultivos, secuencias y rotaciones de cultivos y manejos, se hace necesaria la evaluación de valores de C experimentadas en condiciones locales.

- **Factor prácticas de conservación de suelos (P)**
  Los valores de P varían entre 0 y 1. La determinación del factor P por efecto de incluir prácticas de conservación de suelos son obtenidos de valores de ensayos experimentales.

Para nuestro caso se determinó la erosión del suelo en el Área de Investigación determinando el parámetro A (pérdida de suelo por unidad de superficie). A continuación, se detallará el procedimiento de cálculo para cada factor con su respectivo análisis y obtención de resultados:

- **Determinación del factor de erosividad de las lluvias (R).**

  Ecuaciones basadas en las lluvias extremas.

  Otro método empleado en la estimación de R, utiliza los valores de la lluvia de 2 años y 6 horas, la cual puede ser obtenida de estudios de lluvias extremas o de mapas de profundidad-duración-frecuencia. Este método es presentado por USDA ARS (1992) en el manual de la RUSLE. La mejor ecuación fue obtenida por Cooley et.al (1988). La ecuación es:

$$R = 22.17 * P_{2,6}^{2.56}$$

  En la cual:

  R = valor de R en 100ft-ton in/acre h.

  $P_{2,6}$= lluvia de 2 años y 6 horas (pulgadas)

  Para el sistema métrico la ecuación quedaría como:

$$R = 0.0956\ P^{2.56}$$

  En donde:

  R = valor de R en MJ mm/ha h.

  $P_{2,6}$= es la lluvia de 2 años y 6 horas en milímetros.

  Los registros pluviales de los 2 años y 6 horas fueron obtenidos de la data del SENAMHI de la Estación Meteorológica Convencional de CARPISH, para mayor información se recomienda revisar el Estudio Hidrológico en donde se detalla el reporte de datos oficiales obtenidos y procesados, a continuación, se indicará los resultados:

Estimación de R de la estación meteorológica convencional de Carpish (CHINCHAO)		
Precipitación	**7hr**	**19hr**
6hr. Oct-16 (mm)	3.48	1.63
Desde 01/11/2016 (mm)	2373.70	2091.10
Al 01/11/2018 (mm)		
TOTAL	**2377.18**	**2092.73**
En pulgadas (")	**93.59**	**82.39**

Fuente: Elaboración propia.

R = 0.0956 * 4469.91

R = 427.3 MJ mm/ha h.

- **Determinación del factor de la erodabilidad de los suelos (K).**

  Como se mencionó anteriormente, K es el factor de erodabilidad y se calcula en función de: porcentaje de limo+arena muy fina (0.1-0.002 mm), porcentaje de arena, porcentaje de materia orgánica, índice de permeabilidad e índice de textura. El factor K se puede estimar mediante el nomograma que aparece en la figura 9 o puede ser calculado analíticamente mediante la ecuación:

$$100\,K = 2.1\,M^{1.14}\,(10^{-4})\,(12\text{-}a) + 3.25(b\text{-}2) + 2.5(c\text{-}3)$$

  En donde:

  M = (% limo+arena muy fina) *(100-%arcilla).

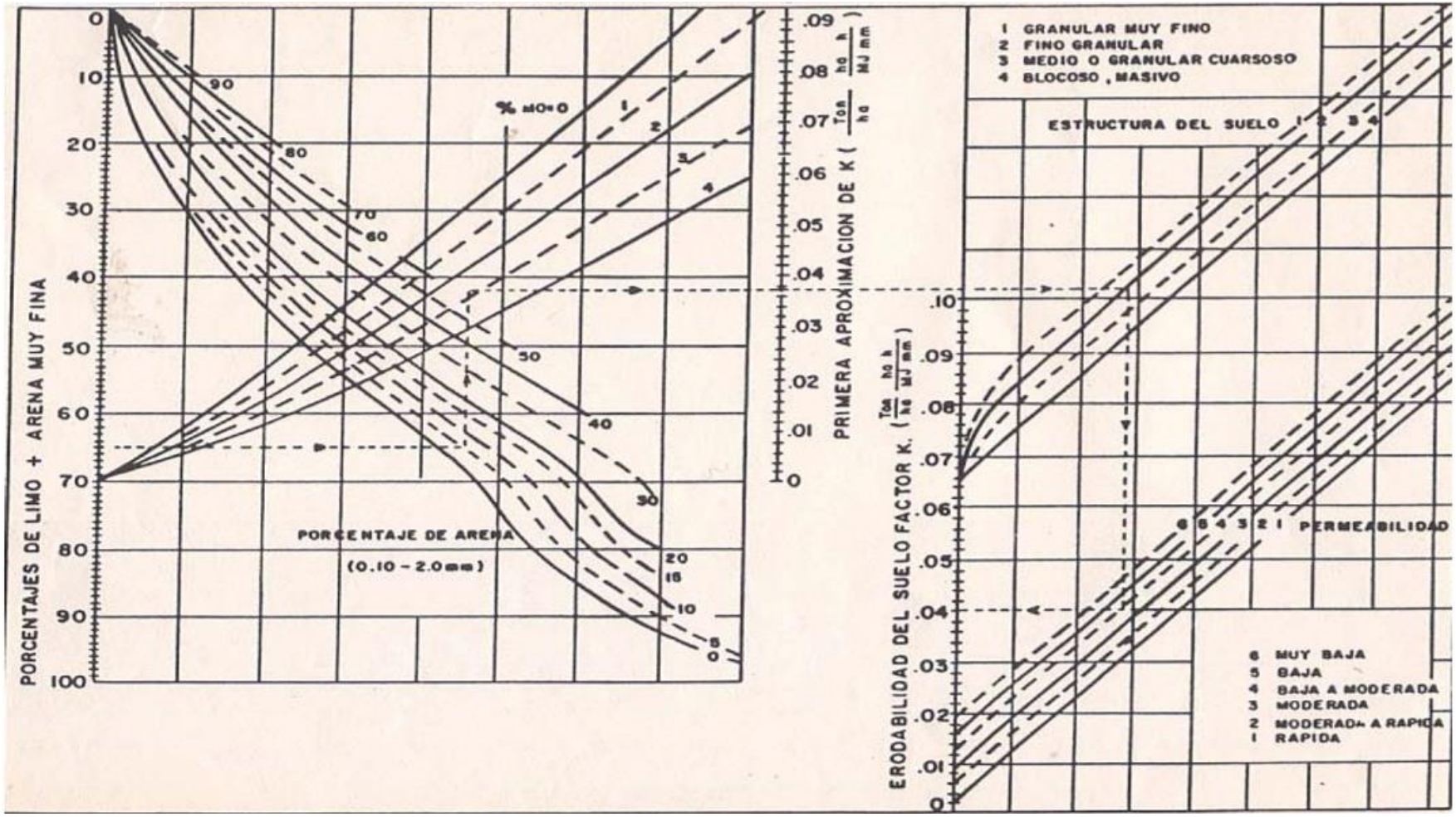
  a = % de materia orgánica.

  b= código de estructura de suelo.

  c= clase de permeabilidad.

  El valor de K está expresado en unidades inglesas, para transformarlo a unidades métricas deberá ser multiplicado por un factor, de esa manera, para obtener K en unidades métricas se multiplicará ésta por el factor 1.317 (para R en centímetros). Tanto la ecuación señalada como el nomograma de la figura N°12, son válidos para suelos con valores de (limo+arena muy fina) menores de 70%.

Figura N°12. Nomograma para el cálculo del factor de erodabilidad de los suelos (K) en el sistema internacional (SI).



Fuente: http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/rojas.r/cap5y6.pdf

Cuadro N°1. Factores de erosionabilidad del suelo asociados a la textura y al contenido de materia orgánica según Kirkby y Morgan (1980). Los valores de K están expresados (t/ha)/(MJ.mm.h).

Textura	Valores de K		
	Contenido de materia orgánica		
	< 0.5 %	2 %	4 %
Arena	.007	.004	.003
Arena fina	.021	.018	.013
Arena muy fina	.055	.047	.037
Arena franca	.016	.013	.011
Arena fina franca	.032	.026	.021
Arena muy fina franca	.058	.05	.04
Franco arenoso	.036	.032	.025
Franco arenoso fino	.046	.04	.032
Franco arenoso muy fino	.062	.054	.043
Franco	.05	.045	.038
Limo franco	.063	.055	.043
Limo	.079	.068	.055
Franco areno arcilloso	.036	.033	.028
Franco arcilloso	.037	.033	.028
Franco arcillo limoso	.049	.042	.034
Arcilla arenosa	.018	.017	.016
Arcilla limosa	.033	.03	.025
Arcilla	.017 - .038		

Fuente: http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/rojas.r/cap5y6.pdf

Para nuestro caso según el cuadro N°1, nuestra muestra de suelo es de textura franco areno arcilloso con un contenido bajo de materia orgánica (<0.5%) cuyo valor será de 0.036.

K = 0.036

- **Determinación del factor topográfico (LS).**

La USLE combina el efecto de la pendiente, S, con la longitud de flujo, L, en un factor topográfico, LS, el cual se calcula mediante la ecuación:

$$LS = (l/22.13)^{m} (65.41 \text{ sen}^2 \alpha + 4.45 \text{ sen } \alpha + 0.065)$$

En donde:

l = longitud de la pendiente en metros.

α = ángulo de la pendiente.

m = 0.5 para pendientes iguales o mayores de 5%

0.4 para pendientes entre 3.5 y 4.5 %

0.3 para pendientes entre 1.0 y 3.0

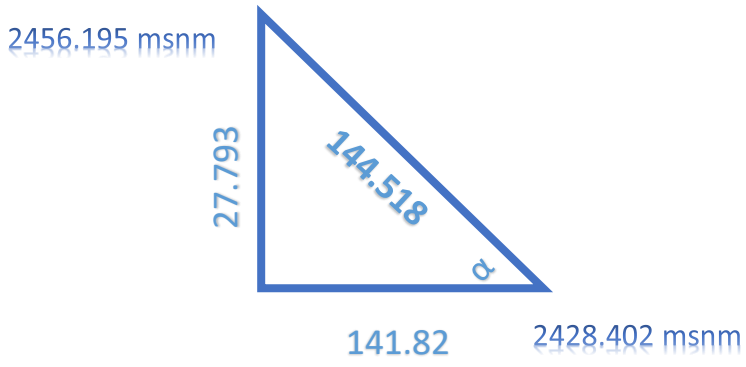
0.2 para pendientes uniformes menores de 1%

Según el Estudio Topográfico realizado en la presente investigación, en el Área de Estudio se evaluaron 2 perfiles longitudinales (uno crítico para el análisis de evaluación del talud y otro normal). Para la determinación del factor topográfico se utilizó la data del perfil normal del talud, obteniendo de ésta manera los siguientes datos:

l = 144.518 m

α = 11.088°

m = 0.5



LS = $(\frac{1}{22.13})^{0.5}$ * $((65.41\ (sen^2 11.088)) + (4.45\ sen 11.088) + 0.065))$

LS = 0.71

- **Determinación del factor de cultivo (C).**

  El factor de cultivo C es un índice del grado de cobertura y protección que presenta la vegetación. Ese factor es constante para cultivos permanentes y variable para cultivos anuales. La estimación del factor C es de suma importancia ya que es el más variable y sujeto a cambios. En manejo de cuencas este factor puede ser modificado a fin de minimizar las pérdidas de suelo por erosión.

Cuadro N°2. Coeficientes C de la USLE para cultivos permanentes.

COBERTURA VEGETAL TIPO Y ALTURA *2	% COBERT DOSEL *3	COBERTURA EN CONTACTO CON SUPERFICIE						
		TIPO	PORCENTAJE DE COBERTURA					
		*4	0	20	40	60	80	95+
NO APRECIABLE		G	0.45	0.2	0.1	0.042	0.01	0.003
		H	0.45	0.24	0.15	0.091	0.04	0.011
HIERBAS ALTAS O MALEZAS BAJAS CON CAIDA PRIMEDIO DE GOTAS DE 50 CM	25	G	0.36	0.17	0.09	0.038	0.01	0.003
		H	0.36	0.2	0.13	0.083	0.04	0.011
	50	G	0.26	0.13	0.07	0.035	0.01	0.003
		H	0.26	0.16	0.11	0.076	0.04	0.011
	75	G	0.17	0.1	0.06	0.032	0.01	0.003
		H	0.17	0.12	0.09	0.068	0.04	0.011
MATORRAL BAJO CON CAIDA PROMEDIO DE GOTAS DE 1.95m	25	G	0.4	0.18	0.09	0.04	0.01	0.003
		H	0.4	0.22	0.14	0.087	0.04	0.011
	50	G	0.34	0.16	0.08	0.038	0.01	0.003
		H	0.34	0.19	0.13	0.082	0.04	0.011
	75	G	0.28	0.14	0.08	0.036	0.01	0.003
		H	0.28	0.17	0.12	0.078	0.04	0.011
ARBOLES CON NO APRECIABLES MALEZAS BAJAS Y CAIDA PROMEDIO DE GOTAS DE 3.9 m	25	G	0.42	0.19	0.1	0.041	0.01	0.003
		H	0.42	0.23	0.14	0.089	0.04	0.011
	50	G	0.39	0.18	0.09	0.04	0.01	0.003
		H	0.39	0.21	0.14	0.087	0.04	0.011
	75	G	0.36	0.17	0.09	0.039	0.01	0.003
		H	0.36	0.2	0.13	0.084	0.04	0.011

Fuente: http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/rojas.r/cap5y6.pdf

Donde:

1* Los valores de C son válidos para cobertura natural distribuida al azar.
2* La altura del dosel es medida como la altura de caída de las gotas de lluvia sobre el terreno, el efecto es despreciable cuando la altura es mayor de 10m.
3° Proyección vertical del dosel.
4° G=gramíneas o similares, residuos compactados y de 5cm de espesor.
H = hiervas de hoja ancha con hoja ancha con pocas raíces laterales y/o residuos no descompuestos.

Para la determinación del factor de cultivo C, se utilizó el cuadro N°02, identificando las siguientes características para la obtención de resultados:

- El área de investigación no cuenta con un % de cobertura vegetal por lo cual el valor es de 0.
- En las prospecciones de muestreo de campo se pudo constatar la presencia de materia orgánica y algunas malezas.
- También en las prospecciones de muestreo de campo se constató en el primer estrato presencia de residuos compactados en cantidades pequeñas.

Finalmente se determinó el factor de cultivo(C) de 0.17.

C = 0.17

- **Determinación del factor de práctica conservacionista de suelos (P).**

  El factor de práctica conservacionista, P, refleja el efecto de las prácticas de conservación de suelos que tienden a modificar la topografía, tales como: terrazas, cultivos en franjas y curvas de nivel. El cuadro N°3 presenta los valores más comunes de P, de acuerdo a la práctica conservacionista y la pendiente.

Cuadro N°3. Valores del factor P.

VALORES DEL FACTOR " P " Y LIMITES DE LONGITUD DE PENDIENTE PARA CULTIVOS EN CURVAS DE NIVEL
(Wischmeier y Smith, 1978)

PENDIENTE (%)	valor de P	longitud * maxima(m)
1 a 2	0.6	120
3 a 5	0.5	90
6 a 8	0.5	60
9 a 12	0.6	36
13 a 16	0.7	24
17 a 20	0.8	18
21 a 25	0.9	15

* Estos limites pueden ser aumentados si la cobertura de residuos supera al 50%

VALORES DE " P " PARA TERRENOS CON TERRAZAS Y EN CURVAS DE NIVEL

PENDIENTE (%)	FACTOR DE CURVAS DE NIVEL **	FACTOR CULTIVOS EN FRANJA
1 a 2	0.6	0.3
3 a 8	0.5	0.25
9 a 12	0.6	0.3
13 a 16	0.7	0.35
17 a 20	0.8	0.4
21 a 25	0.9	0.45

** VALORES PARA EROSION ENTRE TERRAZAS

Fuente: http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/rojas.r/cap5y6.pdf

Para la determinación del factor P, se utilizó el cuadro N°03, identificando las siguientes características para la obtención de resultados:

- Según el estudio topográfico realizado en la presente investigación, en el área de estudio se evaluaron 2 perfiles longitudinales (uno crítico para el análisis de evaluación del talud y otro normal). Para nuestro caso se consideró la pendiente general del perfil normal del talud que es de 19.60%. Obteniendo de esta manera según el cuadro N°03 un valor de P de 0.8 con una longitud máxima de 18m.

P = 0.8

Finalmente, la Pérdida de Suelo por unidad de Superficie será:

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

A = 427.3 * 0.036 * 0.71 * 0.17 * 0.8

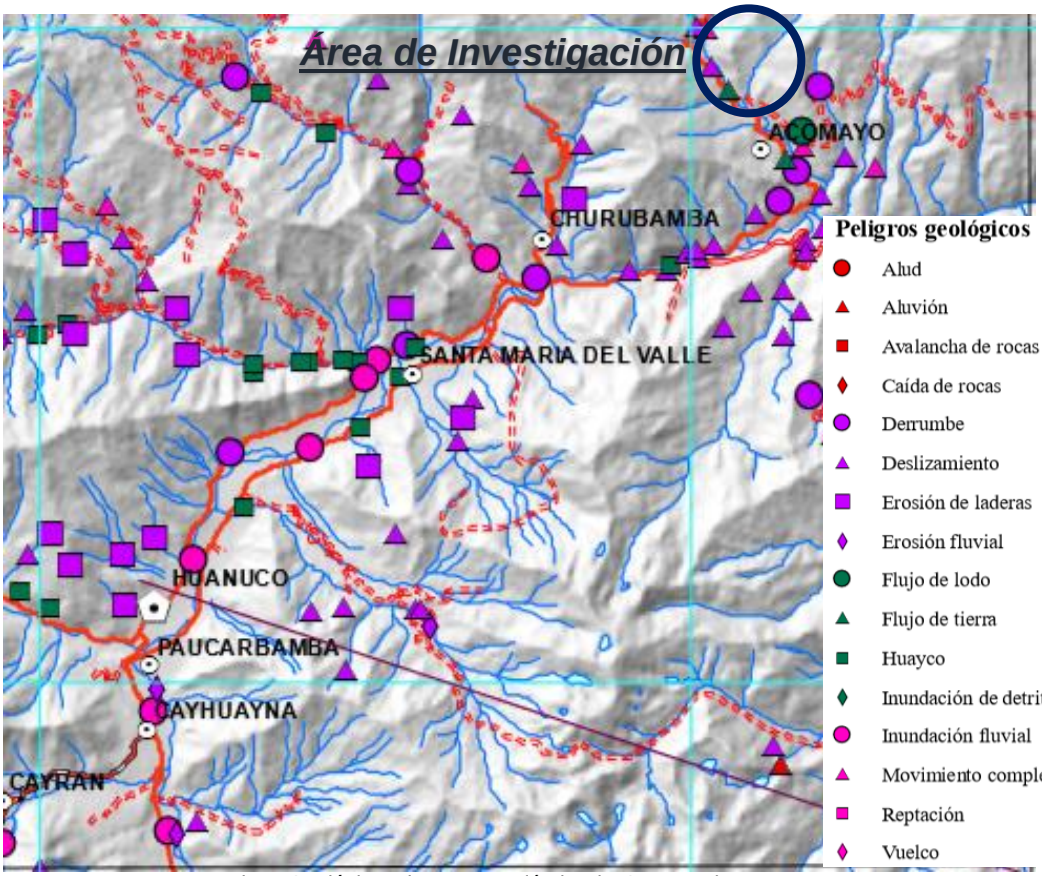
A = 1.5 Mg/ha. (es decir 1.5 miligramos por hectarea)

V. INFORMACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO EN EL ÁREA DE INVESTIGACIÓN.

5.1. Información técnica.

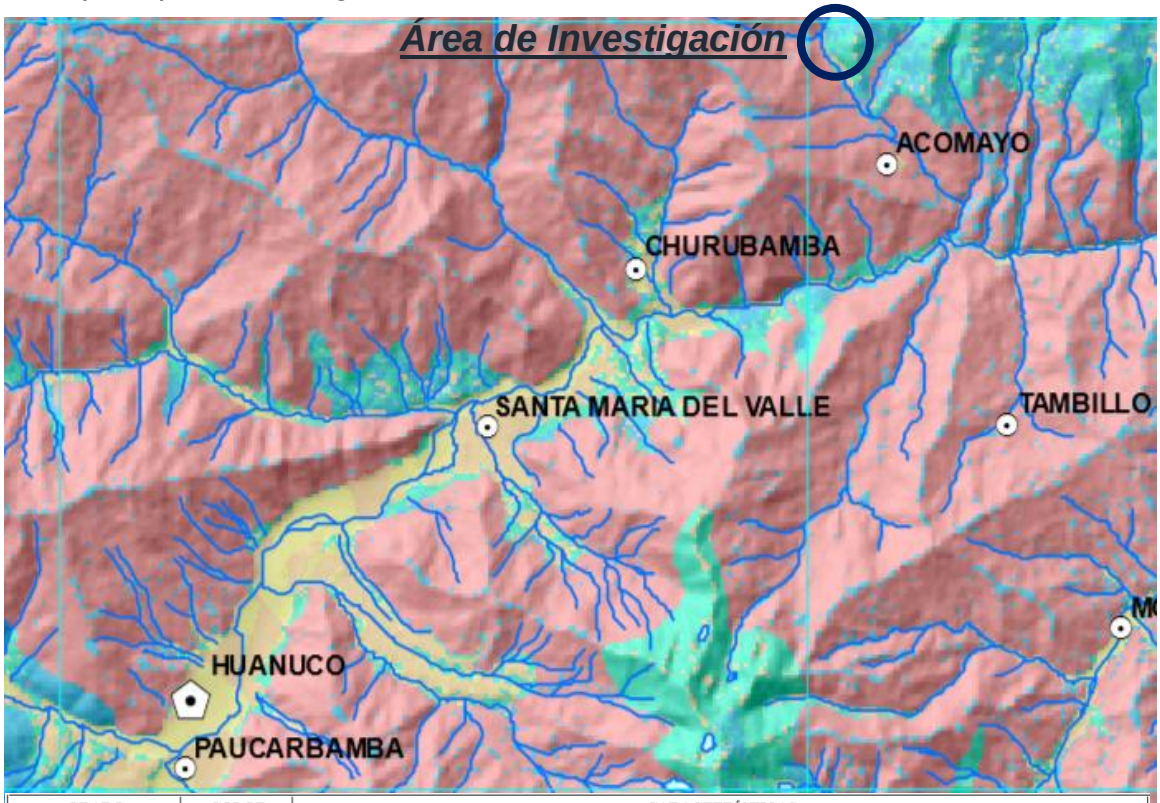
La siguiente Información proporcionada tiene como fuente el **boletín N°34 Serie C - geodinámica e ingeniería geológica del "Estudio de Riesgos Geológicos en la Región de Huánuco".** Así como de la data de mapas topográficos, geológicos, geo hidrológicos, etc. del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET). **Revisar en los anexos para mayor información y alcance**:

- **Peligros Geológicos:** Según el mapa N°08, **mapa de peligros geológicos** del INGEMMET, *en el área de investigación se pueden encontrar los siguientes peligros geológicos: flujos de tierra, deslizamientos y movimientos complejos*.



Fuente: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).

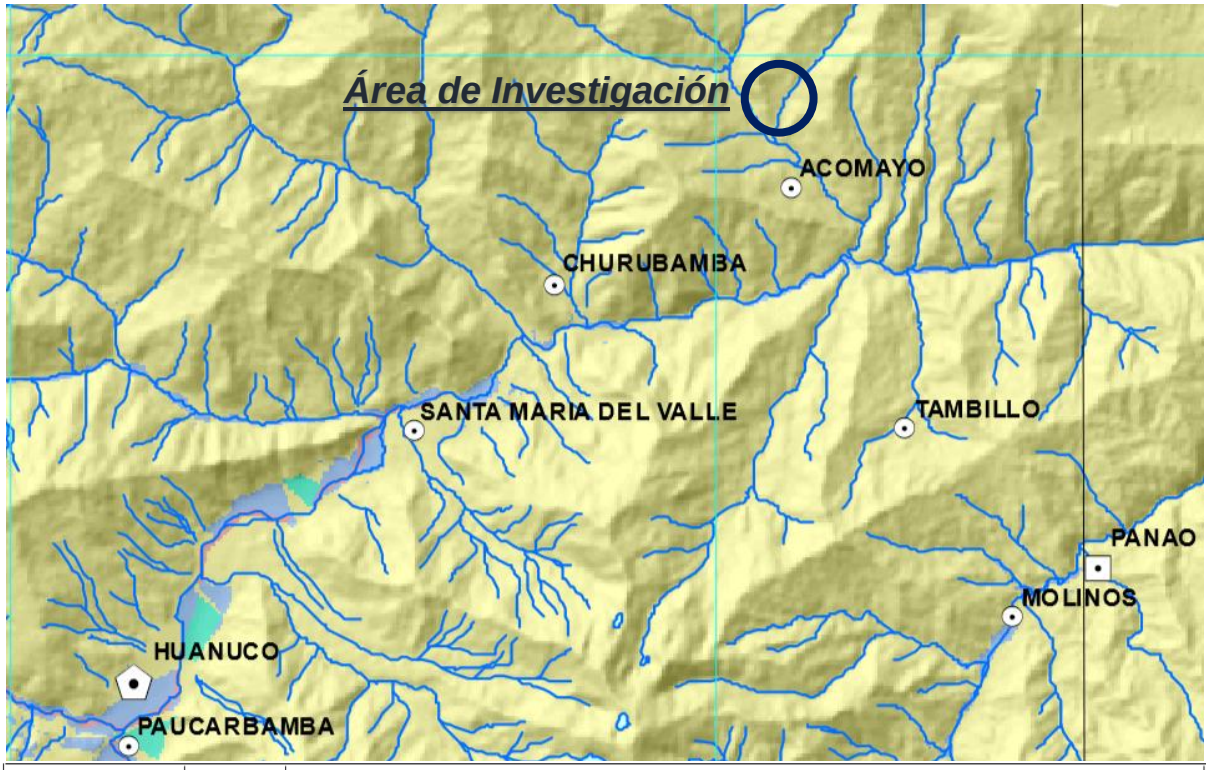
- **Susceptibilidad a los movimientos en masa:** Según el mapa N°12, **mapa de los movimientos en masa** del INGEMMET, *el área de investigación se encuentra en una zona de muy alta susceptibilidad*, "es decir, zonas en donde todas las condiciones del terreno son muy favorables para generar movimientos en masa, ocurrieron deslizamientos en el pasado o recientes (activos), o reactivaciones de los antiguos, al modificar sus taludes, ya sea como deslizamientos, derrumbes o movimientos complejos. Están concentradas en las áreas con sustrato rocoso de mala calidad (esquistos, pizarras y filitas; limolitas, limoarcillitas, areniscas y yeso), depósitos de vertiente, pendientes entre 15 y 45°, montañas de moderada a fuerte pendiente, piedemontes y con cobertura vegetal de tipo pajonales de puna y matorral húmedo principalmente; algunas áreas deforestadas.



GRADO	COLOR	CARACTERÍSTICAS
Muy alta susceptibilidad		Zonas en donde todas las condiciones del terreno son muy favorables para generar movimientos en masa. Ocurrieron deslizamientos en el pasado o recientes (activos), o reactivaciones de los antiguos, al modificar sus taludes, ya sea como deslizamientos, derrumbes o movimientos complejos. Están concentradas en las áreas con substrato rocoso de mala calidad (esquistos, pizarras y filitas; limolitas, limoarcillitas, areniscas y yeso), depósitos de vertiente, pendientes entre entre 15° y 45°, montañas de moderada a fuerte pendiente, piedemontes y con cobertura vegetal del tipo pajonales de puna y matorral húmedo principalmente; algunas áreas deforestadas. Su mayor distribución está sobre el Complejo Marañón extendido con dirección NO-SE en el lado occidental de la región (valles del Marañón: entre Rondos y San Buenaventura, Huallaga: entre San Rafael y Chaglla y, valles superiores del Monzón y Chontabamba).

Fuente: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).

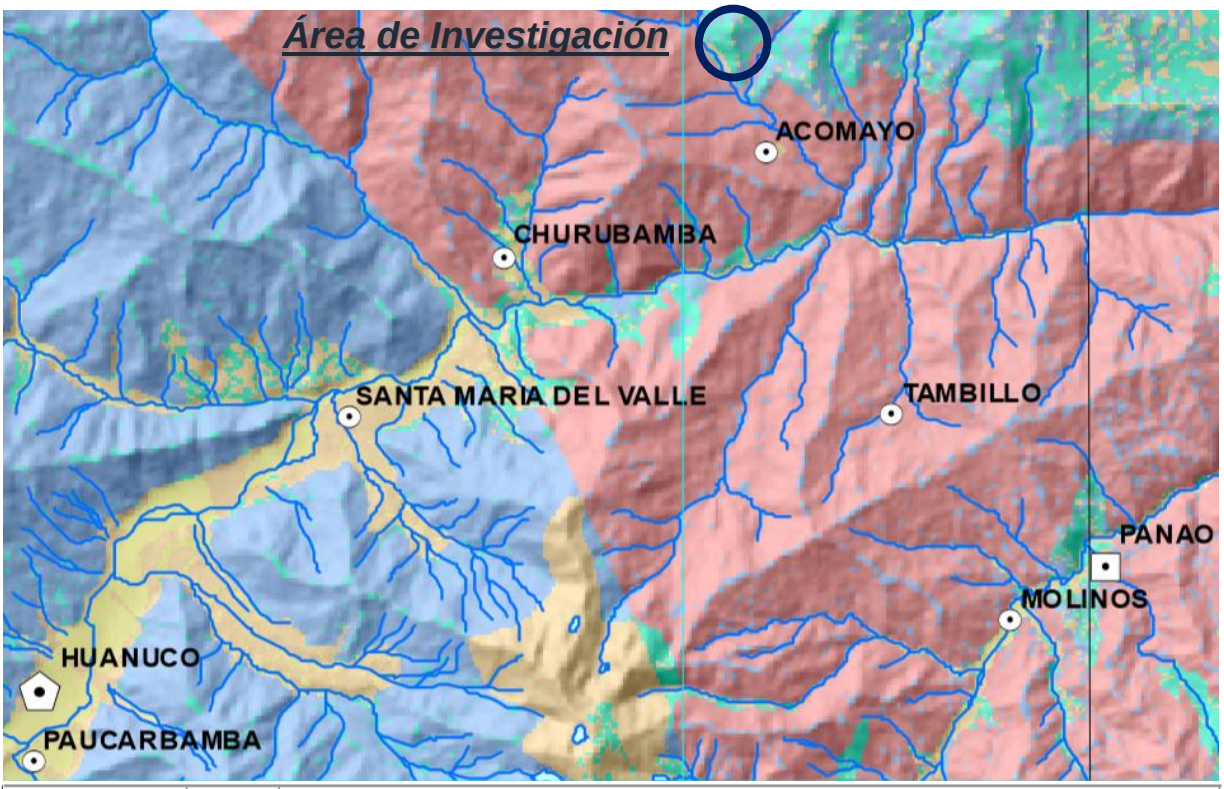
- **Susceptibilidad a inundaciones y erosión fluvial.** Según el mapa N°13, **mapa de susceptibilidad a inundaciones y erosión fluvial**, el *área de investigación se encuentra en una zona de grado de susceptibilidad nula*, con montañas y colinas, vertiente de laderas inclinadas y cóncava, terrazas antiguas elevadas.



GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD	COLOR	DESCRIPCIÓN
ALTA		Llanura de inundación periódica a ocasional de los ríos principales en la región, cuenca del **río Huallaga**: entre Huácar y Santa María del Valle, valle del Monzón, Tingo María- Aucayacu hacia aguas abajo y río Tulumayo, afluentes como los ríos Higueras, Huertas y Chontabamba; **río Pachitea**: Codo del Pozuzo y río Pachitea (entre Yuyapichis y Honoria); **río Marañón**: Algunos sectores de la cuenca superior entre Cauri y Jesús y en el valle del río Vizcarra. Área de inundación normal en el valle encajonado aguas abajo de Huacaybamba. Incluyen zonas urbanas y asentamientos urbanos ubicados dentro de las áreas de inundación normal a excepcional, terrenos de cultivo y vías de comunicación.
MEDIA		Terrenos bajos adyacentes a la llanura de inundación, terrazas; paleocauces o cauces antiguos en la desembocadura del río Pachitea (llanura meándrica); vertientes de suave inclinación en el sector de Codo del Pozuzo; valles fluviales y glaciares de ríos secundarios y cabeceras de estos en áreas de lagunas; algunas planicies altas (La Unión). Terrenos levemente inclinados, mal drenados inundados en períodos excepcionales o por elevación de nivel freático (cabeceras de valles). Principalmente afecta terrenos de cultivo, áreas rurales dispersas con crecimiento de la población en los últimos años, en forma ocasional a excepcional.
BAJA		Sectores reducidos con topografía plano-ondulada y terrazas altas (aguas abajo de Tingo María); cabeceras de los valles tributarios al río Sungaroyacu y vertientes inferiores de suave pendiente en el valle del Huallaga (entre Huanuco y Cayrán). Sectores de Huanucomarca y algunas lomadas altas. Inundaciones de carácter pluvial, en áreas planas con deficiencia de drenaje.
NULA		Montañas y colinas, vertiente de laderas inclinadas y cóncavas; terrazas antiguas elevadas.

Fuente: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).

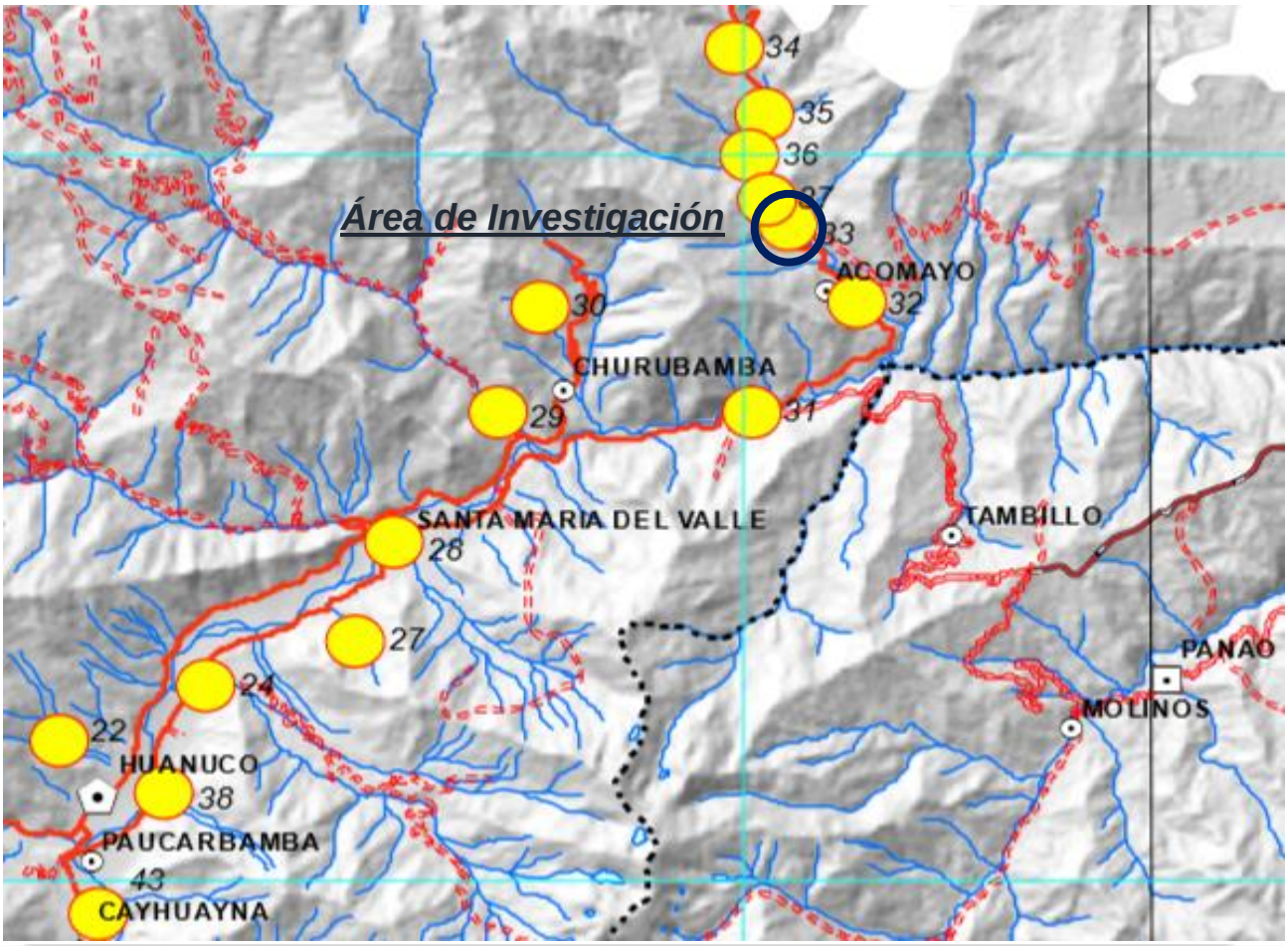
- **Amenazas por movimientos en masa con lluvias normales.** Según el mapa N°14, **mapa de amenazas por movimientos en masa con lluvias normales**, *el área de investigación se encuentra en una zona de grado de amenaza muy alta*, asociados con áreas de muy alta a alta susceptibilidad, donde se a inventariado muchos movimientos en masa activos y antiguos. Las áreas principales son el Valle del Río Marañón entre Chavín de Pariarca y Arancay; valles de los ríos Pumachaca y Chinchao, sector de San Rafael, y entre Santa María del Valle, Molinos, Panao y Chaglla; zonas de alta y moderada susceptibilidad en una franja longitudinal, NNO-SSE al Este de Aucayacu-Tingo María, Chaglla, con ocurrencia de precipitaciones entre 2000 y 3000mm, y en una franja discontinua N-S entre Puerto Inca y Yuyapichis, con precipitaciones pluviales entre 2000 y 3000mm.



GRADO DE AMENAZA	COLOR	CARACTERÍSTICAS Y DISTRIBUCIÓN
Muy alta		Asociada con áreas de muy alta a alta susceptibilidad, donde se ha inventariado muchos movimientos en masa activos y antiguos. Las áreas principales son el valle del río Marañón entre Chavín de Pariarca y Arancay; valles de los ríos Pumachaca y Chinchao, sector de San Rafael, y entre Santa María del Valle, Molinos, Panao y Chaglla; zonas de alta y moderada susceptibilidad en una franja longitudinal NNO-SSE al Este de Aucayacu-Tingo María Chaglla, con ocurrencia de precipitaciones entre 2000 y 3000 mm, y en una franja discontinua N-S entre Puerto Inca y Yuyapichis, con precipitaciones pluviales entre 2000 y 3000 mm. Las aceleraciones sísmicas consideradas son muy altas y las precipitaciones están en el rango de 500 a 2000 mm.

Fuente: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).

- **Zonas críticas por peligros geológicos y geo hidrológicos.** Según el mapa N°16, **mapa de zonas críticas por peligros geológicos y geo hidrológicos**, *el área de investigación se encuentra en una zona crítica por peligro geológico en la provincia de Huánuco*, en la cual el Centro Poblado de Pachachupán del distrito de Chinchao se encuentra vulnerable a flujos de tierra, agrietamientos en talud superior y roturas en zanja de coronación.



	SECTOR Y DISTRITO	ÁREAS SUJETAS A	VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS	RECOMENDACIONES
33	Pachachupan (Chinchao).	Flujo de tierras. Agrietamientos en talud superior, rotura de zanja de coronación.	Afecta 120 m de carretera; perdida de la plataforma de carretera y cuneta.	Se ha colocado cuneta, cuneta de coronación y muro de concreto.

Fuente: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).

VI. MEDIDAS DE CONTROL.

6.1. Generalidades. Se basa en aplicar las medidas de control, toma de decisiones y acciones a los riesgos y amenazas para reducirlos y/o mitigarlos buscando planes de prevención o reducción del fenómeno de estudio identificado. De esta manera esta información servirá al gobierno local de su jurisdicción (Chinchao), así como al gobierno regional (Gobierno Regional de Huánuco).

6.2. Categorías de medidas de control. En la práctica existe una multiplicidad de instrumentos, los cuales están agrupados en cuatro categorías:

a) **Protección.** Red de advertencia y respuesta inmediata a desastres, así como para evitar estado de crisis, se basa en intervenciones técnicas y logísticas.

b) **Reducción del riesgo.** Inversiones físicas para transformar activos económicos y/o el ambiente dentro de una zona de riesgo con el fin de prevenir o reducir el impacto negativo de los desastres.

c) **Transferencia del riesgo.** Mecanismos financieros para transferir el riesgo de una a otra parte.

d) **Compartimiento de pérdidas.** Acuerdo solidario entre participantes respecto de la distribución de cualquier pérdida incurrida en caso de que uno o más de los participantes no pueden cumplir su obligación. La forma más común de este tipo de instrumento son los fondos contingentes. Usualmente, los gobiernos locales no pueden financiar por sí mismos su respuesta a desastres

y la recuperación. Ello lleva al uso del principio de subsidiariedad administrativa del gobierno central hacia niveles inferiores de la administración pública, para lo cual implementan un instrumento financiero conocido como fondo contingente.

6.3. Análisis y medida de control adoptada.

- Evaluando el presupuesto institucional, así como el Fondo de Compensación Municipal (FONCOMUN) de la Municipalidad Distrital de Chinchao a fines del año 2018, que es la municipalidad de jurisdicción del área de investigación, ésta carece de recursos y/o mecanismos financieros para intervenir en apoyo a los pobladores que viven aledaños.

- También es importante saber que los pobladores han realizado su propia trocha con maquinaria contratada por ellos mismos, alterando la topografía del talud y aumentando el riesgo de generar fenómenos de movimientos en masa (deslizamientos y flujos de tierra) en el área de investigación.

- Se debe considerar que la zona no debe sufrir más cambios en su topografía, por lo que debe evitarse realizar trabajos de excavaciones, además se debe anticipar a la población sobre los riesgos y amenazas posibles de suceder.

- Es importante indicar de igual forma que existe presencia de falla geológica en el área de investigación que por el momento se encuentra inactiva, pero que debido a frecuentes eventos sísmicos pueda activarse y ser mucho

más perjudicial en la zona crítica de estudio.

- Por todo ello se optará como medidas de control inmediatas; **la protección y reducción** al riesgo que serán indicadas en cuadro N°4.

Cuadro N°4. Medidas de prevención y control adoptados.

MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL		
CATEGORÍAS	**TÉCNICAS/LOGÍSTICA**	**DESCRIPCIÓN**
PROTECCIÓN	Monitoreo	Control a través de estaciones metereológicas, sismógrafos, etc.
	Mapeo	Imágenes satelitales, sistemas de información geográfica (SIG), etc.
	Comunicación del riesgo	Comunicación del riesgo: alertas a la comunidad y sectores productivos en situación de riesgo.
REDUCCIÓN DEL RIESGO	Mejoramiento de viviendas	En base a capacitaciones y apoyo a los hogares para construir, reconstruir y reforzar mejor.
	Servicios ambientales	Plantación de barreras vivas, reforestación, etc., para retención de suelos, así como para prevenir inundaciones, sequías, desertificación, entre otras amenazas.
	Reorientación productiva	Cambio de actividad económica en donde los insumos (tales como agua), condiciones climatológicas (variabilidad climática o temperaturas) y condiciones del mercado (como la alta volatilidad de precios) ya no son favorables.

Fuente: Elaboración propia.

- Considerando que el área de investigación se encuentra en una zona rural, además de tener una disponibilidad presupuestaria baja la Municipalidad Distrital de Chinchao para la localidad de Pachachupán se recomienda la aplicación del bambú (guadua angustifolia) que es una gramínea perenne que puede ser utilizada como muro de contención. En base a las disposiciones de la norma técnica peruana E.100 Bambú. Utilizando técnicas de

bioingeniería para su cultivo y desarrollo, contribuyendo con el ecosistema y medio ambiente.

- Carmiol (2009), señala al respecto que la Guadua contribuye a conservar y recuperar el suelo, amarrando fuertemente el terreno y evitando la erosión en las laderas. La siembra de bambú en quebradas y ríos se comporta como una barrera natural, deteniendo piedras, árboles y otros elementos que arrastran las corrientes de agua en una crecida.

- Además de considerar que el bambú tiene un comportamiento estructural con propiedades físico mecánicas definidas, éstas serán de mucha utilidad en las condiciones metereológicas del área de investigación. A continuación, en la figura N°13 se detallará el uso del Bambú como muro de contención ecológico.

Figura N°13. Muro ecológico de Bambú.



Fuente:http://www.solucionesespeciales.net/Index/Noticias/04Noticias/374697-Muros-ecologicos-Entramados-compatibles-con-el-medio-ambiente.aspx

VII. PANEL FOTOGRÁFICO.



Figura N°13. Vista de los procesos de intemperismo en un macizo rocoso (izquierda) y vista del tesista en el área escarpada por procesos erosivos en la ladera del área de investigación.



Figura N°14. Vista de la formación de torrentes generados en épocas de precipitación, éstos discurren desde la zona de falla geológica hasta llegar al talud generando la susceptibilidad de ocurrir fenómenos de movimientos en masa (flujos de tierra, deslizamientos, derrumbes, etc).

Visita e identificación del tesista a otros lugares críticos de la región de Huánuco que presentan las mismas características de daños a la infraestructura civil y población.

- **En Carpish (Carretera Central - Ruta Nacional PE+18A – progresiva Km 60+000).**



Figura N°15. Vista del tesista en el deterioro de las obras de drenaje longitudinal (cunetas) y drenaje transversal (alcantarilla).



Figura N°16. Vista del deterioro de la carpeta asfáltica en la carretera central.

- **En Churubamba (Carretera Central - Ruta Nacional PE+18A – progresiva Km 19+570).**

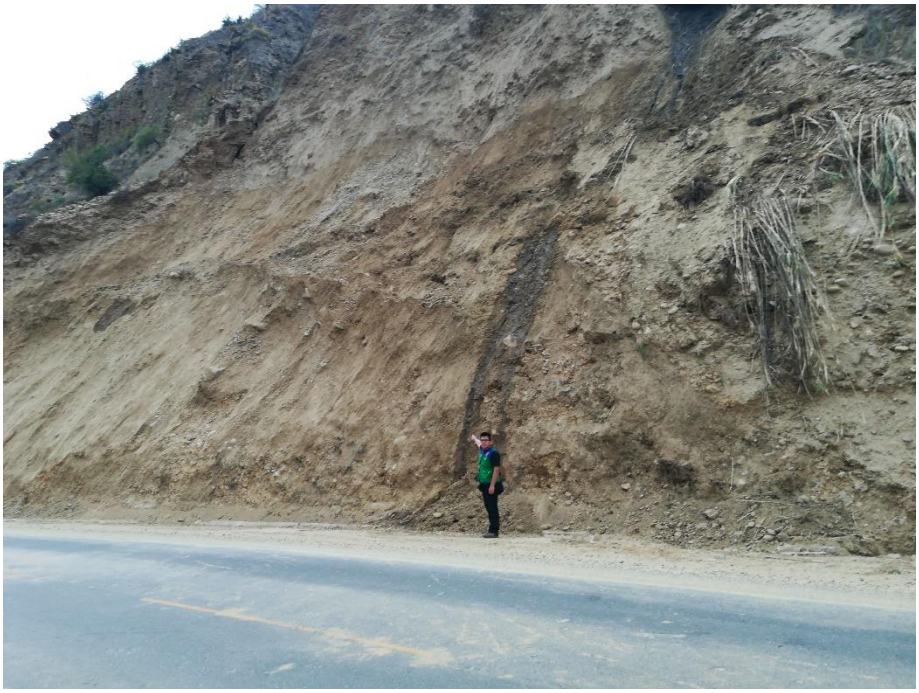


Figura N°17. Vista del tesista indicando presencia de escorrentía superficial en la ladera, considerándose un parámetro crítico en la estabilidad de la misma.



Figura N°18. Vista del tesista en la obstrucción de la alcantarilla por flujos de tierra.

- **En Panao.**



Figura 19. Vista del tesista en el deterioro del pavimento flexible de la vía del tramo de la carretera Huánuco-Panao observando procesos erosivos, expansividad de arcillas, etc.



Figura N°20. Vista del tesista en la obstrucción de la alcantarilla por flujos de lodo y piedra.

- **En San Rafael. (zona de derrumbes, a la altura del túnel)**



Figura N°21. Vista del depósito generado por el abanico aluvial (imagen superior), vista de los restos del flujo de piedras (huayco) ocurrido en San Rafael trasladando gran cantidad de bolonería y grava hasta la carretera central.

VIII. CONCLUSIONES.

- Para el análisis y evaluación de amenaza y riesgo se consideró la siguiente metodología:
  - Recopilación de la información. (De carácter geográfico, urbanístico, infraestructura básica y servicios esenciales, identificación de probable área de influencia del fenómeno de estudio y peligros generados por fenómenos de origen natural.

- En el área de investigación se pueden encontrar los siguientes peligros geológicos: flujos de tierra, deslizamientos y movimientos complejos

- El área de investigación se encuentra en una zona de muy alta susceptibilidad a movimientos en masa,

- El área de investigación se encuentra en una zona de grado de susceptibilidad nula a inundaciones y erosión fluvial.

- El área de investigación se encuentra en una zona de grado de amenaza muy alta amenaza por movimientos en masa con lluvias normales.

- El área de investigación se encuentra en una zona crítica por peligro geológico en la provincia de Huánuco.

IX. RECOMENDACIONES.

- Se recomienda utilizar procedimientos metodológicos, técnicas científicas, capacitaciones e investigación para la elaboración de un estudio de amenaza y riesgo. Consultando bibliografías extensas y completas en el tema.

- Se recomienda a las autoridades de la jurisdicción en el área de investigación – Municipalidad Distrital de Chinchao tomar en conocimiento el presente estudio y aplicar las medidas de prevención y control indicadas en el cuadro N°04: protección y reducción del riesgo.

- Se recomienda concientizar a la población sobre las amenazas y riesgos que pueden ser generados por fenómenos de geodinámica externa, interna o hidrometeorológicos.

- Se recomienda el uso del bambú (guadua angustifolia) para zonas rurales y de bajo impacto donde haya las condiciones para su sembrío y producción utilizándolo para prevenir la erosión, deslizamientos y las inundaciones que periódicamente afectan las parcelas agrícolas y taludes.

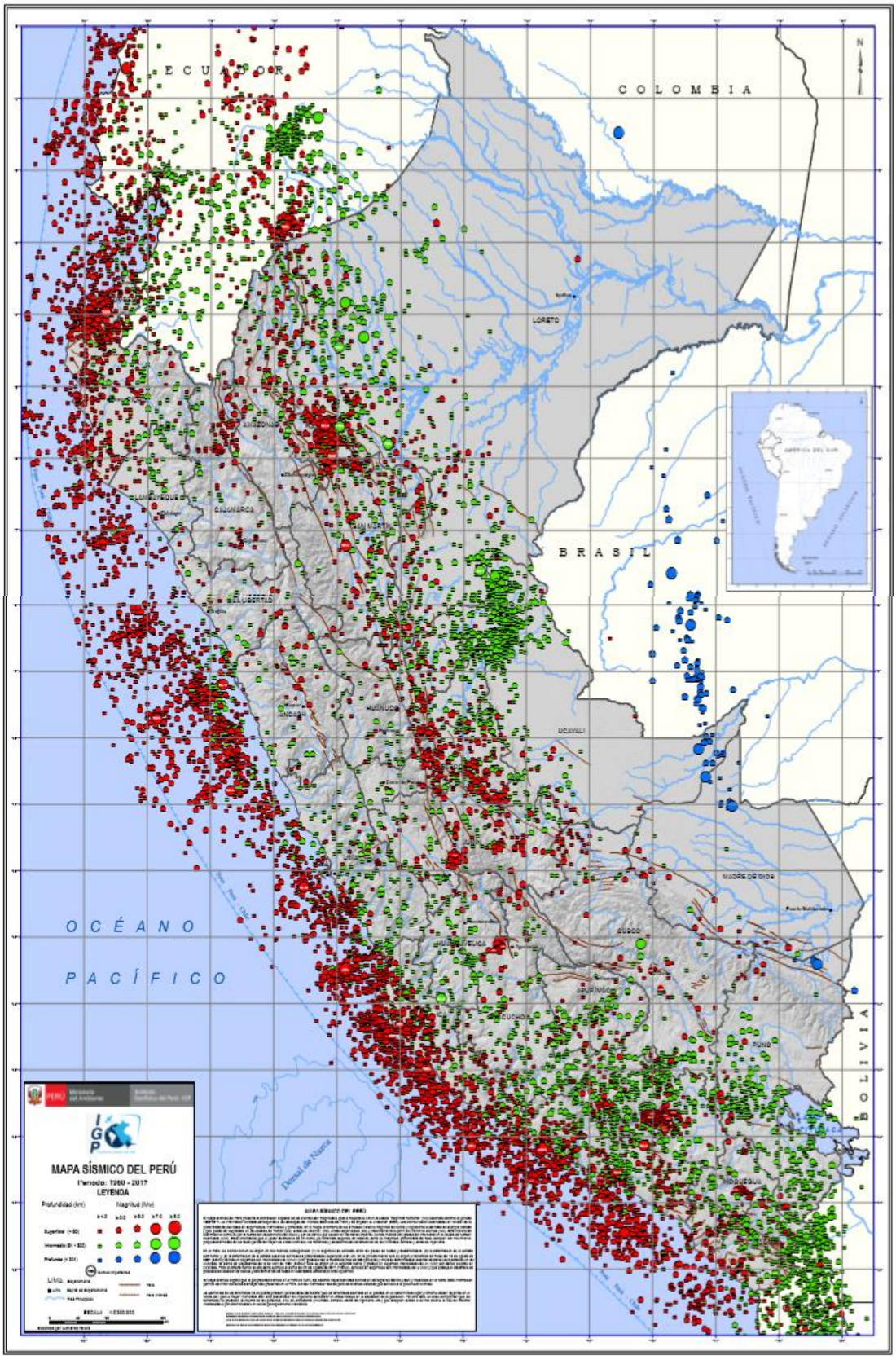
X. BIBLIOGRAFÍA.

- Carmiol V. (2009). Bambú Guadua, en muros de contención. *Tecnología en Marcha,* 22(4), 38-44.

- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2014). *Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales (02 versión)*. Lima: CENEPRED.

- Zavala B, & Vílchez M. (2006). *Estudio de Riesgos Geológicos en la Región de Huánuco. Boletín N°34 Serie C Geodinámica e Ingeniería Geológica*. Lima: INGEMMET.

Mapa Sísmico del Perú 2017.



PLANOS TOPOGRÁFICOS.

- PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN (PT-01).
- PLANO DE POLIGONAL CERRADA (PT-02).
- PLANO DE PERFILES LONGITUDINALES (PT-03).
- MAPA DE PENDIENTES N°06 (INGEMMET).

MAPA POLÍTICO DEL PERÚ



ESCALA 1:2000000

MAPA DEPARTAMENTAL DE HUANUCO



ESCALA 1:500000

MAPA DISTRITAL DE HUÁNUCO



ESCALA 1:25000

UBICACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN







COORDENADAS UTM DATUM WGS 84
DEL TALUD EN EL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

DESCRIPCION	ESTE	NORTE
TALUD DE INVESTIGACIÓN	380141	8920166

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

UBICACION:
PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (R.N. PE+18A)

CENTRO POBLADO:
PACHACHUPAN

DISTRITO:
CHINCHAO

PROVINCIA:
HUANUCO

DEPARTAMENTO:
HUANUCO

TEMA DE INVESTIGACIÓN:
ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM37+700 AL KM37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018

ESPECIALIDAD: TOPOGRAFIA

ÁREA DE INVESTIGACIÓN: GEOTECNIA

TEMA: UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: VULNERABILIDAD EN RIESGOS NATURALES

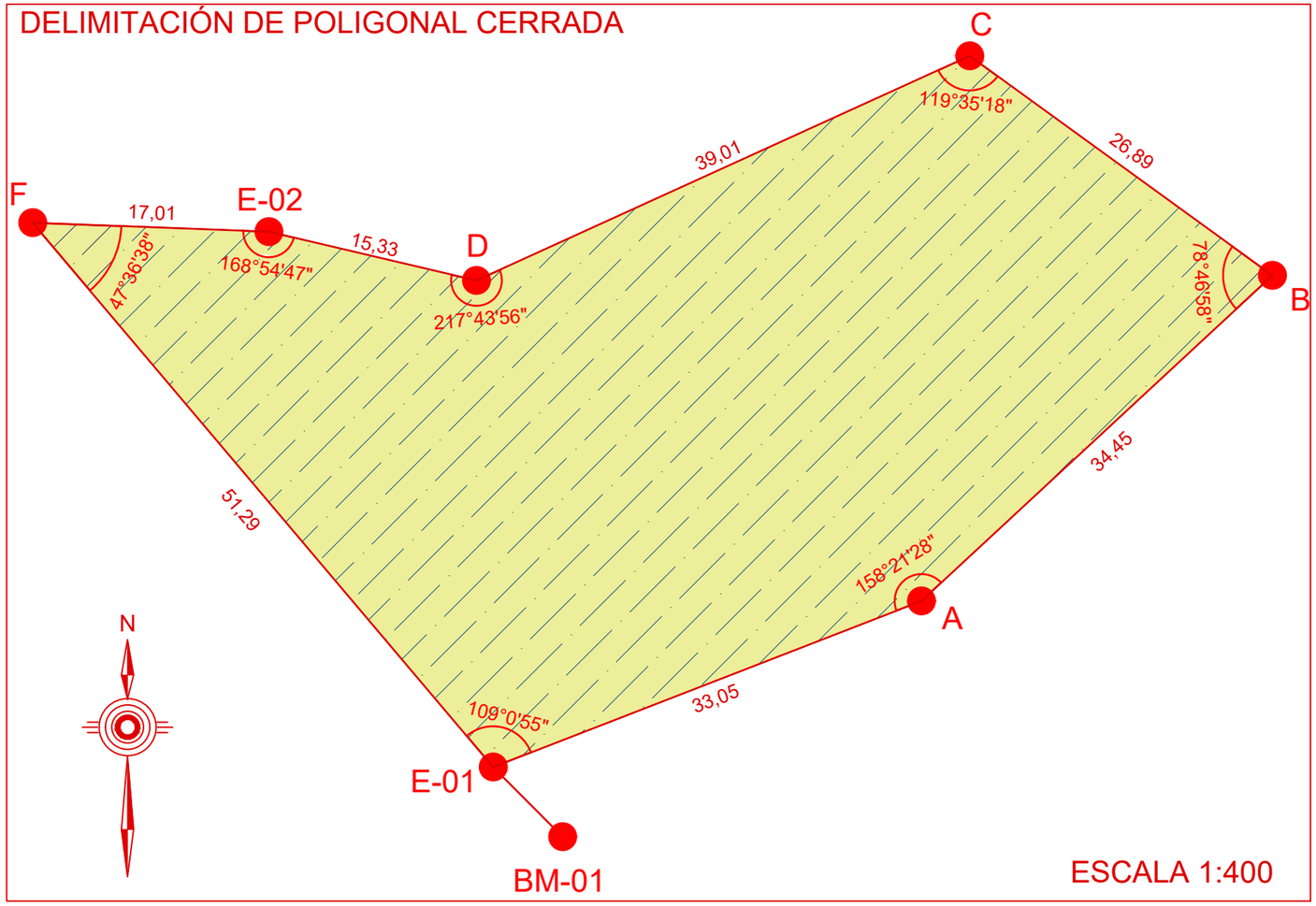
DIBUJO CAD: JABC

ESCALA: INDICADA

LAMINA : PT-1

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

DELIMITACIÓN DE POLIGONAL CERRADA



ESCALA 1:400

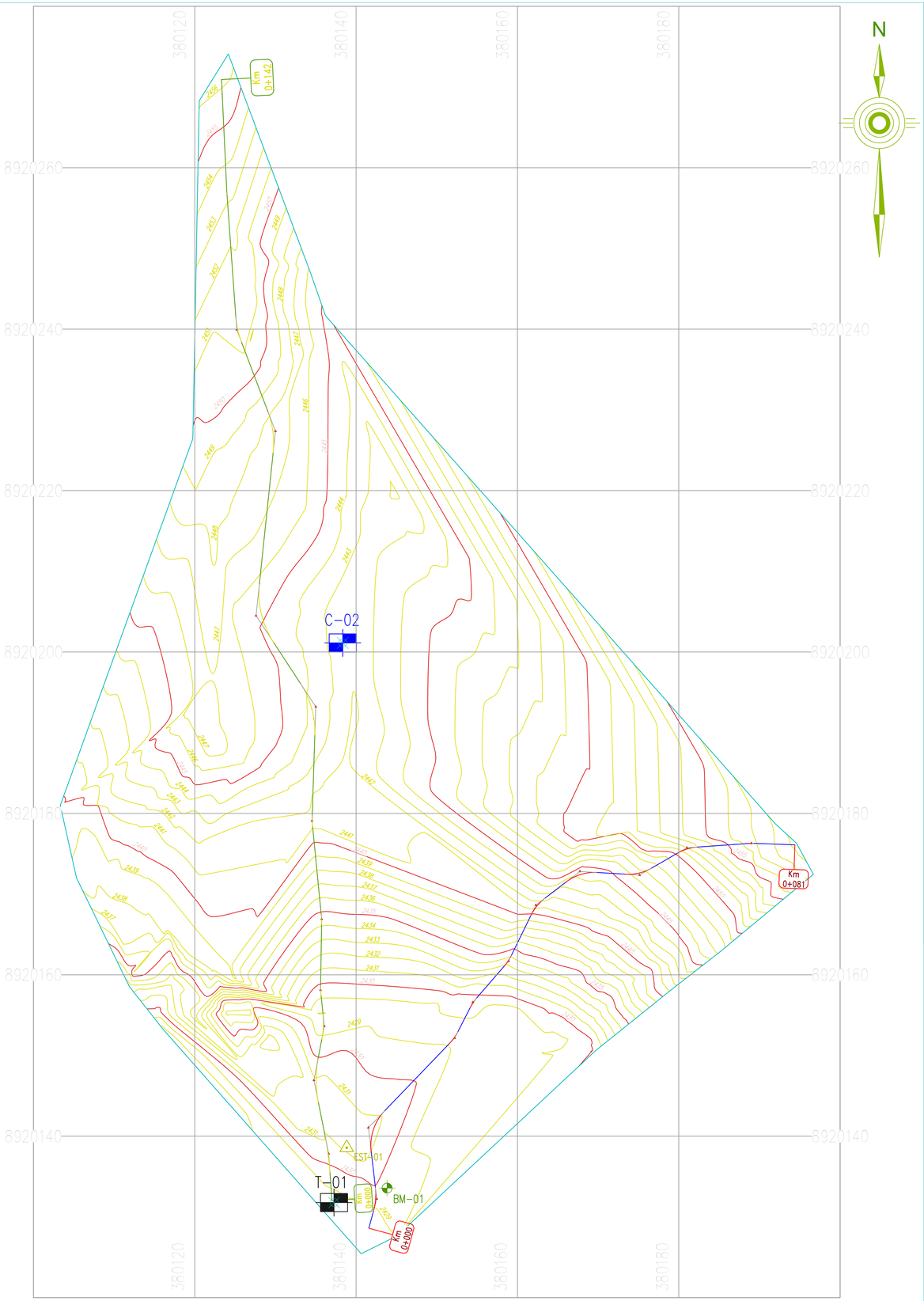
POLIGONAL CERRADA			
VÉRTICE	ÁNGULO INTERNO	LADO	DISTANCIA (en m.)
E-01	109°0´55"	E-01 - A	33.05
A	158°21´28"	A - B	34.45
B	78°46´58"	B - C	26.89
C	119°35´18"	C - D	39.01
D	217°43´56"	D - E-02	15.33
E-02	168°54´47"	E-02 - F	17.01
F	47°36´38"	F - E-01	51.29

CUADRO DE ÁREAS	
POLIGONO CERRADO (HEPTÁGONO)	
PERÍMETRO (m)	217.0351
ÁREA (m2)	2250.0532

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

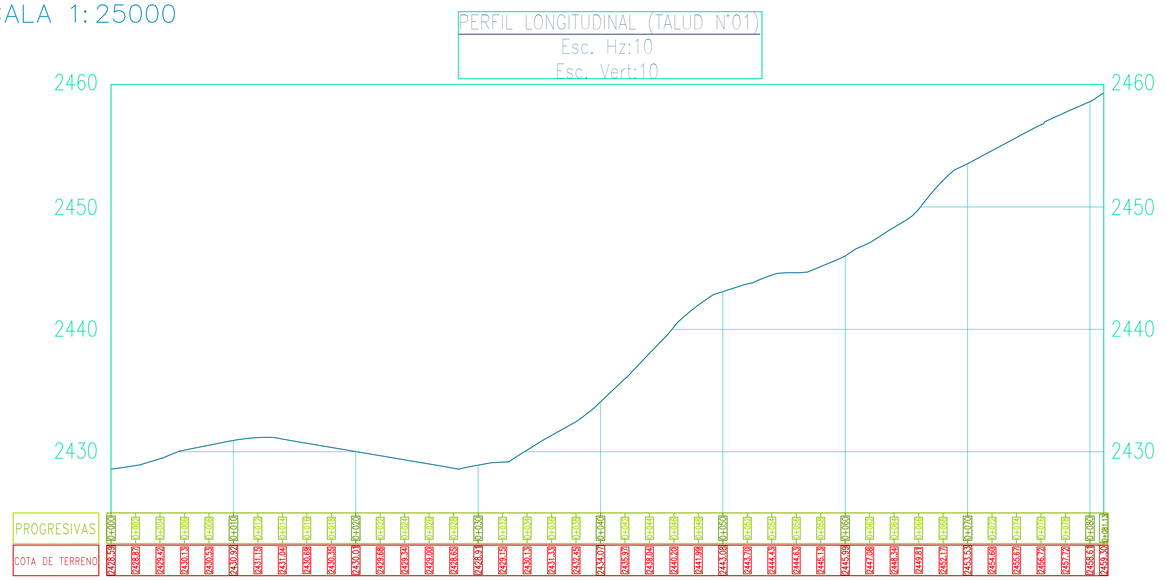
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

UBICACION: PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (R.N. PE+18A)	TEMA DE INVESTIGACIÓN: ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM37+700 AL KM37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2016		LAMINA :
CENTRO POBLADO: PACHACHUPAN	ESPECIALIDAD: TOPOGRAFÍA	ÁREA DE INVESTIGACIÓN: GEOTECNIA	PT-2
DISTRITO: CHINCHAO		LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: VULNERABILIDAD EN RIESGOS NATURALES	
PROVINCIA: HUANUCO	DIBUJO CAD: JABC	ESCALA: 1:400	
DEPARTAMENTO: HUANUCO			



ESCALA 1: 30000

ESCALA 1: 25000



ESCALA 1: 40000

LEYENDA

	Curva Mayor C/5.00m
	Curva Menor C/1.00m
EST-01	Punto Base
BM-01	Punto BMs
T-01	Trinchera N°01
C-02	Calicata N°02
2431	Etiqueta de curva menor
2430	Etiqueta de curva mayor
	Alineamiento N°01
	Alineamiento N°02

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

UBICACION:
PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (R.N. PE+18A)

CENTRO POBLADO:
PACHACHUPAN

DISTRITO:
CHINCHAO

PROVINCIA:
HUANUCO

DEPARTAMENTO:
HUANUCO

TEMA DE INVESTIGACIÓN:
ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM37+700 AL KM37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018

ESPECIALIDAD:
TOPOGRAFÍA

ÁREA DE INVESTIGACIÓN:
GEOTECNIA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
VULNERABILIDAD EN RIESGOS NATURALES

DIBUJO CAD:
JABC

ESCALA:
INDICADA

LAMINA :
PT-3

RIESGOS GEOLÓGICOS DEL TERRITORIO

EDICIÓN 1 REGIÓN HUÁNUCO

LA LIBERTAD

SAN MARTÍN

LORETO

ANCASH

UCAYALI

PASCO

LIMA

HUAMALIES

SAN PEDRO DE CHORAS

SAN BUENAVENTURA

GANCHABAMBA

PARA

HUACAYBAMBA

COCHABAMBA

ARANCAY

JIRCAN

MONZON

AUCAYACU

Río Huallaga

HERMILIO VALDIZAN

PUMAHUASI

MARAÑALLO

TINGO MARIA

LA PRIMAVERA

Río Monzon

Río Pachitea

HONOPA

TOURNAVISTA

Río Pisqui

Río Bolshon

Río Sungaroyacu

PUERTO INCA

YUYAPICHIS

CODO DEL POZUZO

Río Pozuzo

SINGA

TANTAMAYO

CHAVIN DE PARIARCA

PUNCHAO

RUPAS

MIRAFLORES

LLATA

JACAS GRANDE

QUIVILLA

MARIAS

CHUQUIS

PACHAS

YANAS

PARAMARCA

SHUNQUI

SILLAPATA

CHAVIN

CHAS

LA UNION

RIPAN

CAHUAC

CHAVINILLO

CHACABAMBA

CHICHAS

SAN CRISTOBAL DE JACAS CHICO

HUANDOVAL PAMPA

ACOMAYO

CHURUBAMBA

SANTA MARIA DEL VALLE

TAMBILLO

CHAGLLA

HUANUCO

PAUCARBAMBA

CAYRAN

CONCHAMARCA

TOMAY KICHWA

JIVIA

RONDOS

SAN FRANCISCO DE ASIS

MARGOS

YARUMAYO

CHAULAN

JESUS

CAUNA

QUEROPALCA

COCHAS

GORGOR

HUACAR

MIRGO

SAN RAFAEL

RONDOS

Río Huancayo

Río Mantaro

Río Tulumayo

Río Paucartambo

Río Huallaga

Río Marañón

Río Ucayali

Río Pachitea

Río Pisqui

Río Bolshon

Río Sungaroyacu

Río Pozuzo

Río Monzon

Río Huancayo

Área de Estudio

ECUADOR

COLOMBIA

BRASIL

HUANUCO

OCEANO PACIFICO

RANGOS DE PENDIENTE

SUPERFICIE TOPOGRÁFICA	PENDIENTE	COLOR	DESCRIPCIÓN Y DISTRIBUCIÓN	SUSCEPTIBILIDAD A LOS PELIGROS
TERRENOS LLANOS	0° - 1°		Terrenos con muy poca pendiente a subhorizontales. Están conformados por terrazas aluviales a diferentes niveles, llanuras de inundación, planicies altas, depósitos fluvio-glaciares y terrenos que han sido afectados por procesos de erosión incipiente que formaron colinas y lomadas de poca altura. En estos terrenos se ubican poblados importantes de la zona de selva como Tingo María, Aucayacu, Tournavista, Yuyapichis, Puerto Inca, etc., así como también extensas áreas ocupadas como terrenos de cultivo.	En general son poco susceptibles a los movimientos en masa, restringiéndose a la ocurrencia de derrumbes y deslizamientos en los bordes de las terrazas por efectos de la erosión fluvial. Son afectadas principalmente por inundaciones.
INCLINADOS CON PENDIENTE SUAVE	1° - 5°		Esta unidad presenta terrenos de suave pendiente, distribuidos con regular extensión, conformados por superficies afectadas por procesos erosivos que modelan colinas y lomadas. Estos terrenos son ocupados desde la antigüedad por culturas prehispánicas, como es el caso de la zona arqueológica de Huánuco Viejo y los distritos de Rondos, Huarín, baños y Jesús. Terrenos ligeramente inclinados se encuentran en los valles principales ocupados por ciudades importantes como Huánuco, La Unión, Ambo, etc., algunas comunidades nativas en la zona de selva, así como también por terrenos de cultivo.	Presentan una susceptibilidad baja, restringiéndose también a la ocurrencia de algún evento aislado, como la erosión de laderas, que puede desencadenar un posterior flujo (huaycos), tienen una alta susceptibilidad a las inundaciones.
PENDIENTE MODERADA	5° - 15°		Presenta terrenos con moderada pendiente, se encuentran conformando laderas de colinas y montañas, cauces de valles y quebradas, conos deyectivos. En ellos se ubican localidades como Huacrachuco, Cairán, Santa María del Valle, Chaglla, entre otras, así como también son usados como terrenos de cultivo. Poco porcentaje dentro de la región.	Se consideran con susceptibilidad moderada, ya en ellos se pueden presentar deslizamientos, derrumbes, flujos (huaycos) y erosión de laderas.
PENDIENTE FUERTE	15° - 25°		Ocupan un gran porcentaje de área dentro de la región. Conforman las laderas inferiores y medias de la zona de montañas, se encuentran asentados en esta zona poblados como Llata, Singa, Huacaybamba, Panao, Tantamayo, Chavin de Pariarca, entre otros muchos centros poblados rurales, estos terrenos pueden ser usados para realizar actividades agrícolas.	Estos terrenos tienen alta a muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa, como grandes deslizamientos, erosión de laderas con generación de huaycos por el avance de la erosión, flujos de tierra y movimientos complejos.
PENDIENTE ESCARPADA	25° - 45°		Este relieve está conformado por montañas de moderada a fuerte pendiente, montañas glaciares, donde se pueden encontrar asentados algunos poblados menores, los terrenos son ocupados por pastizales y cultivos. Su distribución areal es mas o meos similar a las de pendiente fuerte. Pocas áreas de cultivo.	Tiene una alta susceptibilidad, ya que en estos se pueden producir, derrumbes, reptación de suelos, deslizamientos, flujos (Huaycos) y erosión de laderas.
TERRENOS MUY ESCARPADOS	>45°		Ocupan un menor porcentaje en la región. Son relieves conformados por laderas escarpadas de montañas glaciares (nevado Yerupajá, Jurau), laderas de valles encañonados y de fuerte pendiente como es el caso de los valles de los ríos Marañón, Huallaga y Pumachaca.	Tiene una susceptibilidad moderada a la ocurrencia de movimientos en masa; en las zonas de montañas glaciares se pueden producir aludes y derrumbes (involucrando roca y hielo), que pueden generar posteriores aluviones de gran magnitud.

Fuente: Mapa preparado en base a los mapas topográficas digitales a escala 1:100,000, del Instituto Geográfico Nacional (IGN), con equistancia entre curvas cada 50 m, y generación de Modelo de Elevación Digital con ARCGIS.

SÍMBOLOS

- 1 Capital de departamento
- / Capital de provincia
- . Capital de distrito
- Límite de cuenca
- Límite de región
- Red hidrográfica
- Laguna
- Áreas sin recubrimiento topográfico

REPÚBLICA DEL PERÚ
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
INGEMMET

MAPA DE PENDIENTES

Escala 1:300 000

0 5 10 20 km

PROYECCIÓN: TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM HORIZONTAL: SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84 ZONA: 18 Sur

MAPA N° 6

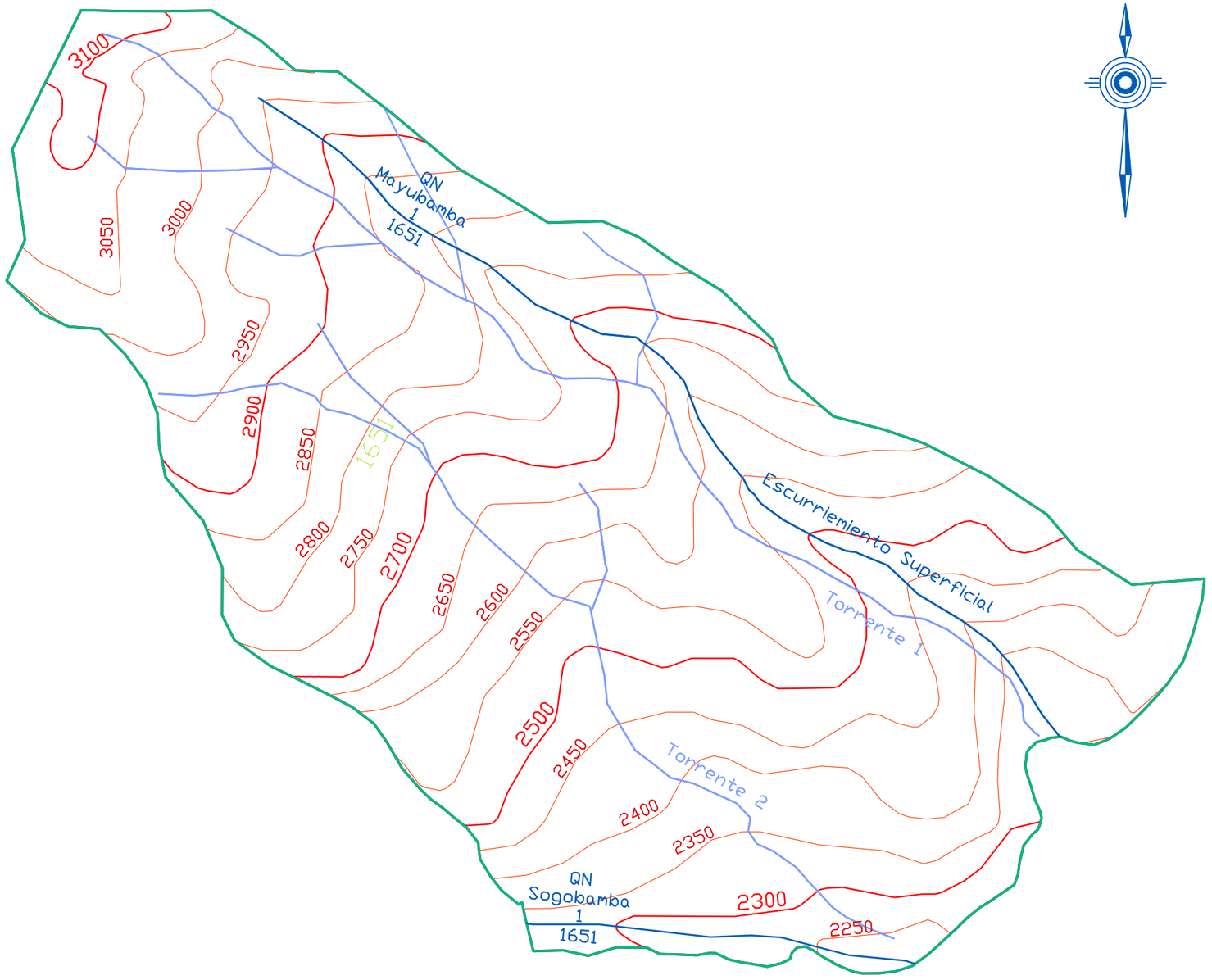
Fuente: Mapa elaborado en base a la carta topográfica del IGN a escala 1:100 000, procesada en SIG.

PLANOS HIDROLÓGICOS.

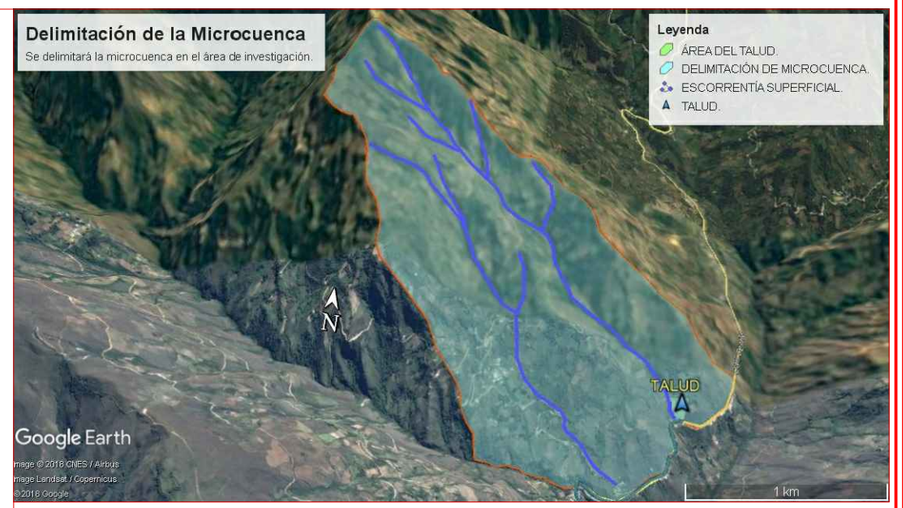
- PLANO TOPOGRÁFICO DE LA MICROCUENCA (PH-01).
- PLANO DE PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS Y FISIOGRÁFICOS DE LA MICROCUENCA (PH-2).

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

PLANO TOPOGRÁFICO DE LA MICROCUENCA EN EL ÁREA DE INVESTIGACIÓN.



ESCALA 1:300



LEYENDA

	Curva Mayor C/200m
	Curva Menor C/50m
	Torrente
	Escorrentía Superficial
2431	Etiqueta de curva menor
2430	Etiqueta de curva mayor
	Norte Magnético

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

UBICACION:
PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (R.N. PE+18A)

CENTRO POBLADO:
PACHACHUPAN

DISTRITO:
CHINCHAO

PROVINCIA:
HUANUCO

DEPARTAMENTO:
HUANUCO

TEMA DE INVESTIGACIÓN:
ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE DE LA PROGRESIVA KM37+700 AL KM37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018

ESPECIALIDAD:
HIDROLOGÍA

ÁREA DE INVESTIGACIÓN:
GEOTECNIA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
VULNERABILIDAD EN RIESGOS NATURALES

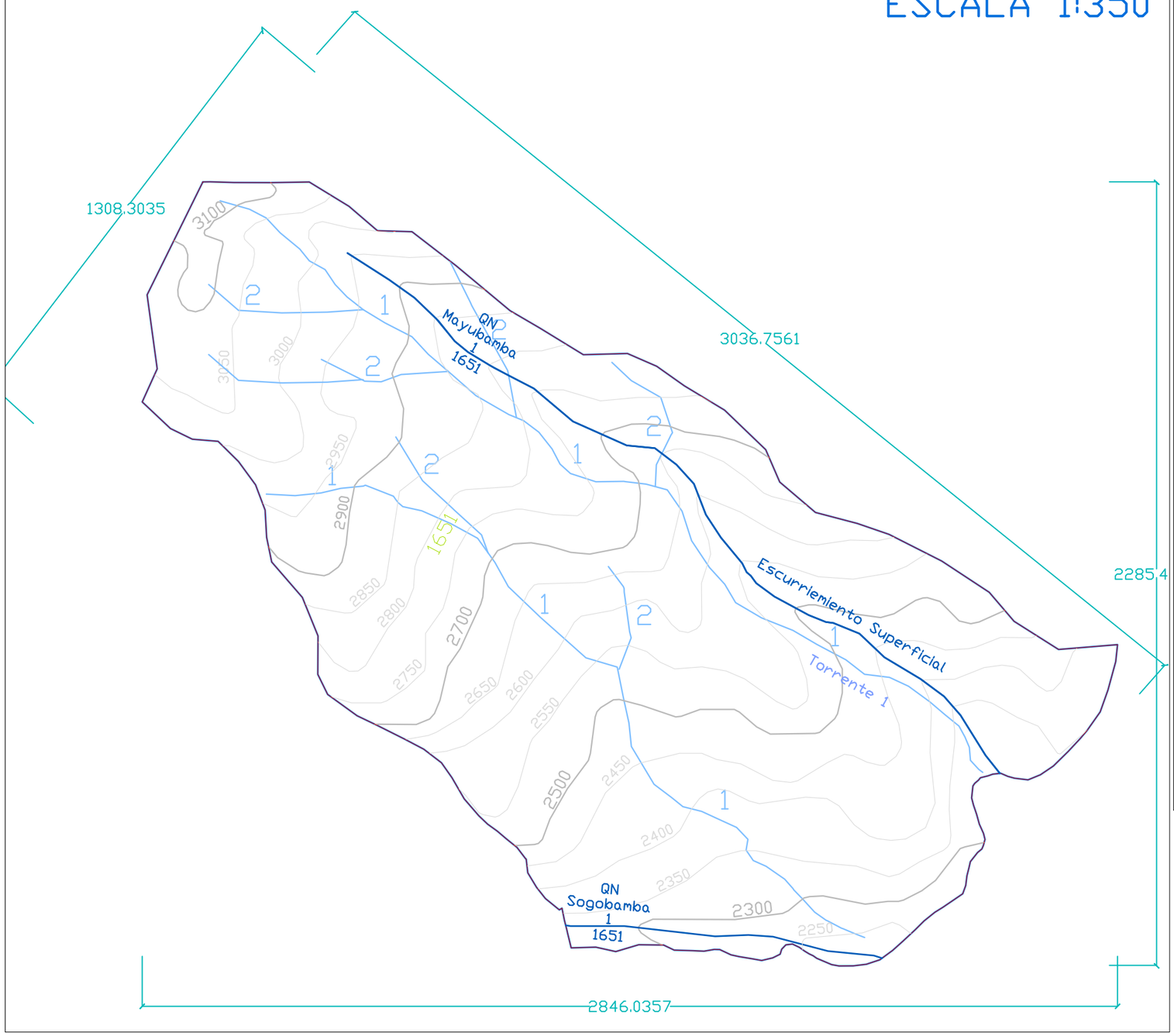
DIBUJO CAD:
JABC

ESCALA:
1:300

LAMINA :
PH-1

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

ESCALA 1:350



PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS Y FISIOGRÁFICOS DE LA MICROCUENCA		
ÁREA	M2	3,365,499.2744
	Ha	336.55
	Equidistancia entre curvas de nivel (ml)	50
MEDICIONES LINEALES	Longitud del cauce (ml)	2910.3951
	Pendiente del cauce (0/00)	11.744
	Perímetro (ml)	8276.1789
	Cota máxima (msnm)	3100
	Cota mínima (msnm)	2250
	Altitud media (msnm)	2675
	Orden de microcuenca	2
	Ancho Promedio (ml)	1803.3035
FORMA	Factor de Forma (Kf)	1.2453
	Coeficiente de Compacidad (Kc)	1.2726
DRENAJE	Densidad de drenaje (Dd)	2.3417
RECTÁNGULO EQUIVALENTE	L (ml)	2999.7353
	l (ml)	1121.9321

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

UBICACION:
PROGRESIVA KM 37+700 AL KM 37+800 (R.N. PE+18A)

CENTRO POBLADO:
PACHACHUPAN

DISTRITO:
CHINCHAO

PROVINCIA:
HUANUCO

DEPARTAMENTO:
HUANUCO

TEMA DE INVESTIGACIÓN:
ANÁLISIS BIDIMENSIONAL DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA FALLA GEOLÓGICA POR EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE DE LA PROGRESIVA KM37+700 AL KM37+800 (RUTA NACIONAL PE+18A) EN PACHACHUPAN, 2018

ESPECIALIDAD: HIDROLOGÍA

ÁREA DE INVESTIGACIÓN: GEOTECNIA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: VULNERABILIDAD EN RIESGOS NATURALES

DIBUJO CAD: JABC

ESCALA: 1:350

LAMINA : PH-2

PLANOS GEOLÓGICOS.

- MAPA HIDROGEOLÓGICO N°4 (INGEMMET).
- MAPA GEOMORFOLÓGICO N°5 (INGEMMET).
- MAPA LITOLÓGICO-ESTRUCTURAL N°7 (INGEMMET).

RIESGOS GEOLÓGICOS DEL TERRITORIO

EDICIÓN 1 REGIÓN HUÁNUCO

LA LIBERTAD

SAN MARTÍN

LORETO

UCAYALI

PASCO

ANCASH

LIMA

HUACAYBAMBA
CANCHABAMBA
PINRA
SAN BUENAVENTURA
SAN PEDRO DE CHONTA
COCHABAMBA
ARANCAY
JIRCAS
MONZON
HERMILIO VALDIZAN
RUMAHUASI
SANTA MARIA DEL VALLE
TINGO MARIA
LAURICOCHA
YUYAPICHIS
PUERTO INCA
HONORIA
TOURNAVISTA
CODO DEL POZUZO
SINSA
TANTAMAYO
CHAVIN DE PAGANCA
PUNCHAO
RIPAN
JACAS GRANDE
ILATA
QUIVILLA
MARIAS
CHUQUIS
INCAWAIN
PANAO
HUACAR
SILLAPATA
CHUPAN
ONAS
LA UNION
PUNAS
CHAULAN
CHAVINILLO
CHACABAMBA
CHORAS
HUANUCO
PAUCARBAMBA
CHURUBAMBA
CHOLON
SAN CRISTOBAL DE JACAS CHICO
HUANCAPALLAC
CHIGUIRIP
AMARILIS
CHINCHAO
CHURUBAMBA
CHAGLLA
SANTA MARIA DEL VALLE
TAMBILLO
TOMAY KICHWA
MOLINOS
CAYRAN
CHAULAN
COCHAMARCA
TOMAY KICHWA
RIPAN
JACAS
QUEROPALCA
COLPAS
CAINA
SAN RAFAEL
RONDOS
MARGOS
YARUMAYO
HUACAR
Río Huallaga
Río Pachitea
Río Tulumayo
Río Monzón
Río Huertas
Río Ucayali
Río Pozuzo
Río Lauricocha

LEYENDA

UNIDAD		CARACTERÍSTICAS Y DISTRIBUCIÓN
Formaciones detríticas no consolidadas con permeabilidad alta		Depósitos aluviales, fluvioglaciales del Holoceno	Depósitos distribuidos en los tres valles principales (terrazas y llanuras aluviales y valles glaciares), con mayor superficie hacia las partes bajas del río Huallaga (aguas abajo de Tingo María), así como gran parte del río Pachitea y afluentes donde presentan mayor extensión.
		Depósitos glaciofluviales, morrénicos y de vertiente, holocénicos.	Se distribuyen en el sector sur y sureste de la región (Hojas de Yanahuanca, La Unión, Ambo y Codo del Pozuzo); los depósitos de vertiente no consolidados (coluviales, deluviales y proluviales), se encuentran distribuidos espacialmente en muchos sectores de la región.
Formaciones detríticas poco consolidadas con permeabilidad media		Conglomerados, areniscas conglomerádicas con intercalaciones de limoarcillitas pleistocénicas	Conglomerados polimícticos desde poco a medianamente consolidados con matriz arenosa, areniscas arcillosas y conglomerádicas que corresponden a las unidades pleistocenas: Formaciones La Unión, Capas Rojas de Casapalca y Chota (al Oeste y Suroeste de la región), areniscas conglomerádicas y conglomerados semiconsolidados de la Formación Chambira así como de las Formaciones Tulumayo y Ucayali (en el sector Norte y Este).
Formaciones consolidadas y fisuradas con permeabilidad alta		Calizas y margas	Calizas del Grupo Pucará, generalmente plegadas y falladas, muy distribuidas en la región subandina ; Calizas y margas con intercalaciones de areniscas: Formaciones Chonta, Santa Chulec-Pariatambo, Jumasha, Celendín y Grupo Copacabana en el sector central y occidental de la región (cuencas Marañón y Huallaga).
		Areniscas y lutitas	Secuencias de areniscas y lodolitas: limoarcillíticas y lutitas gris oscuras; areniscas cuarzosas intercaladas con lutitas gris oscuras y carbón; areniscas cuarzosas blancas con intercalaciones de limoarcillitas y limonitas. Las formaciones representativas que pertenecen a ésta subunidad son el Grupo Oriente (Formaciones Cushabatay, Esperanza y Agua Caliente), Goyllarrisquiuga (Chimu, Carhuaz, Farrat), Goyllarrisquiuga indiviso, Ambo (Formaciones Chunqui y Gollpay) y la Formación Contaya.
Formaciones consolidadas y fisuradas con permeabilidad media		Limolitas, limoarcillitas, areniscas arcósicas:	Secuencias detríticas de las Formaciones Sarayaquillo, Vivian e Ipururo distribuidas en el lado oriental de la región.
		Lutitas y lutitas carbonosas	Constituida mayormente por lutitas gris oscuras, limonitas, intercaladas con areniscas; pizarras grises y filitas con intercalaciones de areniscas y algunos niveles de calizas, pertenecen a ésta subunidad son las Formaciones Oyón, San José, Cachiyacu y Ushpayacu.
Formaciones con acuíferos locales o sin agua subterránea en cantidad apreciable, con permeabilidad baja a muy baja.		Lavas dacíticas andesíticas y basálticas	Volcánicos lávicos del Grupo Calipuy, de extensión reducida.
		Andesitas, tufos y conglomerados	Constituida de una andesita púrpura y flujos de lava, andesita piroclástica, conglomerados de guijarros de andesita y arenisca rojas. A Norte del cuadrángulo de Yanahuanca y al Norte de La Unión, esta conformado por conglomerados gruesos a finos, intercaladas con areniscas rojas y en la parte superior lodolitas rojas, interestratificadas con arenisca de grano fino a grueso. Secuencia de conglomerados de matriz arenosa semiconsolidada, intercalada con sedimentos tobáceos de naturaleza riolítica de la Formación Lamorache.
		Tobas	Secuencias reducidas de la Formación Huaylliay en el sector suroccidental del área.
		Granodioritas, granitos, tonalitas, dioritas y pórfidos	Ubicados en el área de Suroeste de la región, así como dioritas y pórfidos: en afloramientos aislados.
		Esquistos y micaesquistos; gneis, filitas y pizarras	Facies metamórficas del Complejo Marañón de amplia distribución en la región central del área de estudio.

Área de Estudio



SÍMBOLOS

- 1 Capital de departamento
- / Capital de provincia
- . Capital de distrito
- Límite de cuenca
- Límite de región
- Red hidrográfica
- Laguna

REPÚBLICA DEL PERÚ
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
INGEMMET

MAPA HIDROGEOLÓGICO

Escala 1:300 000

0 5 10 20 km

PROYECCIÓN: TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM HORIZONTAL: SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84 ZONA: 18 Sur

MAPA N° 4

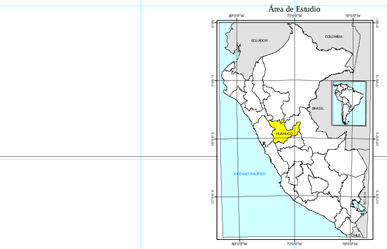
Fuente: Mapa elaborado en base a la cartografía geológica de INGEMMET a escala 1:100 000.
Versión preliminar del Mapa Hidrogeológico del Perú (INGEMMET, 2004).

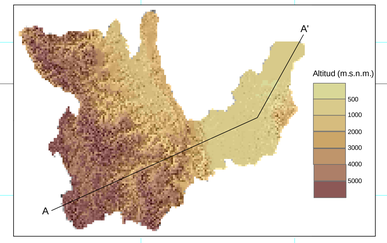
RIESGOS GEOLÓGICOS DEL TERRITORIO

EDICIÓN 1 REGIÓN HUÁNUCO

LEYENDA

UNIDAD		AREA (%)	FORMAS Y DISTRIBUCION PRINCIPAL	LITOLOGÍA ASOCIADA	AMENAZAS GEOLOGICAS
MONTAÑAS		**64,06**	**Elevaciones mayores de 300 m desde su nivel de base local. Topografías moderadas a fuertes de la Cordillera Oriental y Faja Subandina.**		
Mf	Montañas con laderas de moderada a fuerte pendiente	15,65	Laderas de pendiente mayor a 30°. Sectores encañonados de los ríos Marañón Y Huallaga y algunos tributarios. Se distribuyen en la parte central de la región, márgenes del río Marañón y divisoria de aguas con el río Huallaga, al oeste de Tingo María, y sector Sur de la región en la divisoria de las cuencas Huallaga/Pachitea (al Este y Sureste de Ambo), y Este de Panao.	Secuencias metamórficas del Complejo Marañón distribuidas a lo largo del valle del río Marañón (Chavinillo, Singa, Huacrachuco). Secuencias sedimentarias.	Derrumbes y caída de rocas, deslizamientos (en roca) y procesos de erosión de laderas. Avalancha de rocas.
Mm	Montañas con laderas de moderada pendiente	25,95	Laderas de 15 – 30° de pendiente, de morfología ondulada a moderada, muy distribuidas en la región, en la porción central de la región (Huanuco, Panao y Ambo), colindantes con zonas de fuerte pendiente y montañas estructurales.	Secuencias metamórficas y afloramientos intrusivos del Complejo Marañón y rocas paleozoicas.	Asociados a procesos dominantes de: erosión de laderas (cárcavas), deslizamientos y también huaycos.
Me	Montañas con laderas estructurales	22,27	Alineamientos montañosos constituidos por secuencias sedimentarias estructuralmente plegadas y/o con buzamientos de capas que controlan la pendiente de las laderas, formando cuestas. También rocas metamórficas. Presentan además fuerte a muy fuerte pendiente mostrando también zonas encañonadas en los valles del río Huallaga y Marañón.	Secuencias sedimentarias del Mesozoico y también algunos sectores en rocas metamórficas del Complejo Marañón.	Caída de rocas, derrumbes, vuelcos, deslizamientos planares, erosión de laderas y flujo de detritos. Avalancha de rocas.
Mg	Montañas con cobertura glaciar	0,19	Picos o nevados con escasa cobertura de hielo o nieve/nieve, permanente, generalmente por encima de 5000 msnm, ubicados en el sector Sur y Sureste de la región.	Rocas principalmente sedimentarias y volcánicas.	Avalanchas , derrumbes y caída de rocas. Particularmente aluviones, generados por desbordes de lagunas.
COLINAS Y LOMADAS		**23,85**	**Elevaciones menores de 300 m que limitan a las regiones planas. Alineamientos estructurales de topografía suave a abrupta. Colinas y lomeríos de la llanura amazónica y faja subandina.**		
C	Colinas	0,36	Cadenas de elevaciones bajas menores a 300 m con superficies planas a subredondeadas y pendientes moderadas en sus laderas. Distribución reducida restringida al sector Oeste de Chavinillo y Sureste de Panao, sobre cotas encima de 3800 m.	Su litología principal es sedimentaria.	Suelen ocurrir procesos de reptación de suelos, caídas de rocas y escasos derrumbes.
Ce	Colinas con laderas estructurales	5,65	Alineamientos colinosos que siguen un patrón estructural (anticlinales y sinclinales); se distribuyen en forma paralela bordeando a las montañas estructurales. Sus laderas muestran buzamientos de 15° a cerca de 90° y una dirección predominantemente andina (NO-SE).	Secuencias estratigráficas y plegadas del Mesozoico, en la región cordillerana occidental y Faja Subandina.	Caída de rocas, derrumbes y vuelcos; reptaciones en áreas con suelo residual superficial.
L	Lomadas	0,36	Colinas con cumbres y laderas con superficies redondeadas a suaves y en general con pendiente muy suave. Se distribuyen en regiones altas sobre los 4000 msnm, al Oeste de Singa y al Este de Tantamayo.	Principalmente rocas calcáreas.	Erosión de laderas y reptaciones
Cd	Colinas y lomadas bajas disectadas	16,69	Extensas superficies plano-onduladas y disectadas del sector oriental de la región (Faja subandina y Llanura Amazónica), con abundante vegetación. Relieves bajos entre Tingo María y Aucayacu, a ambas márgenes del río Huallaga y, entre Codo del Pozuzo y Tournavista, a ambas márgenes del río Pachitea.	Corresponden a las formaciones geológicas del Paleógeno (Principalmente Chambira e Ipururo).	Por su naturaleza son susceptibles a erosión de laderas, flujos de detritos, derrumbes.
M	Morrenas	0,79	Depósitos ubicados en las laderas de montañas, márgenes de valles glaciares y lagunas. Evidencian los límites de glaciación del Pleistoceno del lado occidental de la Cordillera Oriental así como remanentes en el lado oriental de la región. Mayor distribución en los cuadrángulos de Ambo, Yanahuanca y La Unión.	Depósitos morrénicos.	Procesos de erosión de laderas, flujos de detritos (aluviones) y algunos deslizamientos y movimientos complejos.
Mi	Monte Islas	0,01	Colinas aisladas, que se presentan de manera muy reducida dentro de la región.	Rocas sedimentarias.	Caída de rocas y escasos derrumbes de poca dimensión,
PIEDEMONTES		**2,79**	**Superficies ligeramente inclinadas, con depósitos que descienden hacia los llanuras aluviales, fluvioglaciares y valles. Depósitos en las vertientes de laderas generados por movimientos en masa (huaycos, deslizamientos, etc.).**		
Ap	Abanicos proluviales / aluviales	0,23	Abanicos con ligera pendiente hacia el valle (2° hasta 15°), acumulados en la desembocadura de quebradas o ríos principales, evidencias de represamiento de valle y/o desviaciones de cursos fluviales en los ríos Huallaga y Marañón, así como algunos tributarios (Chontabamba, Monzón) y en valle del río Pozuzo.	Depósitos proluviales y/o aluviales (Huaycos/Huaycos canalizados), delimitados así debido a que su origen está dado por eventos individuales.	Huaycos periódicos a excepcionales; erosión fluvial en las márgenes.
Ad	Abanicos deluvio-coluviales	0,19	Depósitos de ladera acumulados en forma de abanicos individuales o en grupo, originados como flujos de detritos no consolidados. Se distribuyen en algunos ríos afluentes al Huallaga (río Huertas y Higueras) y Marañón (ríos Vizcarra y Lauricocha).	Depósitos de flujos (Huaycos o flujos de detritos generalmente no canalizados), de origen coluvial/deluvial.	Erosión de laderas y generación de huaycos y cárcavas de carácter estacional a ocasional.
Aa	Abanicos aluvionales	0,02	Abanicos de gran dimensión asociados a rupturas de mornenas o desembalse de lagunas glaciares con obstrucción de valle y depósitos de albardones en su recorrido (valle del río Huallaga, frente a Ambo).	Depósitos aluviales o fluvioglaciares (flujos o avalancha de detritos canalizados).	Erosión fluvial y derrumbes en las márgenes. Flujos menores.
Vd	Vertiente de detritos	0,74	Acumulación de detritos en las laderas de montañas o colinas, en forma de talus, que descienden hacia los valles principales o quebradas tributarias, no presentando una geoforma característica, pudiendo corresponder a depósitos de movimientos en masa indiferenciados.	Depósitos coluviales, con clastos angulosos a subangulosos, de naturaleza uniforme.	Generación de flujos de detritos. Erosión de laderas y deslizamientos.
Dgf	Dentros de acumulación glacio-fluvial	1,34	Sedimentos de formas irregulares que bordean las zonas montañosas que han sufrido un proceso de deglaciación en el pleistoceno.	Depósitos glacio-fluviales.	Reptación de suelos; algunos procesos complejos (derrumbe-flujos).
Dd	Depósitos de deslizamiento	0,27	Laderas con morfología cóncavo-convexa y/o escalonada, con acumulación de depósitos de remoción, asociados a movimientos en masa, que evidencian la actividad geodinámica de la región. Se asocian áreas de represamiento y/o desviaciones de cauces fluviales en sus partes terminales.	Depósitos coluvio/deluviales, caóticos estrechamente relacionados a movimientos en masa (deslizamientos, derrumbes y avalanchas de rocas).	Reactivación de procesos de deslizamientos o deslizamiento-flujos, flujos de tierra lentos.
PLANICIES Y DEPRESIONES		**9,31**	**Depósitos que presentan superficies llanas a planas ubicadas inmediatamente a los cursos fluviales y fondo de valles. Se evidencian terrazas recientes y antiguas (pleitocenas).**		
Ta	Planicies aluviales o terrazas altas / Fondos de valle	4,82	Terrazas adyacentes, encima de la llanura de inundación fluvial, de regular extensión. Incluye los fondos planos de valle con cauces angostos, limitados por terrazas fluviales y fluvio-glaciares.	Depósitos aluviales y fluvioglaciares en forma de terrazas, con espesores máximos de hasta 10 m.	Erosión fluvial y derrumbes en las márgenes activas.
LLi	Llanuras o planicies inundables	2,74	Superficies adyacentes a los ríos principales sujetas a inundación recurrente, ya sea estacional o excepcional. En algunos casos ocupadas por áreas urbanas y agrícolas (en el lado occidental). Llanuras meándricas y canales abandonadas en el lado oriental.	Terreno plano compuesto de material no consolidado, movible (fluvial) y terrazas bajas (aluvial)	Inundaciones Fluviales y Erosión Fluvial en las terrazas bajas.
Paa	Planicie alta disectada / Planicie antigua	0,65	Terrazas antiguas altas (Pleistocenas), en algunos casos muy erosionadas, con altitudes entre 50 y 300 m. Se distribuyen en el área de La Unión, entre Huarín y Baños, en el valle del Huallaga (entre Ambo y Huánuco), así como al Norte de Aucayacu.	Conglomerados y arenicas con intercalación de limacarillitas, de las Formaciones La Unión, Tulumayo, Ucayali y Depósitos pleistocenos indiferenciados.	Erosión de laderas y erosión fluvial en las márgenes por socavamiento. Huaycos, derrumbes y deslizamientos.
Vg	Valle glaciar con lagunas	1,10	Valles glaciares con formación de lagunas alineadas de diferentes dimensiones en las cabeceras de valles principales, que involucran substrato rocoso y depósitos glaciales.	Depósitos glaciares y fluvioglaciares asociados.	Inundaciones en áreas no pobladas por desborde, pudiendo generar aluviones aguas abajo.





SÍMBOLOS

- 1 Capital de departamento
- / Capital de provincia
- . Capital de distrito
- Límite de cuenca
- Límite de región
- Red hidrográfica
- Laguna

PERFIL TOPOGRÁFICO A-A'



REPÚBLICA DEL PERÚ
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
INGEMMET

MAPA GEOMORFOLÓGICO

Escala 1:300 000

0 5 10 20 km

PROYECCIÓN: TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM HORIZONTAL: SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84 ZONA: 18 Sur

MAPA N° 5

RIESGOS GEOLÓGICOS DEL TERRITORIO

EDICIÓN 1 REGIÓN HUÁNUCO

LEYENDA

UNIDAD	SUBUNIDAD	SÍMBOLO	COLOR	ÁREA (%)	DESCRIPCIÓN
Depósitos inconsolidados	Fluviales	I-1		1,33	Materiales ubicados en el cauce o lecho de ríos o quebradas, terrazas bajas y llanura de inundación; depósitos heterométricos, constituido por bolos, cantos y gravas subredondeadas en matriz arenosa o limosa, mezcla de lentes arenosos y arena-limosos; son inconsolidados a poco consolidado hasta suelos, fácilmente removibles y su permeabilidad es alta.
	Aluviales y proluviales	I-2		6,71	Depósitos semiconsolidados, algunos de ellos presentan cierto grado de consolidación, erosionadas por los cauces actuales. Corresponden a una mezcla heterogénea de bolones, gravas y arenas, redondeadas a subredondeadas, así como limos y arcillas; que tienen de regular a buena selección, presentándose niveles y estratos diferenciados que evidencian la actividad dinámica fluvial, su permeabilidad es media a alta. Los depósitos proluviales son originados por torrentes que bajan por las quebradas formando conos deyectivos o abanicos, llegándose a confundir con las terrazas aluviales; el material que las constituye es heterométrico y mal clasificado, por lo general son subangulosos a subredondeados, englobados en una matriz fina, permeables, medianamente consolidados; son susceptibles a la erosión fluvial, derrumbes y deslizamientos.
	Glaciales	I-3		0,8	Están representados por acumulaciones de morrenas, las cuales están conformadas por clastos angulosos a subredondeados, en una matriz arenosa y limoarcillosas, son poco compactos. Muchas de estas zonas actualmente sin la presencia de glaciares, evidencian procesos de deglaciación, que ocasionó la desaparición de estos.
	Glaciofluviales	I-4		2,06	Conformado por materiales morrénicos que han sufrido remodelización por acción fluvial, generalmente compuestas por material heterométrico, de gravas subredondeadas, en matriz arenolimosa, de profundidad y permeabilidad variable, medianamente compactos.
	Coluviodeluviales	I-5		0,40	Conformados por material generalmente grueso de naturaleza homogénea, mezclados con materiales finos como arena, limo y arcilla como matriz en menor proporción; generalmente se presentan sueltos a muy sueltos, pero pueden presentar algo de consolidación cuando son relativamente más antiguos, dependiendo de la matriz que los engloba. Constituyen talus de escombros, dentros de ladera, pie de monte. Los depósitos deluviales están referidos a acumulaciones pequeñas a moderadas de depósitos de vertiente, su origen está asociado a flujos no canalizados y también a movimientos complejos (derrumbe-flujos o deslizamiento-flujos), que originan pequeños abanicos en su pie. Se les encuentra al pie de laderas y formando pequeños abanicos en su confluencia con valles principales.
Rocas intrusivas	Granitos y monzogranitos	II-1		5,6	Afloramientos de topografía moderada a fuerte, de amplia distribución dentro de la región Huánuco a manera de plutones (Pampa Hermosa, Cachicoto), macizos (San Rafael), teniendo sus mayores exposiciones al NO en la zona de Huacaybamba e inmediaciones de San Rafael, Panao, Pachitea y Chaglla, se pueden encontrar además pequeños afloramientos en otros sectores.
	Tonalitas y granodioritas	II-2		1,31	Afloramientos de topografía moderada a manera de plutones (Cocalito-San Antonio, Cerro Campana), Batolitos (Higueras), afectada por procesos de meteorización, también de amplia distribución dentro de la región, sus mayores exposiciones se dan al N y S de la zona occidental de la región, a inmediaciones de la ciudad de Huánuco.
	Pórfidos	II-3		4,29	Afloramientos de rocas de tipo cuarzo-latita, conformando cuerpos subvolcánicos como el de Uchiza, morfológicamente aparecen como montañas de moderada pendiente y colinas.
	Gabros y dioritas	II-4		0,33	Constituyen intrusiones de dimensiones menores con relación a las anteriores, afloran de manera aislada y dispersa, siendo los más representativos los afloramientos en los sectores de Parcoy y Chaulan, morfológicamente conforman montañas de moderada pendiente.
Rocas volcánicas	Tobas	III-1		0,01	Tobas friables de coloración clara, que contienen bombas elongadas y lapillis gruesos encerrados en una matriz tobacea de pómez, conforman la Fm. Huaylla, afloran únicamente en el cuadrángulo de Yanahuanca en el sector del cerro Pucagaga.
	Secuencias lávicas y piroclasticas	III-2		0,06	Secuencias del Grupo Calipuy, con afloramientos reducidos y dispersos; el mayor afloramiento se encuentra en los nevados de Jurás y Yerupajá. Están constituidos de rocas piroclasticas gruesas de composición andesítica, lavas andesíticas e ignimbritas dacíticas, también se tienen dentro de este subgrupo pequeños stocks de tipo Riodacita que intruyen a las formaciones Carhuaz, Oyon, Chimo.
Rocas volcanosedimentarias	Conglomerados, areniscas y lutitas, lavas andesíticas y tufos	IV		3,38	Esta conformada por andesitas púrpuras y flujos de lava, andesita piroclástica, conglomerado de guijarros de andesita y arenisca rojas del Grupo Mitu, y también por secuencia de conglomerados de matriz arenosa semiconsolidada, sedimentos tobáceos de naturaleza riolítica, brechas y aglomerados con fragmentos angulosos y redondeados de naturaleza andesítica de la Formación Lauricocha.
Rocas sedimentarias	Calizas, calizas y margas	V-1		14,32	Subunidad constituida por secuencias de calizas micríticas, algo dolomíticas bituminosas, intercalaciones de calizas con lutitas; calizas con intercalaciones de cherrtas y margas; también lutitas intercaladas con areniscas y calizas grises; calizas margosas nodulares, resistentes a la erosión. Las formaciones representativas a ésta subunidad son el Grupo Pucará (Formaciones Chambará, Aramachay y Condorsinga), Copacabana, las Formaciones Chonta, Santa, Chulec, Pariatambo, Crisnejas, Jumasha, Celendín y Pariahuanca.
	Areniscas y lutitas	V-2		9,86	Está constituida por secuencias de areniscas y lodolitas; areniscas limoarcillitcas y lutitas gris oscuras; areniscas cuarzosas intercaladas con lutitas gris oscuras y carbón; areniscas cuarzosas blancas con intercalaciones de limoarcillitas y limonitas. Corresponden a las unidades: Grupo Oriente (Formaciones Cushabatay, Esperanza y Agua Caliente), Goyllarrisquinga (Chims, Carhuaz, Farrat), Goyllarisquiga indiviso, Ambo (Formaciones Chunqui y Gollpaz) y la Formación Contaya.
	Areniscas, limoarcillitas y lodolitas	V-3		8,15	Areniscas de coloración amarillenta, areniscas, limonitas y lodolitas rojas, pertenecientes a las formaciones Sarayaquillo, Vivian, Iquruvy y Casa Blanca.
	Lodolitas y limolitas rojas	V-4		3,51	Esta subunidad esta constituida por lodolitas, limonitas y areniscas rojo-marrones; areniscas calcáreas intercaladas con limoarcillitas y lutitas grises. Las formaciones representativas que pertenecen a ésta subunidad son el Grupo Huayabamba y las Formaciones Yahuarango y Pozo.
	Lutitas	V-5		0,44	Constituida mayormente por lutitas gris oscuras, limonitas, intercaladas con arenisca; pizarras grises y filitas con intercalaciones de areniscas y algunos niveles de caliza; estas son formaciones incompetentes. Las formaciones representativas que pertenecen a ésta subunidad son las Formaciones Oyón, San José, Cachyoyo y Utupa/raca.
	Conglomerados, arenisca y lodolitas	V-6		7,80	Subunidad constituida por secuencias de areniscas rojas friables, margas, lodolitas y conglomerados de color roja; areniscas y lodolitas; secuencias de conglomerados y areniscas semiconglomeráticas; conglomerados moderadamente cementados. Las formaciones representativas son: Chambira, Tulumayo, Casapalca, Chota La Unión, Tamborapa y Ucayali.
	Domo de sal y yeso	V-7		0,00	Este pequeño afloramiento es parte de un domo de sal y yeso que aflora en el sector SE de la hoja de Aguayía, y solo una pequeña fracción del domo pertenece a la región Huánuco.
Rocas metaflórficas	Esquistos y micaesquistos	VI-1		26,23	Se encuentran conformando un relieve accidentado irregular con abundante material de escombros en los flancos y laderas, conformado por micaesquistos y esquistos de coloraciones verdes y grises, con vetas de cuarzo. Su susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa es alta.
	Gneis	VI-2		1,57	Sus afloramientos se encuentran al SO de la localidad de Panao, consiste de gneis de mica-cuarzo-plagioclasa, gneis de granate-muscovita-biotita y gneis de biotita y moscovita. La susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa es baja.
	Filitas-pizarras	VI-3		1,09	Franja de filitas y pizarras grises a marrón rojizas por efectos de la metamorización, con algunos niveles de cuarzo, que afloran en el sector occidental del Complejo Marañón al Oeste de Jesús y Rondos. En el valle del río Huertas y la quebrada Vilcacocha se tiene areniscas, cuarcitas, pizarras y lutitas del Grupo Excelsior, conformas montañas de relieve moderado. Su susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa es alta, produciéndose derrumbes, deslizamientos, reptación y flujos.

Área de Estudio



SÍMBOLOS

- Contacto litológico
- Falla normal
- Falla de rumbo
- Falla inferida
- Falla inversa
- Falla inversa inferida
- Sobreescurrimiento
- Lineamiento
- Lineamiento inferido
- 1 Capital de departamento
- Capital de provincia
- Capital de distrito
- Límite de cuenca
- Límite de región
- Red hidrográfica
- Laguna

REPÚBLICA DEL PERÚ
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
INGEMMET

MAPA LITOLÓGICO-ESTRUCTURAL

Escala 1:300 000

0 5 10 20 km

PROYECCIÓN: TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM HORIZONTAL: SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84 ZONA: 18 Sur

MAPA N° 7

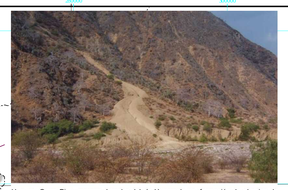
Fuente: Carta Geológica Nacional a escala 1:100 000. CGS-INGEMMET (1997), Cobbing et al (1996), Cobbing & Quispesivana (1996), De La Cruz et al (1996 y 1997), Díaz et al (1998), Garayar et al (1995), Jacay (1996), Martinez et al (1996 y 1997), Quispesivana (1996). Mapa Geológico del Perú actualizado a 1999 (INGEMMET).

PLANOS DE AMENAZA Y RIESGO.

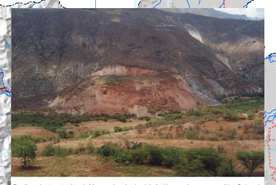
- MAPA DE INVENTARIO DE PELIGROS GEOLÓGICOS N°8 (INGEMMET).
- MAPA DE ACELERACIONES PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 30 AÑOS N°9 (INGEMMET).
- MAPA DE ACELERACIONES PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS N°10 (INGEMMET).
- MAPA DE ACELERACIONES PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS N°11 (INGEMMET).
- MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS EN MASA N°12 (INGEMMET).
- MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES Y EROSIÓN FLUVIAL N°13 (INGEMMET).
- MAPA DE AMENAZAS POR MOVIMIENTOS EN MASA CON LLUVIAS NORMALES N°14 (INGEMMET).
- MAPA DE ZONAS CRÍTICAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS N°16 (INGEMMET).

RIESGOS GEOLÓGICOS DEL TERRITORIO

EDICIÓN 1 REGIÓN HUÁNUCO



Huayco: Cerro Pisu, margen derecha del río Huacrachuco, formación de abanico de material proluvial.



Deslizamiento rotacional: Margen izquierda del río Huacrachuco, cerro Alto Colorado, distrito de Huacrachuco, Huánuco.



Avalancha de rocas: Margen derecha del río Pinra, material acumulado al pie de la ladera, distrito de Pinra, provincia de Huacaybamba, Huánuco.



Movimiento complejo: Formación de escarpas y asentamiento de terreno, sector de La Libertad de Huachan, distrito y provincia de Huacaybamba, Huánuco.



Inundación de detritos: Acumulación de gran cantidad de material aluvial en el cauce del río Pinra, distrito de Pinra, provincia de Huacaybamba, Huánuco.



Aluvión: Sector de Chocchiàn, represo el río Marañón desde su Margen izquierda, distrito de Huacaybamba, Huánuco.



Caída de rocas: Cerro Lacsahuarina – Quisha, distrito de Jacas Chico, provincia de Yarohuilca, Huánuco.



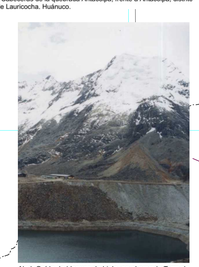
Erosión fluvial: km 39 de la carretera La Unión – Baños, afecta el talud inferior de carretera, distrito de La Unión, Provincia de Dos de Mayo, Huánuco.



Inundación fluvial: Distrito de Baños, provincia de Lauricocha, Huánuco.



Reptación de suelos: Cabeceras de la quebrada Antacolpa, frente a Antacolpa, distrito de Jesús. Provincia de Lauricocha. Huánuco.

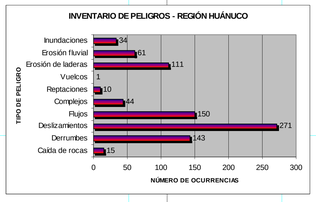


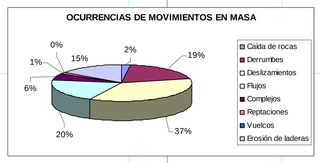
Aludi: Caída de bloques de hielo, en el nevado Torre de Cristal, distrito de Cauri, provincia de Lauricocha, Huánuco.



Erosión de laderas: Formación de cárcavas y surcos, deslizamientos y derrumbes hacia su cara libre, generación de huaycos, ciudad de Huanuco.







SIMBOLOGÍA

Peligros geológicos

- Alud
- Aluvión
- Avalancha de rocas
- Caída de rocas
- Derrumbe
- Deslizamiento
- Erosión de laderas
- Erosión fluvial
- Flujo de lodo
- Flujo de tierra
- Huayco
- Inundación de detritos
- Inundación fluvial
- Movimiento complejo
- Reptación
- Vuelco

Base topográfica

- Capital de departamento
- Capital de provincia
- Capital de distrito
- Vía asfaltada
- Vía afirmada
- Vía sin afirmar
- Trocha carrozable
- Red hidrográfica
- Laguna
- Límite de cuenca
- Límite de región

REPÚBLICA DEL PERÚ
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
INGEMMET

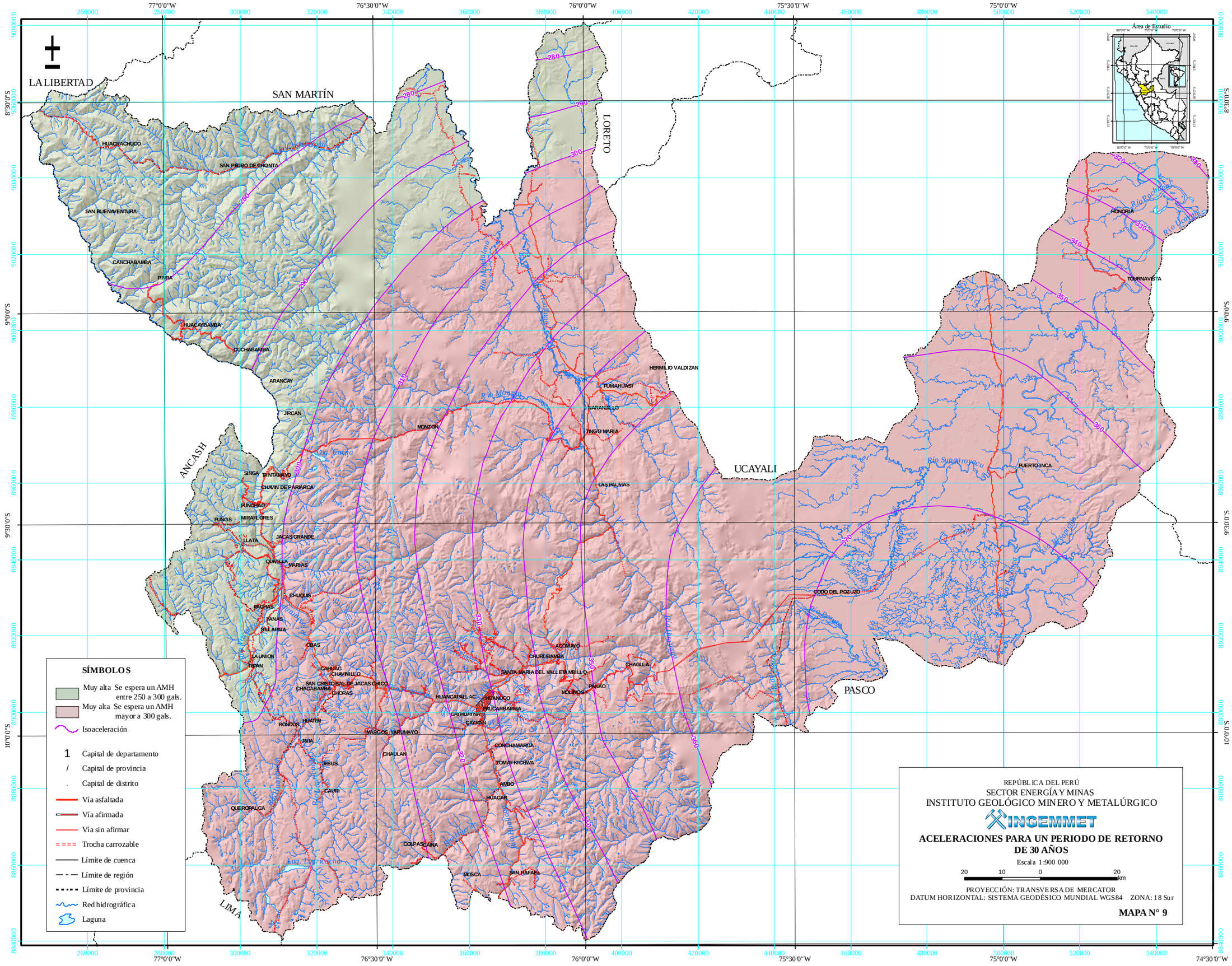
INVENTARIO DE PELIGROS GEOLÓGICOS

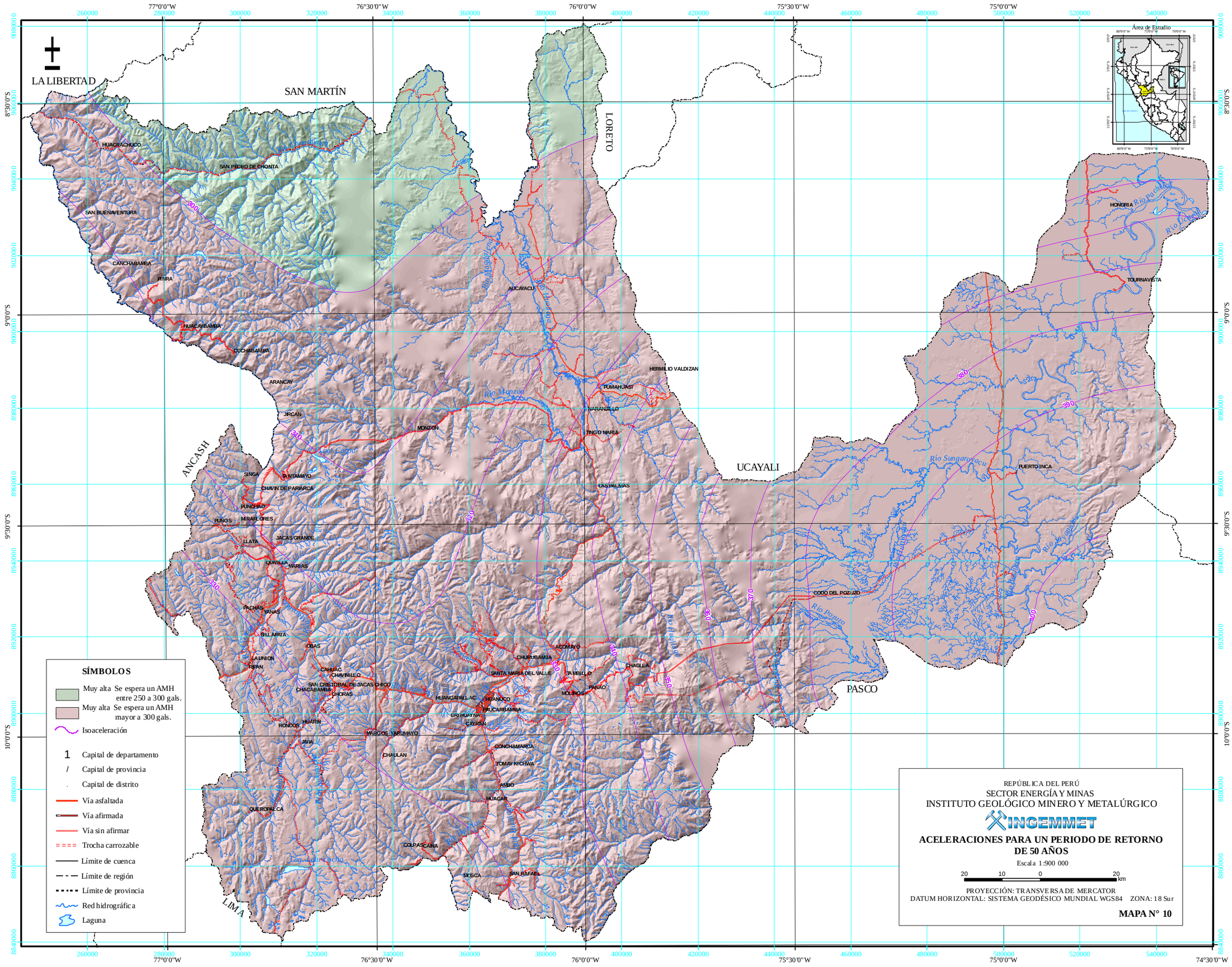
Escala 1:300 000

0 5 10 20 km

PROYECCIÓN: TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM HORIZONTAL: SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84 ZONA: 18 Sur

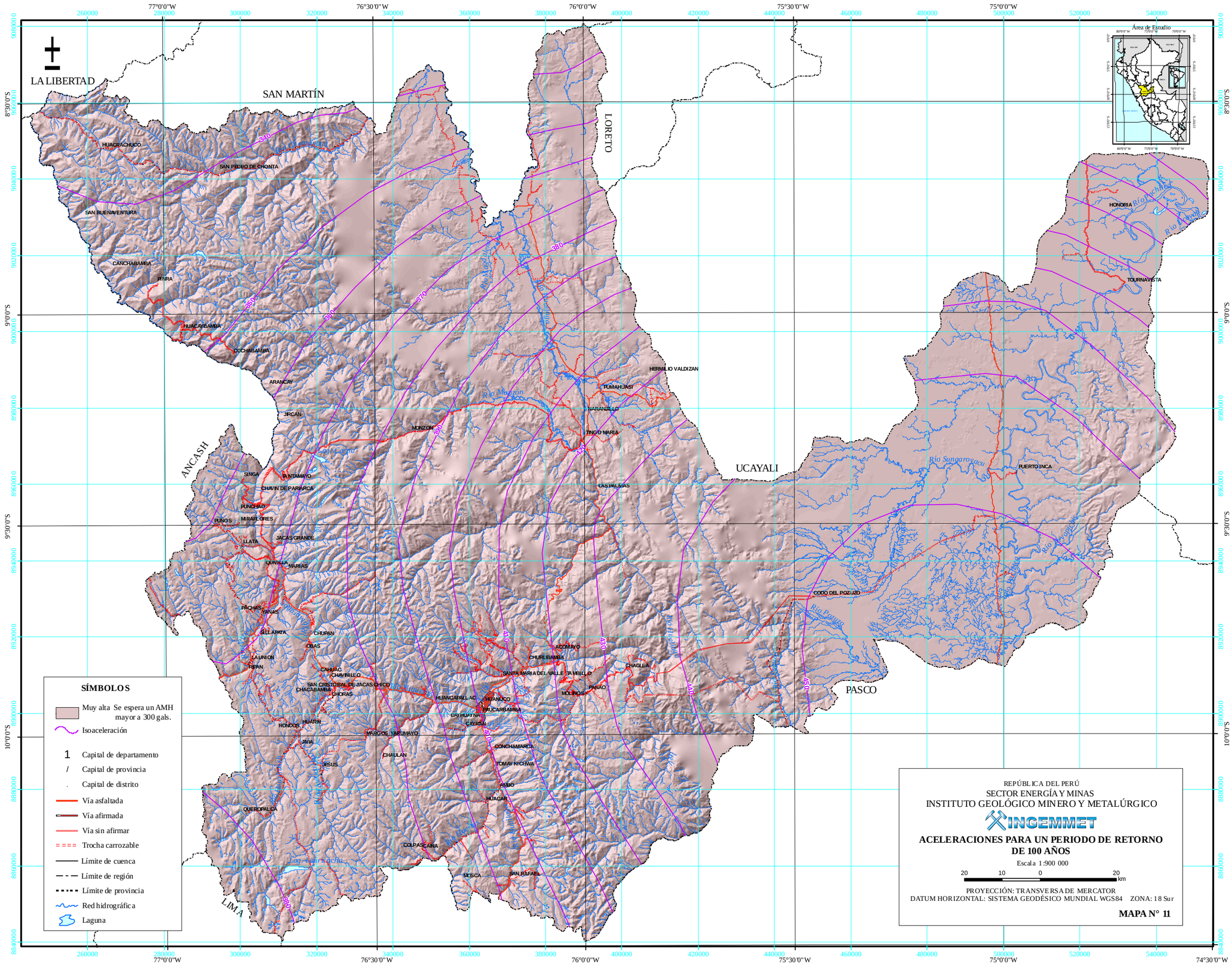
MAPA N° 8


77°0'0"W
76°30'0"W
76°0'0"W
75°30'0"W
75°0'0"W
8°30'0"S
9°0'0"S
9°30'0"S
10°0'0"S
LA LIBERTAD
SAN MARTÍN
LORETO
UCAYALI
PASCO
ANCASH
LIMA
HUACRACHUCO
SAN PEDRO DE CHONTA
SAN BUENAVENTURA
CANCHABAMBA
PIURA
HUACAYBAMBA
COCHABAMBA
ARANCAY
JIRCAN
SINGA
TANTAMAYO
CHAVIN DE PARIARCA
PUNCHAO
PUNOS
MIRAFLORES
LLATA
JACAS GRANDE
QUIVILLA
MARIAS
CHUQUIS
PACHAS
YANAS
SILLAPATA
OBAS
LA UNION
RIPAN
CAHUAC
CHAVINILLO
SAN CRISTOBAL DE JACAS CHICO
CHACABAMBA
CHORAS
HUARIN
RONDOS
JIVIA
JESUS
CAURI
QUEROPALCA
CHAULAN
MARGOS YARUMAYO
HERMILIO VALDIZAN
PUMAHUASI
NARANJILLO
MONZON
TINGO MARIA
LAS PALMAS
HUANCAPALLAC
HUANUCO
CAYHUAYNA
CAYRAN
HUACARBAMBA
CHURUBAMBA
ACOMAYO
CHAGLLA
SANTA MARIA DEL VALLE
PANAO
MOLINOS
CONCHAMARCA
TOMAY KICHWA
AMBO
HUACAR
COLPASCAINA
MOSCA
SAN RAFAEL
HONORIA
TOURNAVISTA
PUERTO INCA
COCO DEL POZUZO
Río Mayo
Río Huallaga
Río Monzón
Río Pachitea
Río Sungaroyacu
Río Pozuzo
Río Perené
Lag. Lagunacocha
Área de Estudio
SÍMBOLOS
Muy alta Se espera un AMH entre 250 a 300 gals.
Muy alta Se espera un AMH mayor a 300 gals.
Isoaceleración
1 Capital de departamento
/ Capital de provincia
. Capital de distrito
Vía asfaltada
Vía afirmada
Vía sin afirmar
Trocha carrozable
Límite de cuenca
Límite de región
Límite de provincia
Red hidrográfica
Laguna
REPÚBLICA DEL PERÚ
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
INGEMMET
ACELERACIONES PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 30 AÑOS
Escala 1:900 000
20 10 0 20 km
PROYECCIÓN: TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM HORIZONTAL: SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84 ZONA: 18 Sur
MAPA N° 9


77°0'0"W
76°30'0"W
76°0'0"W
75°30'0"W
75°0'0"W
8°30'0"S
9°0'0"S
9°30'0"S
10°0'0"S
LA LIBERTAD
SAN MARTÍN
LORETO
UCAYALI
PASCO
ANCASH
LIMA
HUACRACHUCO
SAN PEDRO DE CHONTA
SAN BUENAVENTURA
CANCHABAMBA
PATAZ
HUACAYBAMBA
COCHABAMBA
ARANCAY
JACAS GRANDE
LLATA
QUIVILLA
MARIAS
PACHAS
YANAS
SILLAPATA
OSAS
LA UNION
PIRAN
CAHUAC
CHAVINILLO
SAN CRISTOBAL DE JACAS CHICO
CHACABAMBA
CHORAS
RONDOS
HUARIN
JIVIA
SINGA
PUNOS
MIRAFLORES
PUNCHAO
CHAVIN DE PARIARCA
PANTAMAYO
JIRCAN
MONZON
AUCAYACU
HERMILIO VALDIZAN
PUMAHUASI
NARANJILLO
TINGO MARIA
LAS PALMAS
HONORIA
TOURNAVISTA
PUERTO INCA
CODO DEL POZUZO
CHURUBAMBA
ACOMAYO
SANTA MARIA DEL VALLE
TAMBILLO
CHAGLLA
MOLINOS
PINAO
HUANUCO
HUANCAPALLAC
CAYHUAYNA
CAYRAN
MARGOS YARUMAYO
CONCHAMARCA
CHAULAN
TOMAY KICHWA
AMBO
HUACAR
COLPAS CAINA
ICSCA
SAN RAFAEL
QUEROPALCA
Río Monzón
Río Huallaga
Río Pachitea
Río Ucayali
Río Sungaroyacu
Río Pozuzo
Río Mayro
Río Tulumayo
Río Higueras
Río Chinchao
Lago Lauricocha
Área de Estudio
SÍMBOLOS
Muy alta Se espera un AMH entre 250 a 300 gals.
Muy alta Se espera un AMH mayor a 300 gals.
Isoaceleración
1 Capital de departamento
/ Capital de provincia
. Capital de distrito
Vía asfaltada
Vía afirmada
Vía sin afirmar
Trocha carrozable
Límite de cuenca
Límite de región
Límite de provincia
Red hidrográfica
Laguna
REPÚBLICA DEL PERÚ
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
INGEMMET
ACELERACIONES PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS
Escala 1:900 000
20 10 0 20 km
PROYECCIÓN: TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM HORIZONTAL: SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84 ZONA: 18 Sur
MAPA N° 10

RIESGOS GEOLÓGICOS DEL TERRITORIO

EDICIÓN 1 REGIÓN HUÁNUCO



SÍMBOLOS

- Muy alta Se espera un AMH mayor a 300 gals.
- Isoaceleración
- 1 Capital de departamento
- / Capital de provincia
- . Capital de distrito
- Vía asfaltada
- Vía afirmada
- Vía sin afirmar
- Trocha carrozable
- Límite de cuenca
- Límite de región
- Límite de provincia
- Red hidrográfica
- Laguna

REPÚBLICA DEL PERÚ
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
INGEMMET

ACELERACIONES PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

Escala 1:900 000

20 10 0 20 km

PROYECCIÓN: TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM HORIZONTAL: SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84 ZONA: 18 Sur

MAPA N° 11

RIESGOS GEOLÓGICOS DEL TERRITORIO

EDICIÓN 1 REGIÓN HUÁNUCO

LA LIBERTAD

SAN MARTÍN

LORETO

ANCASH

LIMA

UCAYALI

PASCO

HUÁNUCO

HUACHO-HUACHO

SAN PEDRO DE CHONTA

SAN BUENAVENTURA

CANCHABAMBA

PINRA

HUACAYBAMBA

COCHABAMBA

ARANCAY

JIRCAN

MONZON

SINSA

YANTAMAYO

CHAVIN DE PARIARCA

PUNCHAO

RUPAS

MIRAFLORES

LLATA

JACAS GRANDE

QUIVILLA

MARIAS

CHUQUIS

PACHAS

YANAS

PAMPAMARCA

SHUNQUI

SILLAPATA

CHAPAN

OBAS

LA UNION

RIPAN

CAHUAC

CHAVINILLO

CHACABAMBA

CHORAS

SAN CRISTOBAL DE JACAS CHICO

HUANDAPAMPA

HUANUCO

PAUCARBAMBA

CAYHUAYNA

CAYRAN

MARGOS

HUAMAYO

CONCHAMARCA

TOMAY KICHWA

CHAULAN

AMBO

HUACAR

QUEROPALCA

COLPAS

GAINA

NOSTA

SAN RAFAEL

HE EMILIO VALDIZAN

PUMAHUASI

MARAÑILLO

TINGO MARIA

LAS PALMAS

AUCAYACU

ACOMAYO

CHURUBAMBA

SANTA MARIA DEL VALLE

TAMBILLO

CHAGLLA

HUMAO

MOLINOS

PUERTO INCA

CODO DEL POZUZO

YURAPICHIS

HONORIA

TOURNAVISTA

Río Pachitea

Río Pozuzo

Río Sungaruyacu

Río Huallaga

Río Marañón

Río Huacrachuco

Río Higueras

Río Monzón

Río Huertas

Río Garhuamanca

Río Chaulan

Río Vizcarra

Río Tingo

Río Huamayo

Río Huayllapampa

Río Huaripampa

Río Huaripampa

Río Huarip

RIESGOS GEOLÓGICOS DEL TERRITORIO

EDICIÓN 1 REGIÓN HUÁNUCO

LA LIBERTAD

SAN MARTÍN

LORETO

UCAYALI

ANCASH

LIMA

PASCO

HUACAYBAMBA
HUACHACHUCO
SAN PEDRO DE CHONTA
SAN BUENAVENTURA
CANCHABAMBA
PARIA
COCHABAMBA
ARANCAY
JIRCAN
MONZON
TINGO MARIA
UCHIZA
SINGA
TANTAMAYO
CHAVIN DE PARIARCA
PUNCHAO
PUÑOS
MIRAFLORES
JACAS GRANDE
LLATA
QUIVILLA
MARIAS
CHUQUIS
PACHAS
YANAS
PAMPAMARCA
SILLAPATA
CHUPAN
OBAS
LA UNION
RIPAN
CAHUAC
CHAVINILLO
CHACABAMBA
CHORAS
SAN CRISTOBAL DE JACAS CHICO
HUANCAPALLAC
HUANUCO
PAUCARBAMBA
CANCHAYNA
CAYRAN
MARGOS
YARUMAYO
CHAULAN
BAÑOS
JESUS
CASHI
QUEROPALCA
HERMILIO VALDIZAN
PUMAHUASI
NARANJILLO
LA PALMERA
AUCAYACU
ACOMAYO
CHURUBAMBA
SANTA MARIA DEL VALLE
TAMBILLO
CHAGLLA
HUNAO
MOLINOS
CONCHAMARCA
TOMAY KICHWA
AMBO
HUACAR
RAFAEL
HONORIA
TOURNAVISTA
PUERTO INCA
YURACYACU
CODO DEL POZUZO

Río Huallaga
Río Marañón
Río Pachitea
Río Pisqui
Río Pachitea
Río Sungaroyacu
Río Yuyapichis
Río Pachitea
Río Pachitea
Río Pachitea
Río Pachitea
Río Pachitea
Río Huallaga
Río Huallaga
Río Huallaga

RIESGOS GEOLÓGICOS DEL TERRITORIO

EDICIÓN 1 REGIÓN HUÁNUCO

LA LIBERTAD

SAN MARTÍN

LORETO

ANCASH

UCAYALI

PASCO

LIMA

HUACAYBAMBA
SAN PEDRO DE CHONTA
SAN BUENAVENTURA
CANCHABAMBA
PINRA
HUACAYBAMBA
COCHABAMBA
ARANCAY
JIRCAN
MONZON
YANTAMAYO
CHAVIN DE PARIARCA
PUCHCHAO
RUPOS
MIRAFLORES
LLATA
JACAS GRANDE
CHUQUIS
MARIAS
CHUQUIS
PACHAS
YANAS
PAMPAMARCA
SHUNQUI
SILLAPATA
CHURIN
OBAS
LA UNION
RIPAN
CAHUAC
CHAVINILLO
CHACABAMBA
CHICHAS
SAN CRISTOBAL DE JACAS CHICO
HUANCAPALLAC
HUANUCO
PAUCARBAMBA
CAYHUAYNA
CAYRAN
HUARIPI
PONOS
MARGOS
YARUMAYO
CHAULAN
CONCHAMARCA
TOMAY KICHWA
AMBO
HUACAR
SAN RAFAEL
COLPAS
CAINA
QUEROPALCA
JESUS
BANOS
JIVIA
AUCAYACU
HERMILIO VALDIZAN
PUMAHUASI
SANTA ROSA
TINGO MARIA
LAS PALMAS
ACOMAYO
CHURUBAMBA
SANTA MARIA DEL VALLE
TAMBILLO
CHAGLLA
HONORIA
PANAO
MOLINOS
TOURNAVISTA
PUERTO INCA
CODO DEL POZUZO
VILLA RICA
Río Huallaga
Río Pachitea
Río Pisqui
Río Aguaytía
Río Sungaruyacu
Río Pozuzo
Río Palcazu
Río Chontabamba
Río Higueras
Río Huertas
Río Pichanaqui
Río Perené
Río Tulumayo
Río Mantaro
Lago Lauricocha

LEYENDA

GRADO DE AMENAZA	COLOR	CARACTERÍSTICAS Y DISTRIBUCIÓN
Muy alta		Asociada con áreas de muy alta a alta susceptibilidad, donde se ha inventariado muchos movimientos en masa activos y antiguos. Las áreas principales son el valle del río Marañón entre Chavín de Pariarca y Arancay; valles de los ríos Pumachaca y Chinchao, sector de San Rafael, y entre Santa María del Valle, Molinos, Panao y Chaglla; zonas de alta y moderada susceptibilidad en una franja longitudinal NNO-SSE al Este de Aucayacu-Tingo María Chaglla, con ocurrencia de precipitaciones entre 2000 y 3000 mm, y en una franja discontinua N-S entre Puerto Inca y Yuyapichis, con precipitaciones pluviales entre 2000 y 3000 mm. Las aceleraciones sísmicas consideradas son muy altas y las precipitaciones están en el rango de 500 a 2000 mm.
Alta		Porcentaje de área importante, que coinciden con áreas de moderada, alta a muy alta susceptibilidad, ubicada en la parte occidental de la región; cuencas medias del río Marañón (entre Huarín y Singa, entre Huacaybamba y Canchabamba) y Huallaga (laderas adyacentes a las localidades entre Huanuco y Santa María del Valle, Chaglla, Tomayquichua), incluyendo áreas glaciares y periglaciares. Un sector importante de colinas y lomadas disectadas del sector oriental con precipitaciones acumuladas entre 2000 y 3000 m (Oeste de Puerto Inca y Yuyapichis). Rangos de aceleración sísmica altos a muy altos, y precipitaciones inferiores a 500 mm (sector occidental), hasta más de 2000 m (sector oriental).
Moderada		Abarca zonas distribuidas en el sector central-occidental de la región, correspondiendo a los valles de Chontabamba (al norte), Higueras y Huertas (al sur), con una susceptibilidad entre muy alta hasta moderada a los movimientos en masa; un pequeño sector en la parte de la Cordillera del Sira. Las precipitaciones pluviales están entre 500 y 1000 mm (lado occidental), y la aceleración sísmica entre alta a muy alta; en el sector occidental con lluvias entre 1500 y 2000 mm.
Baja		Distribución regular en la región sobre terrenos con susceptibilidad moderada a alta (algunas áreas con susceptibilidad baja). Geográficamente abarca zonas en las cabeceras de la cuenca de los ríos Marañón, franja entre Llata, La Unión y Baños, Margos principalmente. Otros sectores en la cuenca baja del río Chontabamba (al NO de Aucayacu), colinas, lomadas y terrazas adyacentes al río Pachitea. Está relacionada a áreas con precipitaciones menores a 500 mm, donde la aceleración sísmica es alta a muy alta; sector oriental con precipitaciones entre 1500 y 2000 mm.
Muy Baja		Terrenos muy llanos (planicies, terrazas y valles fluviales inundables) con moderada a muy baja susceptibilidad, donde la precipitación oscila entre 700 y 1000 mm anuales (algunos sectores del sector oriental con precipitaciones de 1500 a 2000 mm. El porcentaje de área es bajo. Comprenden las partes bajas de los valles, especialmente en el tramo Huácar-Santa María del Valle, que por su ubicación son afectadas por las áreas o laderas adyacentes, entre Yuyapichis y Tournavista y Codo del Pozuzo, así como las áreas entre Tingo María y Aucayacu.

Área de Estudio

ECUADOR
COLOMBIA
BRASIL
HUANUCO
OCEANO PACIFICO

SÍMBOLOS

- 1 Capital de departamento
- / Capital de provincia
- . Capital de distrito
- Límite de cuenca
- Límite de región
- Red hidrográfica
- Laguna
- Áreas sin recubrimiento topográfico

REPÚBLICA DEL PERÚ
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
INGEMMET

AMENAZAS POR MOVIMIENTOS EN MASA CON LLUVIAS NORMALES

Escala 1:300 000

0 5 10 20 km

PROYECCIÓN: TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM HORIZONTAL: SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84 ZONA: 18 Sur

MAPA N° 14

ZONAS CRÍTICAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO

	SECTOR Y DISTRITO	ÁREAS SUJETAS A	VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS	RECOMENDACIONES
50	Tingo María - Afiliador (Tingo María).	Erosión fluvial e inundaciones excepcionales, en una longitud de 2 km en Tingo María, y sector de Afiliador.	Puede afectar las viviendas y terrenos de cultivo ubicados cerca del cauce.	Se ha colocado enrocados en el sector de Afiliador, margen derecha del río Huallaga; se recomienda gaviones y muros de concreto en ambas márgenes del río frente a la ciudad de Tingo María.
51	Parque Nacional Tingo María (Rupa Rupa).	Erosión fluvial.	Puede afectar los terrenos ubicados a su margen izquierda y también los estribos del puente de acceso a Monzón.	Colocar defensas ribereñas colocando gaviones y enrocados a los estribos del puente.
52	Las Vegas (Daniel Alomía Robles).	Deslizamientos, derrumbes, huaycos y erosión de laderas.Avance retrogresivo, huaycos y flujos de lodo.	Tramo de 1600 m de la carretera Tingo María - Aguaytía afectado por los deslizamientos y derrumbes, se puede producir la perdida de la plataforma de carretera.	Se están realizando trabajos de rehabilitación de la vía por medio de rellenos profundos en la plataforma de carretera con bloques de roca. Se debe mejorar el sistema de drenaje de aguas de precipitación que discurren por las cárcavas.
53	Quebrada Bella.	Erosión fluvial y huaycos.	Afecta puente y tramo de unos 100 de la carretera Tingo María – Monzón.	Realizar trabajos de encauzamiento en la quebrada por medio de la colocación de gaviones en ambas márgenes.
54	Puerto de Aucayacu (José Crespo y Castillo).	Erosión fluvial e inundaciones. Avenidas excepcionales del río Huallaga pueden afectar embarcadero y viviendas próximas al cauce.		Colocar defensas ribereñas por medio de gaviones.

ZONAS CRÍTICAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS EN LAS PROVINCIAS DE DOS DE MAYO Y HUACAYBAMBA

	SECTOR Y DISTRITO	ÁREAS SUJETAS A	VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS	RECOMENDACIONES
		PROVINCIA DE DOS DE MAYO		
14	Carretera La Unión -Huallanca (La Unión).	Derrumbes, deslizamientos, movimientos complejos, huaycos, erosión fluvial e inundaciones por desborde del río Vizcarra.	Tramos de carretera por erosión fluvial y obstrucción por deslizamientos, derrumbes y huaycos en varios tramos. Viviendas cerca del cauce.	Colocar defensas ribereñas con gaviones; limpiar, encauzar quebradas y chorreras, colocar badenes en los pasos de huayco.
15	La Unión – Ripán (La Unión y Ripán).	Derrumbes, huaycos y erosión fluvial en la margen izquierda del río Vizcarra afecta el talud inferior de la carretera La Unión Puente Tingo Chico.	Compromete 30 viviendas; Afecta tramos de carretera. Erosión en la plataforma (derrumbes) al aumentar caudales del río Vizcarra.	Colocar defensas ribereñas por medio de gaviones y enrocados; donde ya existen ampliar su extensión.
16	Carretera La Unión – Llata (Pachas).	Derrumbes, deslizamientos, huaycos, erosión de laderas, erosión fluvial e inundaciones.	Afecta 2,5 km de carretera Llata - Tingo Chico, en tramos de 80, 70 y 150 m, por deslizamientos y huaycos.	Colocar badenes y reforestar zonas desprovistas de vegetación.
		PROVINCIA DE HUACAYBAMBA		
17	Pinra (Pinra).	Erosión de laderas, derrumbes y huaycos.	Huayco en la quebrada puede afectar unas 5 viviendas ubicadas en el depósito de abanico.	Trabajos de encauzamiento de la quebrada; evitar toda construcción de colmatación de cauce de quebrada Pinra.
18	Huacaybamba (Huacaybamba).	Aluvión antiguo de gran magnitud represó río Marañón. Deslizamiento en quebrada Molinoragra, erosión de laderas con generación de huaycos, que afectan terrenos de cultivo.	Avance de deslizamientos afecta terrenos de cultivo y carretera de acceso hacia la localidad de Huacaybamba y varios anexos.	Cambiar el trazo actual de la carretera hacia Huacaybamba.

ZONAS CRÍTICAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA PROVINCIA DE HUAMALÍES

	SECTOR Y DISTRITO	ÁREAS SUJETAS A	VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS	RECOMENDACIONES
19	Cachigaga (Llata).	Escarpas sucesivas de deslizamiento y flujo de tierra, asentamientos en la plataforma de carretera, abundante filtración de agua, formación de bofedales, el terreno se presenta totalmente removido.	Afecta 180 m de la carretera Pachas - Llata, perdida de terrenos de cultivos.	Continuar reforestando de las laderas superiores, colocar obras de drenaje para aguas subterráneas.
20	Cerro Quishuar (Tantamayo).	Múltiples escarpas de deslizamiento; cicatrices de deslizamientos antiguos.	Reactivaciones pueden afectar tramo de carretera Chavín de Pariarca - Urpish.	Forestar la ladera.
21	Km 11 carretera Quipran de Chuquibamba (Chavín de Pariarca).	Escarpas sucesivas de deslizamientos, deslizamientos y flujos.	Afecta 5 desarrollos de carretera. Mineros informales explotan oro aluvial en la zona.	Colocar drenajes para las aguas subterráneas presentes en la zona.

ZONAS CRÍTICAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA PROVINCIA DE LAURICOCHA

	SECTOR Y DISTRITO	ÁREAS SUJETAS A	VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS	RECOMENDACIONES
44	Cordillera Huayhuash (Queropalca).	Aludes que pueden provocar aluviones.Agrietamientos en el glaciar este en el nevado de Yerupajá; retroceso glaciar.	Efectos de aluvión de Huayllapa llegaron hasta el sector de Baños.Aluvión de Queropalca obstruyó parte del pueblo (1998).	Encauzamiento del río y construcción de defensas con gabiones o enrocados para mitigar efectos de flujos menores.
45	Laguna Carhuacocha-Baños (Queropalca, Baños).	Aluvión.	Aluvión del 22/11/98 arrasó con 25 viviendas, escuela, posta médica, colegio secundario y pastos naturales. Trama de carretera.	Presencia de glaciares colgados con agrietamiento transversales intenso. Frentes de hielo con retroceso glaciar.
46	Jivia-Contán (Jivia).	Deslizamiento, huaycos, reptación de suelos y erosión de laderas.	Carretera en algunos tramos; pastos y cultivos en secano.	
47	Conán (Jesús).	Deslizamientos y flujos.	Afecta carretera Jesús-Cauri en tramo de 200 m.	Estudios específicos, cambio de ruta.
48	Cauri-Punqui-Marcachacra (Jesús).	Deslizamientos, erosión de laderas, reptación de suelos y huaycos. Antiguo deslizamiento reactivado por sectores.	Afecta caminos vecinales, pastos y terrenos de cultivo de secano.	Zona Arqueológica de Huayla, sector Jahual.
49	Quebrada Chinchasragra (San Francisco de Asís).	Movimientos complejos, derrumbes, deslizamientos y flujos.	Afecta 30 m de carretera hacia Caramarca, también pastizales.	Forestar las laderas superiores.

CUADRO N° 10.5 ZONAS CRÍTICAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA PROVINCIA DE HUANUCO

	SECTOR Y DISTRITO	ÁREAS SUJETAS A	VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS	RECOMENDACIONES
22	Quebradas Tingoraga y Las Moras (Huánuco).	Cárcavas, derrumbes y deslizamientos, inundaciones, huaycos.	Viviendas en margen derecha del Huallaga y las ubicadas cerca de las quebradas.	Se han colocado muros de concreto para encauzar la quebrada. Colocar enrocados o arrimado de material.
23	San José de Cozo (Cayrán).	Huaycos periódicos a ocasionales; cauce del río Cozo colmatado.	Carretera entre Huanuco-Margos. Puede afectar aguas abajo poblado de Cozo.	Encauzamiento y limpieza del cauce del río Cozo; levantar rasante de carretera y colocar enrocados para protección de caserío de Cozo.
24	La Esperanza (Amarilis).	Huayco antiguo desvío río Huallaga; huayco reciente de quebrada Pumarinri.	Afecto 60 viviendas de Jancas y carretera Huanuco- Tingo María.	Realizar trabajos de limpieza de cauce y encauzamiento de la quebrada en este sector.
25	Chullay (Cayrán).	Constante derrumbe de material fino a carretera; asentamientos.	Afecta 250 m de la carretera Huanuco-Margos.	No arrojar desmonte de trabajos de construcción de carretera en la parte superior. Reforestar la ladera
26	Quisqui (Quisqui).	Múltiples escarpas y asentamientos del terreno. Derrumbes, agrietamientos.	Afecta dos desarrollos de la carretera Huánuco - La Unión, terrenos de cultivo.	Forestar las laderas superior e inferior de carretera, zanjas de coronación y derivación de aguas pluviales.
27	Cullucuy - La Dispensa (Santa María del Valle).	Erosión en surcos y cárcavas; derrumbes hacia cara libre y huaycos.	Huaycos que pueden cortar el transito hacia Tingo María.	Se ha colocado un badén.
28	Quebrada Olipnayo (Santa María del Valle).	Erosión de laderas y huaycos.	Huaycos pueden cortar transito hacia Tingo María, también afecta terrenos de cultivo.	Se ha colocado un badén. Se debe forestar las laderas superiores.
29	Aguas abajo del Puente Vado (Churubamba).	Erosión fluvial e inundaciones.	Afecta carretera a Chinobamba; viviendas cerca al cauce del río Chinobamba.	Existe muro de concreto y también se a arrimado material en la margen derecha, estas defensas deben ser extendidas aguas abajo.
30	Umpayoc (Churubamba).	Deslizamientos y flujo de tierra perdida de tramos de plataforma, bofedales.	Afecta 3,3 km de carretera Churubamba - Vinchos , terrenos de cultivo.	Colocar drenajes para las aguas subterráneas presentes en la zona.
31	El Rancho-La Linda; vía a Panao (Churubamba).	Deslizamientos, empujes de terreno, asentamientos y escarpas secundarias.	450 m de carretera , 12-15 casas, una torre de alta tensión y dos postes de luz.	Se ha colocado muro de contención de concreto en el talud inferior, reforestar la ladera y reubicar viviendas ubicadas al pie de la ladera.
32	Chinchao (Chinchao).	Flujo de tierra; asentamientos en la carretera, bofedales.	Afecta 40 m de carretera, puede producir la perdida de la plataforma de carretera.	Se han colocado alcantarillas, es necesario drenar las aguas subterráneas.
33	Pachachupan (Chinchao).	Flujo de tierras. Agrietamientos en talud superior, rotura de zanja de coronación.	Afecta 120 m de carretera; perdida de la plataforma de carretera y cuneta.	Se ha colocado cuneta, cuneta de coronación y muro de concreto.
34	Quebrada Dos Aguas (Chinchao).	Área sujeta a deslizamiento; asentamiento lento de la carretera.	Afecta 250 m de carretera Huanuco - Tingo María.	Se ha colocado muro de concreto.
35	Km 38+950 Huánuco - Tingo María (Chinchao).	Área sujeta a movimientos complejos. Movimiento lento del terreno.	Pueden afectar unos 160 m de carretera, dos viviendas y terrenos de cultivo.	Se ha colocado muro de concreto.
36	km 444 carretera Lima - Tingo María (Chinchao).	Área sujeta deslizamientos.	Perdida de la plataforma de carretera.	Se ha forestado ladera, se colocó cuneta de coronación, alcantarilla y muro de concreto,
37	km 35 carretera Huánuco - Tingo María.	Área sujeta a deslizamiento agrietamientos.	Afecta 600 m de carretera; compromete tres viviendas y una torre de alta tensión.	Se han colocado en la zona muros de concreto y cuneta de coronación.
38	Llicua (Amarilis).	Erosión de laderas, derrumbes, deslizamientos y huaycos.	La generación de nuevos huaycos puede afectar viviendas ubicadas en el cauce .	Construir diques disipadores y forestar las laderas de la quebrada.
39	Cochas (Margos).	Área sujeta a erosión de laderas.	Lluvias en 1995 afectaron pueblo.	Construir reservorio y revestir los canales con piedra y cemento.
40	San Pedro de Chaulán (San Pedro de Chaulán).	Deslizamiento-flujo.	Ante lluvias intensas podría afectar calle Pedro Repeto con 50 viviendas.	Hacer trabajos de revestimiento de canales para impedir la saturación del suelo.
41	Mosca (San Francisco de Mosca).	Área sujeta a deslizamiento desde 1944; reactivación.	Pobladas. Filtraciones y deslizamientos de pequeña magnitud en el entorno.	Reforestación de las laderas.
42	Cariapampa (Cayrán).	Inundaciones y erosión fluvial. Colmatación de la quebrada Cuchihuasi.	Afectaría las viviendas ubicadas cerca del cauce de la quebrada.	Colocar defensas ribereñas en ambas márgenes y encauzamiento, realizar trabajos de limpieza y descolmatación del cauce.
43	Pillcomarca (Pillcomarca).	Inundaciones excepcionales.	Subidas del nivel del río Huallaga pueden afectar los terrenos de cultivo .	Realizar trabajos de encauzamiento del río Huallaga, colocar defensas ribereñas,

ZONAS CRÍTICAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA PROVINCIA DE MARAÑÓN

	SECTOR Y DISTRITO	ÁREAS SUJETAS A	VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS	RECOMENDACIONES
55	Huacrachuco (Huacrachuco).	Deslizamientos, derrumbes, erosión fluvial y huaycos en las quebradas Huagas y Matanagra.	Los huaycos afectaron 37 viviendas, terrenos de cultivo, 20 m de canal, dos puentes y causo además 4 muertes. Viviendas ubicadas cerca de los cauces de quebradas puede ser afectadas por nuevos huaycos; erosión de un puente .	Se ha realizado trabajos de encauzamiento de las quebradas con muros de concreto. Se debe de reubicar viviendas que se encuentran cerca del cauce de quebradas y prohibir la construcción de otras nuevas.
56	Casapatayo -Asay (Huacrachuco -Marañón).	Deslizamientos, Reactivación de deslizamiento, derrumbes hacia la cara, asentamientos y bofedales.	Afecta tramo de 400 y 600 en la carretera a Huacrachuco; compromete ocho viviendas en Casapatayo y 20 en Asay, terrenos de cultivo e infraestructura de riesgo en el cuerpo del deslizamiento.	Se debe realizar trabajos de reforestación de laderas.
57	Quebrada Potrero (Huacrachuco).	Deslizamientos y huaycos.	La generación de un huayco puede interrumpir el transito hacia el distrito de Huacrachuco.	Colocar badén en la carretera.
58	Purhuayzillo (Huacrachuco).	Huaycos.	Afecta varios sectores de la carretera de acceso a Huacrachuco en un tramo de 2,5 km.	Colocar badenes y limpiar los cauces de quebradas.
59	Quebrada Chumacpampa (Huacrachuco).	Huaycos.	Afecta 800 m de la carretera a Huacrachuco. Huayco de similares dimensiones puede afectar variante hecha en la carretera.	Se debe variar el trazo de carretera, tratar de encauzar la quebrada y limpiar el material dejado por el huayco.
60	Rancapunco (Huacrachuco).	Deslizamientos; escalonamientos y "camellonamientos" en la plataforma de carretera.	Afecta tramo de 2 Kilómetros de carretera en construcción hacia San Pedro de Chonta.	En ladera inferior de carretera se ha reforestado con eucaliptos. Necesita forestar talud superior y colocar drenajes.

ZONAS CRÍTICAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA PROVINCIA DE AMBO

	SECTOR Y DISTRITO	ÁREAS SUJETAS A	VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS	RECOMENDACIONES
1	Barrio Chacra Colorada y Chunapampa (Ambo).	Huaycos en quebrada Hatunragra e inundación del río Huallaga al obstruirse puente de piedra.	Podría afectar calles y avenidas de la zona urbana.	Limpieza del cauce de quebrada; enrocado en margen derecha del río Huertas, construcción de un puente longitud y luz mayor, levantar muro de concreto en la margen izquierda del Huallaga.
2	Tecte (San Rafael).	Erosión fluvial en margen izquierda del río Huallaga.	10 viviendas en el borde de la carretera derrumbes y caída de rocas en tramo de carretera a Huanuco (Km 366 al 400+000).	Reubicación de aproximadamente 15 viviendas, las más comprometidas. Realizar obras de defensas continuando la construcción del muro de concreto.
3	San Rafael (San Rafael).	Huaycos y erosión en cárcavas; laderas con presencia de erosión en cárcavas.	En 1940 afectó plaza y banco; inundó calles, destruyó barrio Mullpampa. Erosión afecta carretera a Huanuco (Km 356).	Limpiar cauce de quebradas, levantar muro de concreto a lo largo del río Huallaga. Lluvia excepcional puede ocasionar desbordes del río que afectaría las viviendas ubicadas al borde de la carretera.
4	San Juan de Cashayo (San Rafael).	Deslizamiento-flujo. Asentamientos de terras en periodo lluvioso; huayco puede represar el río Huallaga.	Terrenos de cultivo, cancha deportiva y tramo de carretera asfaltada San Rafael-Huánuco.	Reforestación en el área de deslizamiento, además de limpieza del "túnel pasa-huayco"., el que se encuentra lleno de material.
5	Carretera Ambo - Huácar - Yanahuanca (Huánuco).	Derrumbes, erosión de laderas, erosión fluvial, huaycos.	Carretera afirmada intransitable durante meses de lluvias.	Mantenimiento de la carretera por municipios.
6	Km 347-351 + 400 Cerro de Pasco-Huánuco (San Rafael).	Derrumbe y huayco. Baden en la carretera que soporta las avenidas de flujo de material en Racquia.	Tramo de 4,4 km de carretera afectada periódicamente, entre Racquia y Ambo.	Mantenimiento de taludes y sembrar eucaliptos para anular el efecto de estos fenómenos.
7	Km 352-353 + 200; Cerro de Pasco-Huánuco (San Rafael).	Derrumbe, erosión fluvial y huayco, erosión fluvial en talud inferior de la carretera; huayco en km 353+200.	Tramo de 1200 m de carretera asfaltada; en algunos tramos no posee enrocados.	Tratamiento de los taludes debido a que la zona es muy inestable; el MTC debe colocar avisos sobre zonas peligrosas donde ocurren estos fenómenos.
8	Km. 354+000-357+800 Cerro de Pasco-Huánuco (San Rafael).	Derrumbe, inundación, huayco, erosión fluvial y de laderas. Huayco de 1970 represó río Huallaga.	Cárcavas que traen material en lluvias y malogran la carretera; inundación afecta 15 viviendas.	Evitar asentamientos en terrazas bajas inundables; encauzar cárcavas y hacer defensas ribereñas. Reforestar laderas. Túnel pasahuaycos actualmente no daña la vía (km 357+250).
9	Km 358+200-361 Cerro de Pasco-Huánuco (San Rafael).	Huaycos, derrumbes, erosión de laderas, erosión fluvial por aumento del caudal del río Huallaga.	Sector de carretera entre Cashayo e Independencia.	Mantenimiento de taludes, limpieza y reforestación en las cárcavas, realizar obras de protección de riberas.
10	Km 359+100-372+200 Carretera Cerro de Pasco-Huánuco (Ambo).	Derrumbe y vuelco; sismos pueden incentivar estos derrumbes.	Afecta carretera en meses de lluvias; muros de defensa destruidos por aportes continuos de material.	Se debe realizar un mantenimiento de taludes.
11	Cerro Pachuraga, Huácar (Huácar).	Huaycos en el río Huacarmayo; erosión de laderas en sector de Ingenio.	Flujos afectan calles (80 % del pueblo). Erosión daña trocha de ingreso a Huácar y vía principal entre Ambo y Yanahuanca.	Limpieza y defensas con enrocados; Bosque de protección con eucaliptos para minimizar o anular la acción erosiva de las aguas en las laderas.
12	Trocha carrozable Colpas-Parcoy (Km 3 al 8; Colpas).	Derrumbes, huaycos en el sector de Chacachinche, deslizamientos, erosión de laderas,en la margen derecha del río Rampón.	Pueblo de Colpas en cada temporada de lluvias y a trocha carrozable que lleva al pueblo (20 viviendas y 5 km de carretera).	Drenajes en Colpas (oconal Huantacocha) para aminorar la carga hidráulica de la quebrada *Ajayacu*; no ocupar el cauce de la quebrada. Forestación en área de deslizamiento.
13	Km 373-372+500 Carretera Cerro de Pasco-Huánuco (Ambo).	Derrumbes y erosión fluvial. Carga de río Huallaga aumenta en época de lluvias y erosiona talud inferior de carretera.	Tramo de carretera entre Salapampa, Matichico y Chacapampa.	Tratamiento de taludes, tratar de llevarlos a un ángulo adecuado.

SÍMBOLOS

- Zonas críticas
- 1 Capital de departamento
- I Capital de provincia
- Capital de distrito
- Vía asfaltada
- Vía afirmada
- Vía sin afirmar
- Trocha carrozable
- Límite de cuenca
- Límite de región
- Límite de provincia
- Red hidrográfica
- Laguna
- Áreas sin recubrimiento topográfico

REPÚBLICA DEL PERÚ
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
INGEMMET

ZONAS CRÍTICAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS

Escala 1:300 000

0 5 10 20 km

PROYECCIÓN: TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM HORIZONTAL: SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84 ZONA: 18 Sur

MAPA N° 16

Área de Estudio

