

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“INFLUENCIA DE ARCILLAS EN LAS PROPIEDADES
MECÁNICAS Y QUÍMICA EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD EN
EL TRAMO DE INTI ALTO Y LAS VEGAS, PROVINCIA DE
LEONCIO PRADO – HUÁNUCO, 2020”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Nazar Cipriano, Javier

ASESOR: Menacho Mallqui, Tomas Aquino

HUÁNUCO – PERÚ

2021

U

D

H



UDH
UNIVERSIDAD DE HUANUCO
<http://www.udh.edu.pe>

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

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

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

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería civil

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 42472806

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 22975037

Grado/Título: Doctor en ciencias de la educación

Código ORCID: 0000-0001-5657-2604

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Valdivieso Echevarría, Martín César	Maestro en gestión pública	22416570	0000-0002-0579-5135
2	Marín Alva, Víctor Bernardino	Ingeniero civil	06015430	0000-0002-7908-909X
3	Cárdenas Vega, José Antonio	Ingeniero en informática y sistemas	42878755	0000-0003-2365-566X



UDH
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
<http://www.udh.edu.pe>

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
Facultad de Ingeniería
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL
FILIAL LEONCIO PRADO

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

En la ciudad de Tingo María, siendo las 20:15 horas del día **viernes 19 de noviembre de 2021**, mediante la plataforma Google Meet, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:

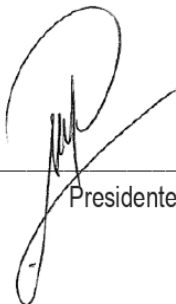
- | | |
|--|------------|
| • MG. MARTÍN CÉSAR VALDIVIESO ECHEVARRÍA | PRESIDENTE |
| • ING. VICTOR BERNARDINO MARIN ALVA | SECRETARIO |
| • ING. JOSÉ ANTONIO CARDENAS VEGA | VOCAL |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN N° 1427-2021-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "INFLUENCIA DE ARCILLAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y QUÍMICA EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD EN EL TRAMO DE INTI ALTO Y LAS VEGAS, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO – HUÁNUCO, 2020", presentado por el (la) Bachiller. **NAZAR CIPRIANO, JAVIER** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

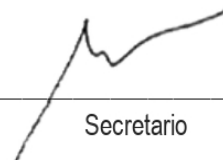
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

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 MAYORÍA con el calificativo cuantitativo de 11 y cualitativo de SUFICIENTE (Art. 47).

Siendo las 21:13 horas del día viernes 19 del mes de noviembre del año 2021, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



Presidente



Secretario



Vocal

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos, por el apoyo, la motivación y la fortaleza que siempre me brindan en la vida para seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

A dios, por otorgarme vida, salud, sabiduría y estar presente en mi familia protegiendo a todos mis seres queridos.

A mi madre Florencia Cipriano Jacinto, por el apoyo que siempre me brinda.

A mi padre Javier Nazar García, por sus buenos consejos de continuar estudiando.

A mis hermanos: Rosa, Elizabeth, Isaac, Lutmink y Jemima, por su aprecio, apoyo y desear siempre lo mejor para mi persona.

A mi primo Juan, por su apoyo incondicional.

A mi amigo José y amistades que de alguna manera siempre están apoyándome en mi vida.

Al Ingeniero Víctor Bernardino Marín Alva, por su apoyo en la elaboración de la tesis.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE IMAGENES	IX
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPÍTULO I	16
PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA EN LA INSVESTIGACIÓN	16
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA EN LA INVESTIGACIÓN	17
1.2.1. Problema específico	17
1.3. OBJETIVO GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.3.1. Objetivos específicos de la investigación	18
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.5. LIMITACIONES EN LA INVESTIGACIÓN	20
1.6. VIABILIDAD EN LA INVESTIGACIÓN	20
1.6.1. Recursos teóricos	20
1.6.2. Recursos humanos y éticos	20
1.6.3. Recurso temporal	20
1.6.4. Recurso Económico	21
CAPÍTULO II	22
MARCO TEORICO	22
2.1. ANTECEDENTES EN LA INVESTIGACIÓN	22
2.1.1. Antecedentes de nivel internacional	22
2.1.2. Antecedente a nivel nacional	23
2.2. BASES TEORICAS	24
2.2.1. Suelo	24

2.2.2. Suelos expansivos	26
2.2.3. Mineralogía	27
2.2.4. Talud.....	37
2.2.5. Estabilidad de taludes	39
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	41
2.4. HIPÓTESIS EN LA INVESTIGACIÓN	44
2.4.1. Hipótesis general	44
2.5. VARIABLES EN LA INVESTIGACIÓN	44
2.5.1. Variable dependiente	44
2.5.2. Variable independiente	44
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	45
CAPÍTULO III.....	46
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	46
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	46
3.1.1. Enfoque	46
3.1.2. Alcance o nivel.....	47
3.1.3. Diseño.....	47
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA EN LA INVESTIGACIÓN	48
3.2.1 Población	48
3.2.2 Muestra.....	48
3.3. TÉCNICAS Y/O INSTRUMENTOS DE DATOS EN LA INVESTIGACIÓN	71
3.3.1. Técnicas de datos	71
3.3.2. Instrumentos de datos	71
3.3.3. Ensayos mecánicos y análisis químico:	71
3.3.4. Procesamiento de información para ensayos mecánicos y químico	71
CAPÍTULO IV	72
RESULTADOS	72
4.1. Aspectos generales del tramo	72
4.1.1. Ubicación política	72
4.1.2. Ubicación geográfica del talud	72

4.1.3. Vía de acceso.	72
4.1.4. Clima y precipitación	72
4.1.5. Humedad	73
4.1.6. Relieve por distritos.....	73
4.1.7. Características ecológicas	74
4.2. Datos y/o características de los taludes.....	74
4.3. Propiedades mecánicas y química del suelo tramo Inti Alto.	76
4.3.1. Ensayos mecánicos	76
4.3.2. Análisis químico tramo Inti Alto	87
4.4. Propiedades mecánicas y química del suelo tramo Las Vegas.	88
4.4.1. Ensayos mecánicos	88
4.4.2. Análisis químico tramo Las Vegas	98
CAPÍTULO V	100
DISCUSIÓN.....	100
5.1. Contrastación de datos para el trabajo de investigación	100
5.1.1. Respecto al objetivo general	100
5.1.2. Con respecto a los objetivos específicos.....	101
CONCLUSIONES	103
RECOMENDACIONES.....	104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Formación mineralógica de la roca.	26
Tabla 2. Rangos de clasificación en suelos expansivos.	26
Tabla 3. Clasificación de los filosilicatos.	28
Tabla 4. Simbología y características generales del suelo	30
Tabla 5. Valores referenciales para el proctor modificado	36
Tabla 6. Estabilización por compactación.	37
Tabla 7. Esfuerzos cortantes en un talud.	38
Tabla 8. Factores de inestabilidad en un talud.	40
Tabla 9. Operacionalización de variables.	45
Tabla 10. Datos de campo tramo Las Vegas (progresiva 475+375.16 Km) 74	
Tabla 11. Datos de campo Inti Alto (progresiva 03+781 Km)	75
Tabla 12. Información del ensayo granulométrico tramo Inti Alto.	77
Tabla 13. Información de humedad del suelo tramo Inti Alto.	79
Tabla 14. Información del promedio de límite líquido y límite plástico tramo Inti Alto.	80
Tabla 15. Información de la granulometría por sedimentación tramo Inti Alto.	81
Tabla 16. Información de compactación por proctor modificado tramo Inti Alto.	83
Tabla 17. Información del esfuerzo normal al 0.5, 1 y 2 kg/cm ² Inti Alto.	85
Tabla 18. Información del tipo y cantidad de arcilla tramo Inti Alto	87
Tabla 19. Información del ensayo granulométrico tramo Las Vegas.	88
Tabla 20. Información de humedad del suelo tramo Las Vegas	90
Tabla 21. Información del límite líquido y límite plástico tramo Las Vegas. .	91
Tabla 22. Información del análisis granulometría por sedimentación tramo Las vegas.	92
Tabla 23. Información de compactación por proctor modificado tramo Las Vegas.	94
Tabla 24. Información del esfuerzo normal al 0.5, 1 y 2kg/cm ²	96
Tabla 25. Información del tipo y cantidad de arcilla tramo Las Vegas	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación según SUCS por el índice de plasticidad.....	31
Figura 2. Según clasificación AASHTO.....	32
Figura 3. Descripción de un talud.....	38
Figura 4. Esquema de diseño de investigación no experimental.	48
Figura 5. Vista del talud Las Vegas.....	75
Figura 6. Vista del talud de Inti Alto.	76
Figura 7. Curva de comportamiento de tamaño de partículas tramo Inti Alto.	78
Figura 8. Flujo del límite líquido para el tramo Inti Alto.	80
Figura 9. Comportamiento de distribución de tamaño de partícula tramo Inti Alto.....	82
Figura 10. Óptimo contenido de humedad en el tramo Inti Alto.	84
Figura 11. Esfuerzo de corte vs deformación tangencial Inti Alto.	86
Figura 12. Esfuerzo de corte vs esfuerzo normal Inti Alto.	86
Figura 13. Difractograma de minerales identificados en Inti Alto.	87
Figura 14. Curva de comportamiento de tamaño de partícula tramo Las Vegas.	89
Figura 15. Flujo del límite líquido para el tramo Vegas.....	91
Figura 16. Comportamiento de distribución de tamaño de partícula tramo Las Vegas.....	93
Figura 17. Óptimo contenido de humedad en el tramo Las Vegas.	95
Figura 18. Esfuerzo de corte vs deformación tangencial Las Vegas.	97
Figura 19. Esfuerzo de corte vs esfuerzo normal Las Vegas.	97
Figura 20. Difractograma de minerales identificados en Las Vegas	99

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Vista de la distribución de la distancia: tramo Inti Alto.	50
Imagen 2. Vista de la distribución de la distancia: tramo La Vegas.	50
Imagen 3. Muestreo del suelo en pie de talud del tramo Inti Alto.	51
Imagen 4. Cuatro muestreos de suelo en cara del talud en tramo Inti Alto. .	52
Imagen 5. Muestreo de suelo en pie de talud del tramo Las Vegas.	52
Imagen 6. Cuatro muestreos de suelos en cara del talud en tramo Las Vegas.	53
Imagen 7. Muestra inalterada extraída del tramo de inti Alto.	54
Imagen 8. Muestra inalterada para corte directo.	54
Imagen 9. Muestra para el análisis químico.	55
Imagen 10. Vista del procedimiento para la realización de la humedad en laboratorio.	58
Imagen 11. Secado de muestra en estufa.	60
Imagen 12. Pesado de la muestra.	60
Imagen 13. Lavado del material con agua de caño.	61
Imagen 14. Vista de secado en horno y tamizado por el equipo mecánico.	61
Imagen 15. Material para el respectivo pesado.	62
Imagen 16. Pesado de muestra de suelo para ambos tramos.	63
Imagen 17. Preparado del hexametafosfato.	64
Imagen 18. Disolución del hexametafosfato de sodio con la muestra de suelo.	64
Imagen 19. Agregado de agua destilada.	65

Imagen 20.Enrasado de agua destilada a 1000ml en las dos muestras de suelos y el testigo con agua destilada.	65
Imagen 21.Medición de la temperatura en cada probeta en el tiempo determinado.	66
Imagen 22.Lectura del hidrómetro en cada probeta en el tiempo determinado.	66
Imagen 23.Lectura del hidrómetro en el testigo (agua destilada)	67
Imagen 24.Lectura del hidrómetro en la muestra de Inti Alto.	67
Imagen 25.Vista panorámica del tramo de Inti Alto.	120
Imagen 26.Puente Inti Alto.	120
Imagen 27.Extracción de muestra de suelo en el Tramo de Inti Alto.	121
Imagen 28.Vista panorámica en el Tramo de Las Vegas.	121
Imagen 29.Kilometraje del tramo de Las Vegas.	122
Imagen 30.Extracción de muestras de suelos en el tramo de Las Vegas.	122
Imagen 31.Toma de puntos con GPS para la elaboración del mapa de ubicación en el tramo Las Vegas.	123
Imagen 32.Toma de puntos con GPS para la elaboración del mapa de ubicación del tramo Inti Alto.	123
Imagen 33.Muestras para I ensayo de la granulometría por sedimentación.	124
Imagen 34.Lectura del Hidrómetro en el tiempo determinado según norma.	124

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo de Analizar la influencia de las propiedades mecánicas, química de la arcilla en la estabilidad del talud de la carretera tramo de Inti Alto en la progresiva 03+781 Km y Las Vegas progresiva 475+375 Km, Provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco.

La metodología aplicada para llevar a cabo los ensayos mecánicos y químico, tales como: granulometría por tamizado y sedimentación, contenido de humedad, índice de plasticidad, compactación (proctor modificado), corte directo; y análisis de minerales arcillosos por difracción de rayos X, fueron por observación directa, y la recolección de datos fueron obtenidos según formatos de los laboratorios, los resultados obtenidos en el tramo Inti Alto son: granulometría por tamizado (Grava 13.96%; Arena 36.31% y Finos 49.73%) y sedimentación (Limos 0.1499%; Arcillas 0.0014%), contenido de humedad (18.47%), índice de plasticidad (21%), límite líquido (42%), compactación (OCH 15.2%, Densidad Máxima Seca 1.715gr/cm³), corte directo (Cohesión 0.120 kg/cm², Ángulo de Fricción 24°), clasificación de suelo SC (Arena Arcillosa); y análisis de minerales arcillosos por difracción de rayos X (Cuarzo 47%, Caolinita 43%, Mica 9%) y en el tramo Las Vegas: granulometría por tamizado (Grava 7.11%; Arena 37.49% y Finos 55.40%) y sedimentación (Limos 0.14723%; Arcillas 0.0014%), contenido de humedad (20.56%) , índice de plasticidad,(26%), compactación (OCH 15.9%, Densidad Máxima Seca 1.687gr/cm³), corte directo (Cohesión 0.126 kg/cm², Ángulo de Fricción 22.3°), clasificación de suelo CL (Arcilla con baja plasticidad); y análisis de minerales arcillosos por difracción de rayos X (Cuarzo 69%, Caolinita 24%, Mica 6%).

En conclusión, el contenido de la arcilla caolinita fue para el tramo de Inti Alto de 43% a escala medio a comparación de Las Vegas con un 24% bajo.

Palabra clave: Arcillas, caolinita, talud, suelos arcillosos.

ABSTRACT

The objective of this thesis is to analyze the influence of the mechanical and chemical properties of the clay on the stability of the slope of the Inti Alto section road in the progressive 03 + 781 Km and Las Vegas progressive 475 + 375 Km, Province of Leoncio Prado, Region Huánuco.

The methodology applied to carry out the mechanical and chemical tests, such as: sieving and sedimentation granulometry, moisture content, plasticity index, compaction (modified proctor), direct cutting; and analysis of clay minerals by X-ray diffraction, were by direct observation, and the data collection was obtained according to laboratory formats, the results obtained in the Inti Alto section are: sieving granulometry (Gravel 13.96%; Sand 36.31% and Fines 49.73%) and sedimentation (Silts 0.1499%; Clays 0.0014%), moisture content (18.47%), plasticity index (21%), liquid limit (42%), compaction (OCH 15.2%, Maximum Dry Density 1.715 gr / cm³), direct cut (Cohesion 0.120 kg / cm², Friction Angle 24 °), soil classification SC (Clay Sand); and analysis of clay minerals by X-ray diffraction (Quartz 47%, Kaolinite 43%, Mica 9%) and in the Las Vegas section: sieving granulometry (Gravel 7.11%; Sand 37.49% and Fine 55.40%) and sedimentation (Silts 0.14723%; Clays 0.0014%), moisture content (20.56%), plasticity index, (26%), compaction (OCH 15.9%, Maximum Dry Density 1.687gr / cm³), direct cut (Cohesion 0.126 kg / cm², Angle of Friction 22.3 °), soil classification CL (Clay with low plasticity); and analysis of clay minerals by X-ray diffraction (Quartz 69%, Kaolinite 24%, Mica 6%).

Key word: Clays, kaolinite, slope, clay soils

INTRODUCCIÓN

Las arcillas en los suelos generan problemas geotécnicos en diversas obras de la Ingeniería, esto es debido a la presencia de silicatos, aluminio e hidrógeno, las cuales, se encuentran adheridas al suelo. Además, la relación entre el aire y el agua en un suelo hacen que se expanda las partículas finas, y a la vez confiere menor estabilidad física (mayor índice de plasticidad y capacidad de retención de agua) y mayor erodabilidad del suelo, en estado seco se contraen por la poca presencia de aire y agua; pues las partículas se friccionan entre ellas, y con la presencia de limos tienden a desmenuzarse convirtiéndose en polvo no tan fino como la presencia de arcillas montmorillonita y vermiculita. Los suelos limosos no tienden a agrietarse cuando están secos, ni tampoco se adhieren a las herramientas cuando están húmedos, sin embargo, las arcillas presentan la capacidad de adherencia en cualquier objeto (estado de plasticidad).

Sin embargo, para Londoño y Ardila (2016) contradice teóricamente que no todas las arcillas son perjudiciales, el cual justifican que existe una arcilla llamada “caolinita” que tiende a conferir mayor estabilidad física (menor plasticidad y capacidad de retención de agua) y menor erodabilidad del suelo, desde ese punto de vista se procedió a realizar la investigación de la mineralogía de arcilla en los suelos de los taludes de la carretera en el tramo de Inti Alto progresiva 12+600 km y en Las Vegas desde la progresiva 474+840 km hasta la progresiva 473+840 km, para verificar lo indicado, se procedió a realizar los ensayos mecánicos y químico (difracción de rayos X).

La presente tesis posee un tipo de investigación descriptiva y transversal, con enfoque cuantitativo de nivel correlacional y explicativa. Para determinar los resultados se procedió a enviar las muestras de suelos a laboratorios de BIZALab y SUCONCSAC. Finalmente, cabe mencionar que existieron limitantes en la ejecución de la tesis por la emergencia sanitaria de la COVID-19 que en la actualidad aun continua en todo el país y a nivel mundial.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA EN LA INVESTIGACIÓN

La fisiografía de un paisaje podemos encontrar taludes naturales, y estos pueden ser potencialmente inestables debido al tipo de material y entre otras características físicas, mecánicas, geológicas, etc., de manera que los deslizamientos se inicien ante el efecto de factores internos (desastres naturales, fallas geológicas, etc.), motivo por el cual, los taludes en las carreteras sean inestables.

Los factores que provocan la inestabilidad de taludes son: el relieve, la sismicidad, la meteorización, el tipo de arcilla y las lluvias intensas; y como consecuencia se generan: derrumbes, deslizamientos, expansiones o desplazamientos laterales.

Asimismo, a nivel internacional; las arcillas en los suelos, son unos de los problemas de inestabilidad en los taludes, debido a que los “átomos del hidrógeno en el agua son compartidos con los átomos de oxígeno en la superficie de la arcilla a esto se le conoce como agua de capa doble”, y es viscosa a comparación del agua común; a esta arcilla se le llama “suelos expansivos” (Braja, 2014).

Por otro lado, en las construcciones de los cimientos de varias obras de ingeniería tales como: puentes, muros, carreteras, etc., están sometidas a una fuerza causada por la expansión del material, los cuales, inducen al agrietamiento, deslizamiento de talud y a la ruptura de la cimentación de una obra de ingeniería.

Así mismo, en los suelos de los trópicos existe la predominancia de la arcilla, debido a la meteorización física, química y biológica que presenta el suelo, por ende, el material en los taludes tiende a ser suelto o rocoso en plena formación del suelo, el cual, es otro de los factores que provoca inestabilidad

en taludes o laderas. Sin embargo, existe un tipo de arcilla llamada caolinita que tiende a conferir mayor estabilidad física (menor plasticidad y capacidad de retención de agua) y menor erodabilidad del suelo (Kampf y Curi, 2003).

Teniendo en cuenta la referencia bibliográfica, en la zona comprendida del estudio de la presente investigación existe la predominancia de suelos cohesivos (arcillas) en el tramo de la carretera de Inti Alto (progresiva 12+600 km) y en el Sector Las Vegas (desde la progresiva 474+840 km hasta la progresiva 473+840 km). En el caso de Inti Alto, el color del suelo es amarillo y blanco, con una estructura consistente, a su vez, se observó la predominancia de árboles y arbustos (especies nativas) con raíces pronunciadas, ubicadas en la parte superior del talud; y a la fecha no reportan antecedentes de deslizamiento de tierra, a comparación del tramo del sector Las Vegas, donde el material es suelto de color rojizo, y en la corona del talud no existe predominancia de árboles, y constantemente tiende a deslizarse el talud a pesar que el MTC (Ministerio de Transporte y Comunicaciones) haya estabilizado con terrazas y geomantas, aun así continúan los deslizamientos. Por tal motivo, en la presente investigación, se estudió si la *“Influencia de la arcilla en las propiedades mecánicas y química del suelo”* provoca inestabilidad en el talud del tramo de Inti Alto y Las Vegas.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA EN LA INVESTIGACIÓN

¿Qué tipo de arcilla influye en las propiedades mecánicas y química en la estabilidad del talud del tramo de Inti Alto y Las Vegas, Provincia de Leoncio Prado - Huánuco, 2020?

1.2.1. Problema específico

- ✓ ¿Cuál es el tipo de suelo y arcilla en el suelo que influye en la estabilidad del talud en la carretera del tramo Inti Alto y Las Vegas?
- ✓ ¿Cómo influye la arcilla en las propiedades mecánicas y química en la estabilidad del talud del tramo de Inti Alto y Las Vegas?

- ✓ ¿Qué tipo de arcilla predomina en la carretera del tramo Inti Alto y Las Vegas según el contenido mineralógico para la estabilidad del talud?

1.3. OBJETIVO GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN

Analizar la *“Influencia de la arcilla en las propiedades mecánicas y química en la estabilidad del talud del tramo de Inti Alto y Las Vegas, Provincia de Leoncio Prado, 2020”*.

1.3.1. Objetivos específicos de la investigación

- ✓ Determinar e identificar el tipo de suelo y arcilla que influye en la estabilidad del talud en la carretera del tramo Inti Alto y Las Vegas.
- ✓ Conocer la influencia de la arcilla en las propiedades mecánicas y química en la estabilidad del talud del tramo de Inti Alto y Las Vegas.
- ✓ Comparar el tipo de arcilla según el contenido mineralógico para la estabilidad del talud en la carretera del tramo Inti Alto y Las Vegas.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En el territorio peruano existen diversos materiales de suelos como la *grava, arena, limo y arcilla*. La predominancia de los suelos cohesivos en la región selva, es debido a la presencia de arcillas cuyas partículas son pequeñas de bajo grado de saturación y alta plasticidad, de capacidad cementante.

Las arcillas tienden a predominar en los suelos de la selva alta y baja. En el caso del Sector Las Vegas Km: 474+840 (Selva Alta), el talud es inestable por el tipo de material suelto de color rojizo, esto es debido, a la predominancia de arcilla, así como también, a la acción de la escorrentía superficial, y entre otros factores. El tramo en estudio corresponde a la vía nacional de la carretera Fernando Belaunde Terry; que une a las ciudades de: Tingo María; Aguaytía y Pucallpa, entre las progresivas del kilómetro 474+840 al

473+840Km, y es considerada como zona geológicamente inestables por el MTC (Ministerio de Transporte y Comunicaciones), y aproximadamente en el 2006, el consorcio CES-HIDROENERGÍA, realizó en ese entonces diversos estudios de investigación como el geológico, hidrológico e hidráulico, geotécnico, geofísico, estabilización y el uso de geomantas como alternativas de solución (donde se observa la Bioingeniería); sin embargo, en época de invierno los taludes verticales del margen derecho de la carretera aún continúan deslizándose.

Al comparar el talud del tramo Sector Las Vegas con el Tramo de la carretera Tingo María – Inti Alto, el talud vertical del margen izquierdo en la vía del Puente Inti; se observó que el suelo es de color amarillo a blanco, y su estructura es consistente; además el suelo se encuentra en proceso de meteorización; a su vez, en la parte alta del talud existe la predominancia de plantas nativas con raíces profundas, y a la fecha en el área de estudio del puente Inti no se reporta deslizamiento de tierra, a su vez, la carretera es considerada como vía nacional PE-14A.

En diversos estudios de exploración de suelos realizados en nuestro territorio peruano, la arcilla siempre predomina en las partículas de un suelo; a pesar de ello, por desconocimiento no se prioriza un estudio de análisis mineralógico para determinar el tipo de arcilla que existe en el suelo; varios de ellos son inconsistentes en su estructura a comparación de las arcillas caolinitas que tienden a conferir mayor estabilidad física (menor plasticidad y retención de agua) y menor erodabilidad en el suelo, debido a que no presenta capacidad de expansión y de contracción en el suelo (Londoño y Ardila, 2016), y su predominancia en los suelos se obtiene al realizar el estudio por difracción de rayos X.

En el presente estudio de investigación no experimental, se estableció los ensayos mecánicos de granulometría por tamizado e hidrómetro, compactación, humedad del suelo, límite líquido, límite plástico y corte directo; los cuales, fueron realizados en el laboratorio SUCONCSAC según la Norma ASTM del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Asimismo, el

laboratorio BIZALab determinó el tipo de arcilla haciendo uso del equipo de difracción de rayos X.

Motivo por el cual, se pretende conseguir con los resultados finales un aporte confiable sobre la influencia de la arcilla caolinita como aportante en la estabilidad mecánica y física de los taludes de la carretera tramo Inti Alto y Las Vegas, Provincia de Leoncio Prado – Huánuco.

1.5. LIMITACIONES EN LA INVESTIGACIÓN

Durante el estudio de la investigación, se tuvo como limitante la pandemia de la COVID-19 durante la emergencia sanitaria en el año 2020 a nivel de todo el país, es así que el laboratorio de la UNMSM (Universidad Nacional Mayor Marcos) no atendió al público en general, por tal motivo, se optó por el laboratorio BIZALab que cuentan con la misma tecnología de difracción de rayos X para la determinación del análisis mineralógico en arcilla.

1.6. VIABILIDAD EN LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. Recursos teóricos

En el presente estudio, la viabilidad del aspecto teórico fue viable por haber contado con información teórica disponible en todo el país y el mundo.

1.6.2. Recursos humanos y éticos

Durante el transcurso de la presente investigación se contó con el aporte adecuado del recurso humano que apoyo en la investigación, para ello se cumplió con los protocolos de seguridad social.

1.6.3. Recurso temporal

La viabilidad temporal fue un factor limitante para la ejecución de la tesis ante la programación del proyecto de investigación con fecha 5 de junio de 2020 - Resolución N° 335-2020-CF-FI-UDH, debido a la emergencia sanitaria a nivel nacional.

1.6.4. Recurso Económico

Con el reinicio de las labores económicas en el mes de junio a nivel nacional por el estado de emergencia en el año 2020, varios laboratorios no reiniciaron sus labores por la falta de personal; a razón de ello, los costos de los ensayos mecánicos y el análisis químico de suelos aumentaron en el precio, por tal motivo, se procedió a realizar el cambio de los laboratorios.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES EN LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes de nivel internacional.

Martínez (2018), en la investigación de *“Características del grado de dispersión en arcillas de la zona Sur-Oeste de la cuenca sedimentaria de Loja”*, concluye que:

Los tipos de arcillas dispersivas, expansivas y de contracción; tales como la illita, montmorillonita, el cuarzo y el tipo de material, influyen en la inestabilidad del suelo en los 12 puntos de su investigación, lo que representa un peligro en la cuenca estudiada. La arcilla illita y montmorillonita provocan la percolación de partículas dispersivas, estos factores pueden influir en el desplazamiento o movimiento del terreno, y de esa manera se origina los derrumbes en taludes inestables.

Rodríguez y Rosales (2014) en su estudio de *“Evaluación de estabilidad de talud en carretera de Cacaoopera – Corinto, tramos 1+450 km y 1+690 km”*, concluye que:

El factor de seguridad en el área de estudio es menor a 1, el cual, tiende a ser demasiado bajo; esto indica que los taludes son inestables, a su vez, si intervienen otros factores tales como: clima y topografía (pendiente), los taludes tienden a ser aún más inestables en las carreteras.

Mora (2013), en su *“Estudio de problemas Geotécnicos asociados a la presencia de arcillas expansivas en la carretera Rocafuerte – Tosagua, Provincia de Manabi – Ecuador”*, concluye que:

El carbonato de calcio (al 5 % de cal) tiende a disminuir el porcentaje de hinchamiento a 0.1 % con un CBR de 13.6 a comparación de un suelo natural con un CBR de 1.1 a 8.8 % de hinchamiento o expansión. Esto quiere decir

que al adicionar cal a un suelo arcilloso reduce la plasticidad y aumenta la estabilidad del suelo.

2.1.2. Antecedente a nivel nacional

Ochoa (2016), en su estudio de la *“Inestabilidad de taludes en el sector de Santa Bárbara de la ciudad de Huancavelica”*, concluye lo siguiente:

El factor de seguridad en los sectores “Yaraccrumi, Manzanayoc, Arbolitos y Puchccoc” son estables al obtener un factor de seguridad estático mayor a 1, a comparación del sector de Asequi Alta y Motoy Huaycco que son menores a 1.

Sáenz (2017), realizó la investigación del *“Análisis para estabilidad de taludes en roca utilizando mallas galvanizadas ancladas, ciudad Nueva Fuerabamba – Apurímac”*, donde concluye de la siguiente manera:

Las mallas galvanizadas ancladas y con pernos de anclaje, mejora los taludes rocosos, y a la vez, el factor de seguridad se encuentra por encima de 5.24 (con sismo y con refuerzo). De esta misma manera recomienda usar mallas galvanizadas ancladas para estabilizar taludes de enrocados.

Según Toro (2014), su estudio denominado *“Evaluación de la inestabilidad de taludes en la carretera las Pirias – Cruce Lambayeque, San Ignacio”*, concluye que:

Los suelos de tipo CL (arcilla de alto contenido de límite líquido) son inestables por el alto contenido de finos. Además, cabe resaltar que otros factores para que un talud sea inestable va a depender de la altura del talud, ángulo de inclinación y el tipo de material que está formado el talud.

2.2. BASES TEORICAS

En la investigación, se ha empleado las disposiciones técnicas del *“Manual de ensayo de materiales (2016)”*, y la Norma E050 *“Suelos”*. Además, se empleó diversos autores de libros relacionados a la mecánica de suelos.

El suelo y su proceso de meteorización están ligados a la formación de las laderas con material suelto o roca fija. La arcilla es uno de los componentes que predominan en la superficie del suelo y subsuelo de la amazonia peruana, llamados también como suelos cohesivos por su presencia, y por sus propiedades mecánicas y química genera inestabilidad en las laderas. Además, el talud constituye una estructura compleja en las vías de la carretera por la estabilidad que presenta el suelo, a ello, se suma los problemas de la geotécnica aplicada a la apertura de una nueva carretera.

2.2.1. Suelo

Según Badillo y Rodríguez (2006), menciona que el suelo está representado como un material suelto y a un relleno de desperdicio, hasta areniscas, y quedan excluidos los depósitos sedimentarios que no se desintegren rápidamente por acción de la naturaleza. A su vez, Salazar (...) indica que los suelos se dividen en dos grandes grupos *“aquellos que están constituidos principalmente por las rocas meteorizadas y por su origen orgánico”*.

2.2.1.1. Proceso de meteorización

Braja (2014) define y describe el proceso de la meteorización de la siguiente manera:

La meteorización, es la desintegración de piedras por factores mecánicos, químico y físicos. En el caso de la meteorización mecánica, puede ser causada por la expansión y contracción de las piedras a partir de la ganancia y la pérdida continua de calor, que da lugar a la desintegración final, y con frecuencia el agua se filtra en los poros y fisuras existentes en las rocas, “a medida que la temperatura desciende, el agua se congela y se expande”.

La desintegración química, hacen que las partículas de las piedras originales se transformen en nuevos minerales por reacción química. El agua y el dióxido de carbono de la atmósfera forman “ácido carbónico”, que reaccionan con los minerales de la roca existentes para formar nuevos minerales y sales solubles. “Los minerales de arcilla, que son un producto de la meteorización química de los feldespatos y micas, dan la propiedad plástica a los suelos”. A su vez, los minerales de arcillas se clasifican en caolinita, illita y montmorillonita.

2.2.1.2. Transporte del material por la meteorización

Braja (2014) menciona que los suelos formados en su lugar de origen son llamados “suelos residuales”, se pueden clasificar en varios grupos acorde al transporte y deposición del material; por ejemplo:

- Glaciares, están formados por el transporte y la deposición de los glaciares.
- Aluviales; transportados por corrientes de agua y depositados a lo largo de los arroyos.
- Lacustres; formados por deposición en los lagos.
- Marinos; formados por deposición en los mares.
- Eólicos; transportados y depositados por el viento.

2.2.1.3. Tipos de meteorización

Según Agudelo (2012), confirma que los feldespatos se meteorizan inicialmente a caolinita, óxidos de hierro y óxidos de aluminio, y la meteorización de rocas y cenizas volcánicas conducen a la formación de montmorillonita, aloysitas, óxidos de hierro y aluminio en las etapas iniciales de la meteorización y finalmente se pueden formar caolinitas, esmectitas y gibsitas.

Tabla 1. Formación mineralógica de la roca.

Grupos	Minerales	Estabilidad relativa
Hidratos de aluminio	Caolinita	La arcilla estable
Silicatos (arcillas minerales)	Illita Vermiculita Montmorillonita	Altera a caolinita o montmorillonita Altera a caolinita

Fuente: Agudelo, 2012.

2.2.2. Suelos expansivos

Según el MVCS (2018), menciona que los suelos cohesivos con bajo grado de saturación aumentan el volumen del suelo al humedecerse o saturarse.

Braja (2014), informa que en zonas tropicales se puede encontrar suelos cohesivos con bajo grado de saturación y plasticidad alta ($LL \geq 50$); es así que el profesional debe incluir en su estudio de mecánica de suelos (EMS), y un análisis basado en la determinación de la plasticidad del suelo “según NTP 339.129” y ensayos de granulometría por sedimentación “NTP 339.128” con la finalidad de evaluar el potencial de expansión del suelo cohesivo en función del porcentaje de partículas menores a $2\mu m$, índice de plasticidad y la arcilla.

Tabla 2. Rangos de clasificación en suelos expansivos.

Potencial de expansión	Índice de plasticidad Porcentaje (%)
Muy alto	>32
Alto	23 – 45
Medio	12 – 34
Bajo	<20

Fuente: MVCS, (2006).

2.2.3. Mineralogía

Braja (2014), indica que las arcillas son complejos silicatos de aluminio, compuestos de una o dos unidades básicas: a) sílice tetraédrica y b) aluminio octaédrico, y las partículas arcillosas poseen una carga negativa en sus superficies.

La carga negativa en la arcilla seca se compensa con cationes intercambiables como el calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{+1}), sodio (Na^{+1}) y potasio (K^{+1}), rodeando las partículas del suelo y sostenidas por la atracción electrostática (Braja, 2014).

La presencia de arcillomineral se da en forma de diferentes especies minerales (ver tabla 3), cuya ocurrencia y condicionada por el material de origen, por el intemperismo y la pedogénesis, incluyendo etapas de estabilidad, transformaciones y neoformaciones minerales. En consecuencia, esa diversidad puede estar representada en diferentes tipos de suelos o en un perfil de suelo.

La importancia de arcillomineral no solo se debe a su peculiar y significativa contribución a las propiedades físicas (textura, estructura, consistencia, permeabilidad, expansión y contracción, etc.). (Kampf y Curi, 2003, pág. 3).

Martínez (2018), informa que las arcillas están formadas principalmente por la meteorización química de las rocas, es decir, que estos minerales son producto de la alteración de minerales preexistentes en la roca.

2.2.3.1. Fundamentos estructurales de arcillominerales

El termino arcillomineral usualmente se refiere a los minerales filosilicatos que ocurren predominantemente en arcillas (arcillas, $\varnothing \leq 4 \mu\text{m}$) y en la fracción arcilla ($\varnothing \leq 4 \mu\text{m}$), pero no limitados a ese tamaño de partículas.

Este es el concepto usado en la presente revisión, que incluye también aluminosilicatos mal cristalizado, aunque estos no son expansivos.

Los términos filosilicato se originan de aspecto laminar o representado por macrocristales de minerales filosilicatos, especialmente en la micas y vermiculitas; las láminas o las hojas, con relativa facilidad en los minerales. (Kampf y Curi, 2003, pág. 4).

Tabla 3. Clasificación de los filosilicatos.

Tipo de capa	Intercalada	Grup	Subgrupo	Ejemplo de especies minerales
	Ninguna o solo		Caulim	Caulinita, haloisita.
1:1	H ₂ O		Serpentina	
	Cationes no hidratados.		Mica	Biotita, muscovita, ilita.
2:1			Esmectita	Saprolita, Montmorillonita.
	Cationes cambiables hidratados.		Vermiculita	Vermiculita trioctaedral. Vermiculita dioctaedral.

Fuente: Tipos de arcillomineral. (Kampf y Curi, 2003, pág. 4).

2.2.3.2. Propiedades de las arcillas

Los minerales de arcilla, comprenden un apilamiento de capas y presentan superficies basales de mayor extensión y superficies laterales de los bordes de menor extensión. Los minerales de arcilla 1:1 representan o su superficie está formada por OH. Las identificaciones del tipo de arcillas se realizan por difratometría de rayos X (DRX). (Kampf y Curi, 2003, págs. 8-10).

2.2.3.3. Tipos de arcilla

La arcilla está constituida por silicatos de aluminio hidratados, y en algunas ocasiones los silicatos de magnesio, hierro u otros metales, a su vez estas arcillas se dividen en tres grandes grupos como la caolinita, montmorillonitas e ilita (Juárez y Rico, 2005, pág. 37). Además, existen otros minerales tales como:

- a) Vermiculita.
- b) Cuarzo.
- c) Mica.

2.2.3.4. Propiedades mecánicas

Para determinar el tamaño de las partículas del suelo, generalmente se utilizan los métodos de: a) Análisis de tamiz para tamaños de partículas mayores de 0.075 mm de diámetro, y b) Análisis de hidrómetro para tamaños de partículas más pequeñas que 0.075 mm de diámetro (Juárez y Rico, 2005, pág. 33).

2.2.3.4.1 Clasificación de los suelos

Braja (2014), indica que los suelos con propiedades similares pueden ser clasificados en grupos y subgrupos en función a las características mecánicas y su comportamiento para la ingeniería.

Actualmente existen dos (02) sistemas de clasificación que utilizan la distribución granulométrica y la plasticidad de los suelos, se trata del American Association of State Highway Officials (AASHTO) y el SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), los cuales son utilizados para clasificar un suelo en la ingeniería (Juárez y Rico, 2005, pág. 78).

A su vez, según Basurto (2016), la granulometría por tamizado “ASTM-D422” determina las proporciones relativas de los tamaños de partículas de una muestra del suelo.

Toda información de un análisis granulométrico esta representa en una curva, y con estos datos, se compara el tipo de suelo y se visualiza la distribución de la grava, arena y finos (Braja, 2014).

Consideraciones para la clasificación de un suelo:

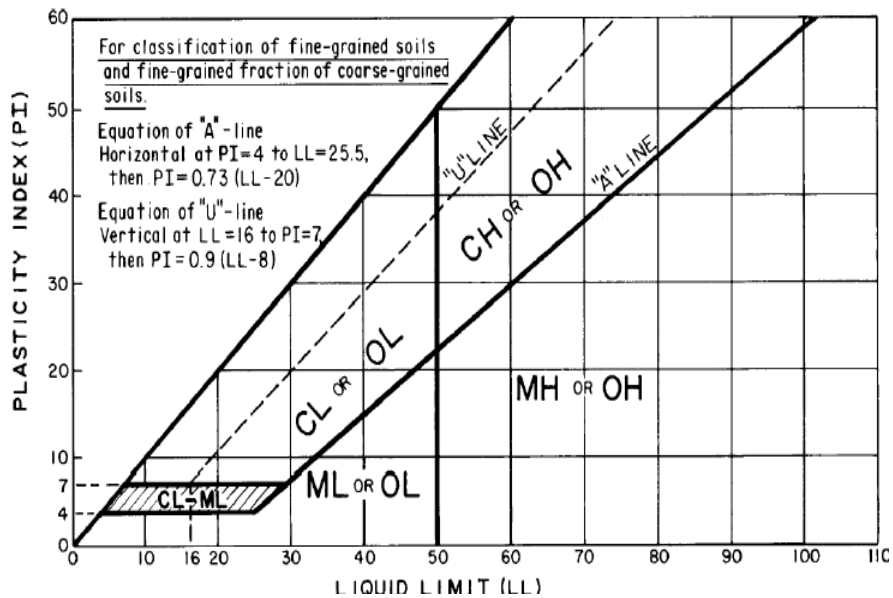
- Clasificación SUCS y AASHTO.
- Mezcla de suelos por muestreo.
- Análisis de cantera de río o cerro.

Tabla 4. Simbología y características generales del suelo

Símbolo	Descripción		
GW		Limpias (Finos<5%)	Bien graduadas
GP	Gravas (>50% en tamiz #4 ASTM)		Pobremente graduadas
GM		Con finos (Finos>12%)	Componente limoso
GC			Componente arcilloso
SW		Limpias (Finos<5%)	Bien graduadas
SP	Arenas (<50% en tamiz #4 ASTM)		Pobremente graduadas
SM		Con finos (Finos>12%)	Componente limoso
SC			Componente arcilloso
ML	Limos	Baja plasticidad (LL<50)	
MH		Alta plasticidad (LL>50)	
CL	Arcillas	Baja plasticidad (LL<50)	
CH		Alta plasticidad (LL>50)	
OL	Suelos orgánicos	Baja plasticidad (LL<50)	
OH		Alta plasticidad (LL>50)	
Pt	Turba	Suelos altamente orgánicos	

Fuente: Braja (2014).

a) Clasificación por el método de SUCS – ASTM D2487



Fuente: Braja, 2014

Figura 1. Clasificación según SUCS por el índice de plasticidad

b) Clasificación por el método de AASHTO ASTM-D3282

Según Braja (2014), el Sistema AASHTO clasifica en siete grupos principales: A - 1 al A - 7 (los suelos que se clasifican en los grupos A - 1, A - 2 y A - 3 son granulares, donde el 35% o menos de las partículas pasan a través del tamiz N° 200). Los suelos donde más de 35% pasa a través del tamiz N° 200 se clasifican en los grupos A - 4, A - 5, A - 6 y A - 7; estos son principalmente limo y materiales del tipo de arcilla.

Para la evaluación de un suelo como material de subrasante en la carretera, se incorpora el llamado "índice de grupo (IG)" a los grupos y subgrupos de un suelo.

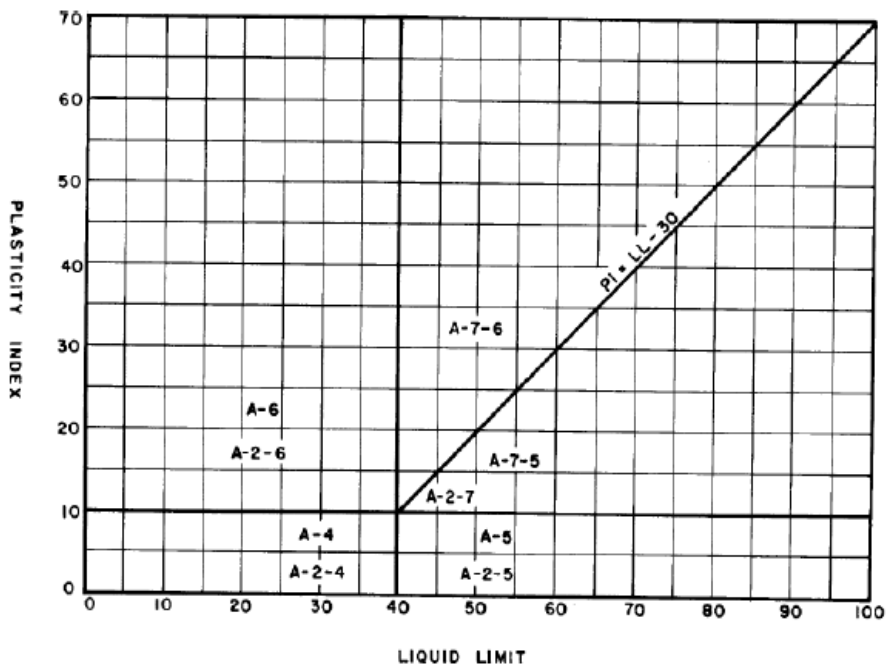


Figura 2. Según clasificación AASHTO.

2.2.3.4.2 Humedad del suelo “ASTM D-2216”

Según UNI (2006), afirma que la humedad de un suelo es debido a la relación expresada en porcentaje del peso de agua en una masa de suelo al peso de las partículas sólidas.

Procedimiento para determinar la humedad de un suelo según la “ASTM D-2216”:

- Determinar y registrar el peso del recipiente.
- Seleccionar el suelo representativo.
- Colocar el suelo húmedo en el recipiente, luego determinar el peso del recipiente y el material húmedo usando una balanza analítica.
- Secar el material del suelo en el horno a 110° C por un tiempo de 6 horas.
- Posteriormente se procede a pesar la muestra seca con el recipiente, luego se anota los resultados para el respectivo análisis.

Mediante la siguiente formula se determina el porcentaje de humedad de un suelo:

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_i} \times 100 = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

W = Contenido de humedad (%)

WW = Peso del agua.

WS = Peso seco del material.

W.1= Peso de recipiente más suelo húmedo (g).

W.2= Peso de recipiente más suelo seco (g).

Wi = Peso de recipiente (g).

2.2.3.4.3 Granulometría de suelos por hidrómetro ASTM-D422

Según Basurto (2016) define que el análisis del hidrómetro de bouyoucos es un método utilizado para obtener la distribución granulométrica de suelos cuyas partículas se encuentran desde el tamiz N° 200 (0.075 mm) hasta alrededor de 0.001mm.

Braja (2014) el objetivo principal del análisis del hidrómetro de bouyoucos es obtener el porcentaje de arcilla (porcentaje más fino que 0.002mm) que permanecen en suspensión en un determinado tiempo. Además, utiliza la relación entre la velocidad de caída de esferas en un fluido, el diámetro de la esfera, el peso específico tanto de la esfera como del fluido y la viscosidad del fluido, en la forma expresada por el físico ingles Stokes.

Métodos de ensayos acorde a la cantidad de material:

- *Método A: es utilizado si más del 80% del material pasa por la malla N° 200.*
- *Método B: es utilizado si menos del 80% de material es retenido por la malla N° 200 o si se encuentra el material superior en tamaño a la malla N° 10.*

Fases del ensayo:

1. Preparado de la muestra:

- Secar la muestra en el horno o estufa.
- Tamizar la muestra por la malla N° 10.
- Se toma 50 gr. de muestra.

2. Preparar solución agua más defloculante:

- Pesar 5 gr. de defloculante.
- Calcular 125 ml de agua destilada.
- Mezclar ambos componentes.

3. Mezclar la solución con la muestra y dejar reposar:

- Mezclar la solución con la muestra del suelo.
- Dejar reposar para que el defloculante penetre en la muestra.
- En las muestras de arenas reposa de 2 a 4 horas. En arcillas reposa 24 horas.

4. Batir la mezcla de las muestras, colocar en el cilindro de sedimentación:

- Se coloca la mezcla en el cilindro de la batidora.
- Añadir 125ml de agua destilada.
- Batir la mezcla. Para arena durante 3 a 4 minutos. Para arcillas, durante 15 minutos.

5. Colocar el hidrómetro e iniciar la toma de datos:

- Se vierte la mezcla en el cilindro de sedimentación. Luego se añade agua destilada hasta completar los 1000ml.
- Se agita el cilindro con la mano por un minuto. Se debe hacer 90 ciclos en este tiempo. Posteriormente se coloca el hidrómetro y se inicia la toma de datos. En cada lectura se lee la temperatura.

6. Calcular Gs de la muestra:

- Realizar el ensayo del peso específico relativo de sólidos (Gs) con el material que pasa por la malla 10.

7. *Realizar la lectura del hidrómetro en agua + defloculante:*

- *También se requiere como dato: la lectura del hidrómetro con: solo agua y agua con floculante.*

2.2.3.4.4 Consistencia de un suelo

Si los minerales de arcillas presentes en el suelo de grano fino, el suelo se puede remover en presencia de algo de humedad sin que se desmorone. Además, si el contenido de humedad es muy bajo, el suelo se comporta más como sólido quebradizo, y cuando el contenido de humedad es muy alto, el suelo y el agua pueden fluir como un líquido (Braja, 2014).

El contenido de humedad en el punto de transición del estado semisólido al estado plástico es el límite plástico y del estado plástico al estado líquido es el límite líquido; estos límites son conocidos como “límite de Atterberg” (Juárez y Rico, 2005, pág. 65).

Tipos de pruebas para consistencia del suelo:

- a) Límite líquido.
- b) Límite plástico.

Braja (2014), manifiesta que los límites líquido y plástico se determinan con pruebas del laboratorio que proporcionan información sobre la naturaleza de los suelos cohesivos, a su vez, Casagrande estudió la razón del índice de plasticidad con el límite líquido de una amplia variedad de suelos naturales.

2.2.3.4.5 Compactación de suelos

La compactación del suelo, es la consolidación del suelo por la eliminación de aire, lo que requiere energía mecánica, *y el grado de compactación de un suelo se mide en términos de su peso unitario seco, y cuando se añade agua a la tierra durante la compactación; está actúa como agente suavizante sobre las partículas del suelo* (Braja, 2014).

La compactación del suelo se obtiene por el “ensayo de proctor modificado”, cuyos resultados se obtiene el peso unitario seco máximo y el

contenido óptimo de humedad (Braja, 2014). Según Reglamento Nacional de Edificaciones (2012), *manifiesta que el proceso de estabilización para la compactación, se debe emplear en todas aquellas obras donde la materia prima es el suelo (base del corte de laderas, terraplenes, canales de agua, suelo de cimentación, rellenos artificiales, diques, terraplenes para vías, etc.).*

Características de la compactación del suelo:

- Aumenta la resistencia al corte para la estabilidad de un talud.
- Disminuye la compresibilidad para reducir los asentamientos.
- Disminuye la relación de vacíos para reducir la permeabilidad, y así mismo el potencial de expansión, contracción o exposición por congelamiento.

Descripción de la fórmula de energía:

$$E = \frac{NnPh}{V}$$

Descripción:

E: Energía de compactación.

N: Número de golpes por capa.

N: Número de capas de suelo.

P: Peso del pisón.

H: Altura de caída libre del pisón.

V: Volumen de suelo compactado.

Tabla 5. Valores referenciales para el proctor modificado

suelo	Probable OCH
Gravas (Afirmado)	4 a 8
Arena	6 a 10
Arena Limosa	8 a 12
Limo	11 a 15
Arcilla	13 a 21

Fuente: Basurto, 2017.

Tabla 6. Estabilización por compactación.

Descripción	Estándar	Modificado
Norma	NTP-339.142	NTP-339.141
Energía de compactación	12.300 Lb.ft/ft ³	56.250 Lb.ft/ft ³ .
Peso del martillo	5.5 lb	10 lb
Altura de caída del martillo	12 pulgadas	18 pulgadas
Número de golpes por capa	25	25
Número de capas	3	3
Volumen molde (cm ³)	943.3	943.3

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), 2014.

2.2.4. Talud

Muñoz (2017) manifiesta que el talud se denomina a la superficie inclinada con respecto a la horizontal que adopta las masas de “suelo o roca”, y técnicamente se define como ladera cuando su formación actual tuvo como origen un proceso natural y talud cuando se formó artificialmente producto de la intervención del hombre; como por ejemplo en un movimiento de tierras para un proyecto de ingeniería.

Según De Matteis (2003), define que el talud está comprendido por una superficie inclinada respecto a la horizontal, y adopta permanentemente a una estructura de tierra, y es muy importante analizar esta estructura compleja porque puede presentar problemas geotécnicos. Además, Ayala y Adreu (2006), nos informa que un talud es inestable cuando se modifica su geometría para obtener una nueva configuración que resulte estable.

Las partes de un talud según Baltodano (2013) son las siguientes:

- La pendiente, es aquella que describe la inclinación del talud.
- La corona y pie de talud, son la intersección con el terreno plano que limita al talud.
- La cara del talud, es el área comprendida entre la corona y pie del talud.
- La altura del talud, es la diferencia de elevación entre la corona y pie del talud.

- La terraza, es la zona horizontal formada en la cara del talud.

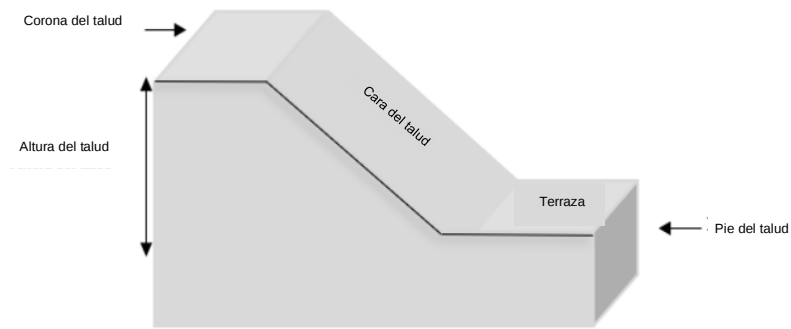


Figura 3. Descripción de un talud.

La estabilidad de un talud depende de su naturaleza, estructura, estratigrafía del suelo, condiciones de meteorización y de todo un conjunto de circunstancias externas al propio talud o ambientes; como la topografía de la zona, el clima y la vegetación (Braja, 2014).

Tabla 7. Esfuerzos cortantes en un talud.

Factores de los esfuerzos cortantes	
1. Separación:	
- Erosión.	
- Modificación del talud, deslizamiento, asentamiento.	
- Actividad humana.	
2. Sobrecarga:	
- Causas naturales.	
- Peso de lluvias, nieve, etc.	
- Actividad humana.	
- Edificios y otras sobrecargas en la corona.	
3. Aumento de presión lateral:	
- Por expansión de arcillas susceptibles.	

Fuente: Martínez, 2018.

2.2.5. Estabilidad de taludes

Gonzales y León (2013), describe la estabilidad de los taludes de la siguiente manera:

“En las construcciones de ingeniería, específicamente en proyectos de tipo lineal, la superficie del terreno comúnmente se expone a pendientes con respecto a la horizontal denominadas taludes o pendientes restringidas los cuales pueden ser naturales (laderas) o artificiales (cortes y terraplenes)”.

“La estabilidad de un talud está determinada por diversos factores; los cuales se clasifican en 1) factores condicionantes, que son intrínsecos de los materiales naturales del suelo o roca provocando movimientos de variación lenta, y 2) factores desencadenantes que aceleran o retardan la ocurrencia de fallas dando lugar a movimientos de variación rápida, y en la siguiente tabla se resume estos factores”:

Tabla 8. Factores de inestabilidad en un talud.

	Condicionantes
Estratigrafía y litología	<i>Representa la naturaleza (propiedades físicas y resistentes) del material constituyente del talud que condicionan las tensiones y deformaciones.</i>
Propiedades geomecánicas	<i>Los parámetros resistentes son cohesión y rozamiento interno.</i>
Relieve - vegetación	<i>El efecto gravitacional aumenta proporcionalmente con la altura y pendiente. Además, la falta de raíces acelera la erosión superficial.</i>
Sobrecargas estáticas y cargas dinámicas	<i>Modifican la distribución de las fuerzas generando condiciones de inestabilidad.</i>
Factores climáticos	<i>La alternancia de periodos de sequía y la lluvia produce cambios en la estructura de los suelos ocasionando pérdidas de resistencia al corte, mientras que en macizos rocosos la acción de hielo y deshielo provoca apertura de discontinuidades e infiltración en fisuras y grietas. Las vibraciones sísmicas modifican el estado de esfuerzos en el interior de la tierra; mientras que las erupciones volcánicas originan deslizamientos, avalanchas o el deshielo de partes altas que dan lugar a flujos rápidos.</i>
Terremotos - vulcanismo	<i>La meteorización da lugar a degradación y alteración de materiales, mientras que la socavación en el pie de laderas cambia el estado tensional reduciendo las propiedades resistentes del talud por variaciones en la geometría del talud.</i>
Erosión y socavación	

Fuente: Gonzales y León, 2013.

2.3.DEFINICIONES CONCEPTUALES

Agregado

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones (2012), el agregado es el conjunto de partículas de origen natural o artificial que pueden ser tratadas o elaboradas y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la Norma ITINTEC 400.037.

Agregado fino

El Reglamento Nacional de Edificaciones (2012), define que el agregado fino proviene de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz ITINTEC 9.5 mm (3/8") y que cumple con los establecidos en la Norma ITINTEC 400.037.

Agregado grueso

El Reglamento Nacional de Edificaciones (2012), manifiesta que el agregado grueso retenido en el tamiz ITINTEC 4.75 mm (malla N° 4) proviene de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumplen con los límites establecidos en la Norma ITINTEC 400.037.

Arena

El Reglamento Nacional de Edificaciones (2012), manifiesta que el agregado fino proviene de la desintegración natural de las rocas. (Norma ITINTEC 400.037).

Caolinita

La caolinita tiende a conferir mayor estabilidad física (menor plasticidad y retención de agua) y menor erodabilidad en el suelo, por el hecho de que no presenta capacidad de expansión y de contracción. (Londoño Manrique & Ardila Montiel, 2016). Se obtiene por la difracción de rayos X, el cual se mide en nanómetro (nm), su parámetro es en porcentaje (%).

Cuarzo

Se define como un mineral primario que está compuesto por sílice, y se encuentra en la corteza terrestre (Zeballos et al., 2014). Se obtiene por la difracción de rayos X, el cual se mide en nanómetro (nm), su parámetro es en porcentaje (%).

Estabilización

El Reglamento Nacional de Edificaciones (2012), *considera que la estabilización es un proceso físico o químico mediante el cual se mejora las condiciones mecánicas de un suelo.*

Estabilización de taludes

El Reglamento Nacional de Edificaciones (2012), indica que la solución geotécnica integral implementada en un talud; ya sea de terraplén, de excavación, de corte, natural u otros, son suficiente y sostenible para la estabilidad del talud sin afectar negativamente a su entorno natural (RNE, 2012).

Grava

El Reglamento Nacional de Edificaciones (2012), manifiesta que el agregado grueso proviene de la desintegración natural de los materiales pétreos, encontrándosele en canteras y lechos de ríos, depositado en forma natural (Norma ITINTEC 400.037).

Ilita

Son arcillas poco expansivas de tipo 1:1, y se encuentran en los suelos del norte y nororiente peruano. Estos suelos tienen a generar problemas de expansión (Rojas y Alva, 2014). Se obtiene por la difracción de rayos X, el cual se mide en nanómetro (nm), su parámetro es en porcentaje (%).

Límite líquido

Se define como el contenido de agua necesario para un suelo al realizar el ensayo de consistencia en el equipo de copa de Casagrande (Londoño y Ardilla, 2016).

Límite plástico

Londoño y Ardilla (2016) manifiesta que el límite plástico es el contenido de humedad del suelo en porcentaje (%).

Micas

Es un mineral primario que pertenece al grupo de silicatos y corresponde al tipo 2:1, se encuentran en las rocas (Zeballos et al., 2014). Se obtiene por la difracción de rayos X, el cual se mide en nanómetro (nm), su parámetro es en porcentaje (%).

Montmorillonita

Las arcillas de tipo 2:1, es un material expansivo y de contracción. Suelen llamarles de manera general como suelos cohesivos (Londoño y Ardilla, 2016). Se obtiene por la difracción de rayos X, el cual se mide en nanómetro (nm), su parámetro es en porcentaje (%). Además, según Martínez (2018), los minerales del grupo de la montmorillonita tienden absorber partículas de agua.

Suelo

El Reglamento Nacional de Edificaciones (2012), manifiesta que el suelo es un agregado natural de partículas minerales granulares y cohesivas separables por medios mecánicos de poca energía o por agitación de agua.

Suelo expansivo

El Reglamento Nacional de Edificaciones (2012), manifiesta que, al humedecer un suelo, esto sufre una expansión que pone en peligro a las estructuras cimentadas sobre ellos.

Talud

El Reglamento Nacional de Edificaciones (2012), menciona que *el talud es un perfil conseguido tras una excavación vertical, con cierto ángulo horizontal*.

Vermiculita

Son arcillas de tipo 2:1, es un material expansivo y de contracción (Rojas y Alva, 2014).

2.4. HIPÓTESIS EN LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. Hipótesis general

Ha: Las propiedades mecánicas y química del tipo y cantidad de arcilla influyen en la estabilidad del talud del tramo Inti Alto y Las Vegas, Provincia de Leoncio Prado – Huánuco, 2020.

Ho: Las propiedades mecánicas y química del tipo y cantidad de arcilla no influyen en la estabilidad del talud del tramo Inti Alto y Las Vegas, Provincia de Leoncio Prado – Huánuco, 2020.

2.5. VARIABLES EN LA INVESTIGACIÓN

2.5.1. Variable dependiente

- Estabilidad de talud.

2.5.2. Variable independiente

- Las propiedades mecánicas y química de las arcillas

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 9. Operacionalización de variables.

Variables	Dimensiones / Indicadores	Metodología	Parámetro	Escala	Tipo de variable
Independiente					
Las propiedades mecánicas y química de las arcillas	- Caolinita - Illita - Montmorillonita - Vermiculita - Cuarzo - Mica	Difracción de rayos X	Porcentaje (%)	1. Muy bajo (<10%) 2. Bajo (10% – 25%) 3. Medio (25% – 50%) 4. Alto (> 50%)	Cuantitativa: Discreta
Dependiente					
Estabilidad de talud	- Granulometría por tamizado e hidrómetro. - Humedad del suelo - Límite líquido y plástico - Proctor modificado - Ensayo de corte directo	- Norma D 422 e Hidrómetro. - Norma D 2216 - Norma ASTM D 4318. - Norma ASTM D 1557 - Norma D 3080	Porcentaje (%) Kg-cm/cm ³	-	Cuantitativa: continua

Fuente: Elaboración propia. Cuadro según modelo APA (Cuervo y Tibaduiza, 2017).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación para el estudio, corresponde al descriptivo y correlacional, porque se ha recolectado la información con la técnica de observación directa, el cual, se utilizó fichas y formatos para determinar e identificar el tipo de suelo y arcilla que influye en las propiedades mecánicas y química en la estabilidad del talud en la carretera del tramo Inti Alto y Las Vegas; así como también se comparó el tipo de arcilla según su mineralogía. De acuerdo a Hernández et al (2014), manifiesta que los estudios descriptivos miden, evalúan o recolectan datos sobre diversos aspectos a investigar; con el fin de llegar al resultado de la investigación, así como también, la investigación correlacional se encarga de identificar la relación entre dos o más conceptos, y tienen en cierta forma un valor explicativo.

3.1.1. Enfoque

Según Hernández et al (2014), manifiesta que el enfoque cualitativo recolecta y analiza los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación. Además, según Sadín (2003), sostiene que “la investigación cualitativa implica la producción de resultados que no han llegado por procedimientos estadísticos o mediante una cuantificación; y los datos pueden ser cuantificables, pero el análisis en sí mismo tiene que ser cualitativo”.

Bernal (2006), señala que, en el enfoque cualitativo se debe analizar la información; cuya finalidad será establecer relaciones, así como también, realizar una sistematización acerca de los aspectos teóricos y empíricos utilizando diferentes tipos de documentos en la que permite indagar, interpretar y analizar información de interés.

Por lo tanto, el enfoque para el presente estudio de investigación se aplicó el cualitativo; debido a que se recolectó, procesó y analizó la información

obtenidos a partir de los resultados de los laboratorios; así como también se utilizó diseños metodológicos (para definir la escala de niveles en arcillas) y la revisión del marco teórico sobre el tipo de arcilla que influye en las propiedades mecánicas y química en la estabilidad del talud del tramo de Inti Alto y Las Vegas.

3.1.2. Alcance o nivel

Para Hernández et al (2014), informa que una investigación es descriptiva porque selecciona cuestionarios y recolecta información sobre cada una de ellas, de esa manera se describe lo que se desea investigar. Además, Tamayo (2005), menciona que el nivel descriptivo, usualmente describe: objetos, situaciones, eventos y fenómenos, *es decir, “como son y cómo se comportan, el cual mide o evalúa diferentes aspectos, tamaños o elementos del fenómeno, aquí se elige una serie de conceptos y se mide cada uno de ellos de manera independiente, y buscan especificar las propiedades importantes de personas, animales, plantas, suelo, talud, o cualquier otro fenómeno a investigar”*.

De acuerdo a lo mencionado, esta investigación determinó e identificó el tipo de suelo y arcilla que influyen en las propiedades mecánicas y química en la estabilidad del talud; así como también se comparó el tipo de arcilla según su mineralogía.

Así mismo, con este trabajo, se alcanzará la información a municipalidades, empresas constructoras, investigadores, estudiantes y público en general del ámbito geográfico regional, nacional e internacional; respecto a la influencia de la arcilla caolinita en la estabilidad del talud realizada en la carretera del tramo Inti Alto y Las Vegas correspondiente a zonas tropicales.

3.1.3. Diseño

Hernández et al (2014), manifiesta que el estudio no experimental; es aquella que no manipula variables, y sólo se visualiza fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos. Para el presente estudio, se

realizó la investigación no experimental porque no se manipulo las variables (solo se recolecto información), y posteriormente se analizó los datos obtenidos de los ensayos mecánicas y análisis químico del suelo; que fueron proporcionados por los laboratorios; el cual se comprobó si la arcilla influye en la estabilidad del talud de la carretera tramo Inti Alto y Las Vegas.

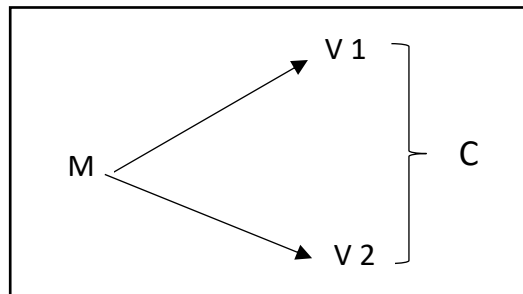


Figura 4. Esquema de diseño de investigación no experimental.

Donde:

M = Muestra.

V1= Variable dependiente: Estabilidad de talud.

V2= Variable independiente: Las propiedades mecánicas y química de las arcillas

C = Relación de variables.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA EN LA INVESTIGACIÓN

3.2.1 Población

En el presente estudio, la población consta con 4 muestras de suelo por tramo: Inti Alto y Las Vegas.

3.2.2 Muestra

Para la muestra de la presente investigación es no probabilística, debido a que la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de las causas relacionadas con las propiedades y características de la investigación, el cual se selecciona muestras basadas en un juicio subjetivo en lugar de hacer la selección al azar (Tamayo, 2005). Además, cuando no se tiene referencias precisas acerca de la población total, se selecciona en forma

informal los objetos de estudio de más fácil acceso (Landeau, 2007), lo cual, está conformada por el suelo del talud en el tramo Inti Alto y Las Vegas.

A continuación, se detalla los pasos para la exploración de las muestras del suelo y traslado al laboratorio:

3.2.2.1 Procedimiento de exploración de campo (In-situ) y traslado al laboratorio:

1. La elección del lugar de la investigación geotécnica; se optó por la observación directa en el punto crítico de ambos taludes de la carretera. Para el tramo Las Vegas: la progresiva corresponde a 475+375.16Km (vía Tingo María – Aguaytía) y en el tramo de Inti Alto a 03+781Km (vía Tingo María – Monzón).
2. Para la recolección de muestras del suelo, se optó por la exploración directa In-situ a cielo abierto de forma lineal (vertical).
3. En el área de estudio se realizó el levantamiento con GPS, y posteriormente se procesó la información con el software Civil 3D-2020. Con todos los datos obtenidos en campo, se procedió a delimitar las distancias (en línea recta) para los puntos de muestreo; iniciando desde el pie del talud, cuerpo de talud hasta la corona del talud (obteniendo cuatro puntos de muestreo en ambos tramos).
4. La distancia entre los puntos de muestreo en el tramo de Inti Alto asciende a 4.80m (ver imagen N° 1), y en el tramo Las Vegas consta de 11.06 m (ver imagen N° 2).



Imagen 1. Vista de la distribución de la distancia: tramo Inti Alto.



Imagen 2. Vista de la distribución de la distancia: tramo La Vegas.

5. Seguidamente se procedió a extraer las muestras alteradas teniendo en cuenta la Norma E050 “Suelos”; y de forma manual se recolectó el suelo en un costal a una distancia de 4.80m para el tramo Inti Alto y 11.06m en el tramo Las Vegas (ver imagen N° 1 y N° 2).

La extracción del suelo se realizó en los cuatro puntos del talud de cada tramo, y aproximadamente se recolectó 70 kg por costal. El peso en ambos costales ascendió aproximadamente a 140 kg de suelo (ver imagen N° 3, 4, 5 y 6).

Las muestras de suelos, fueron enviadas al laboratorio SUCONCSAC para realizar los ensayos mecánicos de *“granulometría por tamizado e hidrómetro, humedad del suelo, límite líquido, límite plástico y proctor modificado”*.

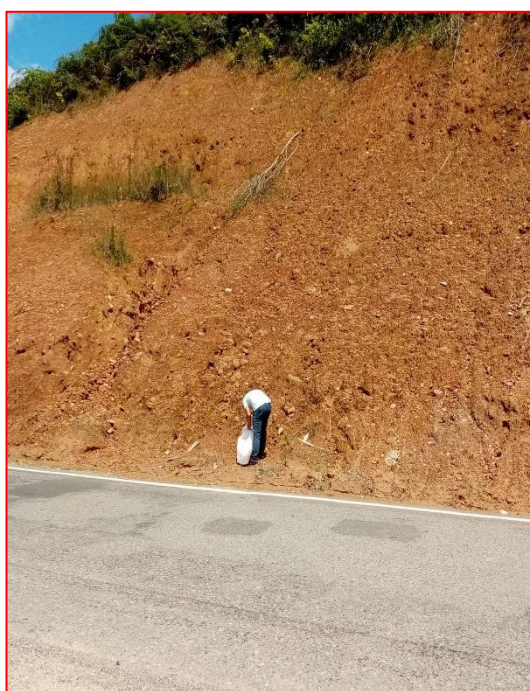


Imagen 3. Muestreo del suelo en pie de talud del tramo Inti Alto.

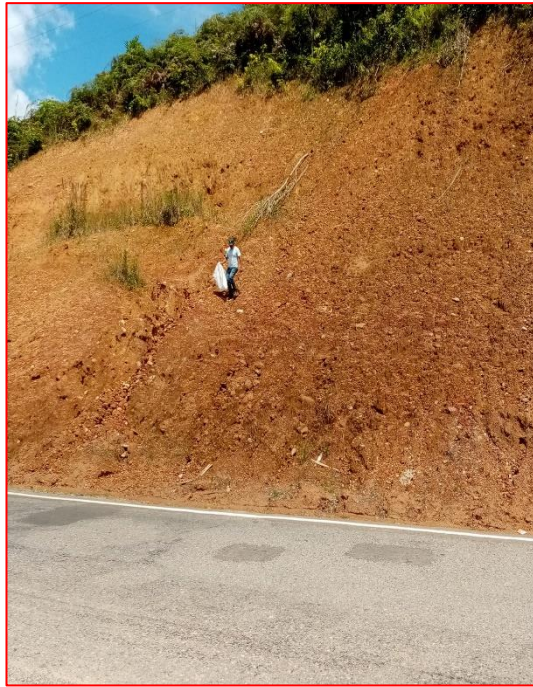


Imagen 4. Cuatro muestreos de suelo en cara del talud en tramo Inti Alto.



Imagen 5. Muestreo de suelo en pie de talud del tramo Las Vegas.



Imagen 6. Cuatro muestreos de suelos en cara del talud en tramo Las Vegas.

6. Para el corte directo se empleó el muestreo de tipo inalterado, y a continuación se describe el siguiente procedimiento:
 - a. En un área de $0.60\text{m} \times 0.60\text{m}$ en ambos tramos se excava una zanja y alrededor de este se deja un montículo de forma cuadrado de $0.30\text{m} \times 0.30\text{m}$ a una altura de 0.20m , luego se alisa la superficie del suelo, y se marca el contorno del trozo. Se ahonda la excavación y se cortan los lados del rectángulo con un cuchillo.
 - b. Luego se separa el espécimen del suelo con un cuchillo, y se retira del hoyo cuidadosamente, y las medidas del tozo corresponde a de $0.30\text{m} \times 0.30\text{m} \times 0.20\text{m}$.
 - c. Posteriormente se corta y se perfila las paredes de todos los bordes del espécimen con un cuchillo, y rápidamente se aplica tres (03) capas de parafina (vela derretida) con una brocha. Se debe dejar enfriar y endurecer cada capa antes de aplicar la siguiente.
 - d. La muestra cuadrada del espécimen (suelo), se envuelve con tela de algodón, y si no se cuenta con la tela, se refuerza con varias vueltas de cinta aislante o cuerda.

e. Cubierto la muestra con la tela, nuevamente se aplican tres (03) capas de parafina en la tela. Luego se empaqueta en una caja de madera, y en su interior se rellena con aserrín ligeramente humedecida en toda el área interna de la caja hasta que quede compacta, se asegura la caja, y posteriormente se trasladó al laboratorio SUCONSAC “Suelos y Concretos SAC” para el respectivo ensayo.



Imagen 7. Muestra inalterada extraída del tramo de inti Alto.



Imagen 8. Muestra inalterada para corte directo.

3.2.2.2 Procedimiento *para muestras del estudio mineralógico*:

1. Para el estudio mineralógico de arcillas, se procedió a separar la muestra de suelo en dos porciones de aproximadamente de 2kg por cada tramo, luego se extendió la muestra en el papel periódico para el secado, posteriormente se procedió a triturar el suelo con martillo.
2. El suelo desmoronado tuvo que ser tamizado por el tamiz N° 10; y de esa manera se obtuvo la muestra fina, luego se recolecto aproximadamente un 1kg de suelo en una bolsa de polietileno transparente (este procedimiento se realizó conforme a las recomendaciones del laboratorio BIZALAB). El estudio mineralógico de arcilla fue realizado por el laboratorio mencionado anteriormente, el cual, utilizará el equipo por difracción de rayos X.

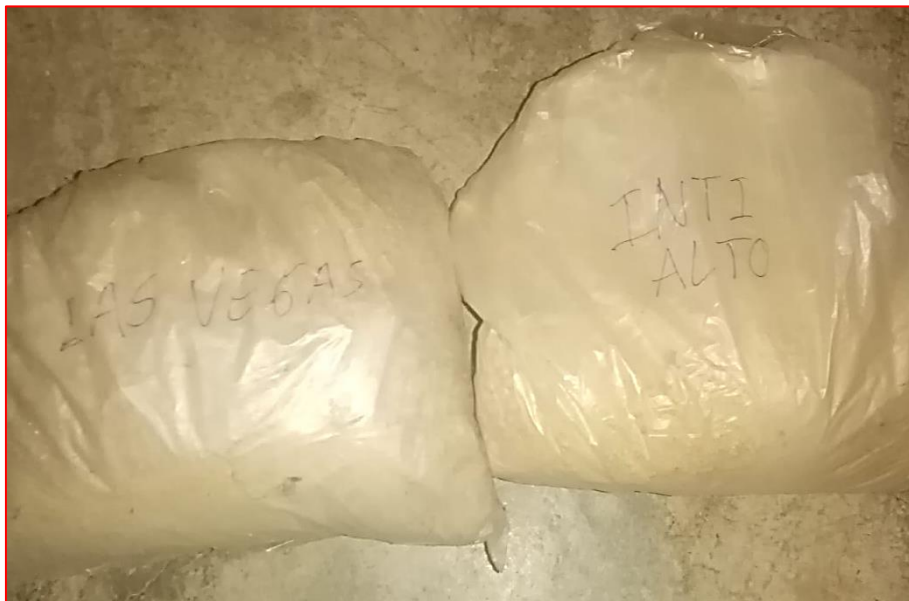


Imagen 9. Muestra para el análisis químico.

3.2.2.3 Materiales utilizados en campo

Materiales

4 Bolsas de polietileno de 2 Kg.

4 Costales de 50 kg.

1 Lapicero

1 Plumón indeleble

1 Tamiz N° 10

1 Wincha de 30 m

1 Libreta de campo

Herramientas y equipos

1 Pico

1 Machete

1 Cuchillo de cocina

1 Cámara fotográfica

1 GPS Garmin Etrex Navegador

1 Laptop

1 Distanciómetro Laser de 100 m

1 Balanza analítica

Mano de obra

2 operarios

3.2.2.4 Metodología de ensayos mecánicos de laboratorio

Acorde al manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016), se describe de la siguiente manera el procedimiento de los ensayos mecánicos:

1. Metodología para el análisis de la humedad del suelo

A continuación, se describe el siguiente procedimiento:

a) Equipos y materiales

- Horno de secado a temperatura de 110°C.
- Balanza analítica con sensibilidad de 0.1g.
- Recipientes.
- Utensilios (cuchillos, espátulas, cucharas, lona para cuarteo, divisores de muestras, recipientes, etc.).

b) Procedimiento del ensayo

- Se procedió a pesar el recipiente en la balanza analítica.
- La muestra del suelo húmedo se colocó en el recipiente. Luego se determinó el peso del recipiente y el suelo húmedo usando una balanza analítica (peso del suelo húmedo 2.32kg y peso de recipiente 330g).
- Posteriormente se colocó el recipiente con la muestra del suelo húmedo en el horno por un tiempo de 6 horas (se programará el horno electrónico).
- Culminado el tiempo de secado, se retiró la muestra del horno, y se procedió a realizar el pesado de la muestra seca con el recipiente.
- Obteniendo el resultado se procedió anotar en el cuaderno borrador.
- Con los datos obtenidos del laboratorio, se procedió a ingresar los resultados en la hoja del cálculo para posteriormente el análisis e interpretación.

Con la siguiente formula se procedió calcular la humedad del suelo:

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_i} \times 100 = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Datos;

W. = contenido de humedad (%)

W.W = peso del agua.

W.S = peso seco del material del suelo.

W.1 = peso del recipiente más el suelo húmedo (gr).

W.2 = peso del recipiente más el suelo secado en horno (gr).

W.I = peso del recipiente (gr).



Imagen 10. Vista del procedimiento para la realización de la humedad en laboratorio.

2. Metodología para el análisis granulométrico por tamizado

A continuación, se describe los siguientes pasos para determinar la granulometría del suelo:

a) Equipos y materiales

- Balanza analítica con sensibilidad de 0.1g.
- Tamices de malla: 75mm (3"), 50,8mm (2"), 38,1mm (1½"), 25,4mm (1"), 19,0mm (¾"), 9,5mm (3/8"), 4,76mm (N° 4), 2,00mm, (N° 10), 0,84mm (N° 20), 0,425mm (N° 40), 0,250mm (N° 60), 0,106mm (N° 140) y 0,075mm (N° 200).
- Estufa u horno electrónico a temperatura uniforme de hasta 110 a 115 °C.
- Envases o recipientes.
- Cepillo y brocha para limpiar las mallas de los tamices.

b) Procedimiento del ensayo

- Se realizó el cuarteo de la muestra del suelo, luego se procedió a separar 550gr de la muestra para posteriormente colocarlo en un recipiente, y se procede a llevar a la estufa a una temperatura de 110°C por un lapso de 6 horas.
- Luego se retira de la estufa para el pesado correspondiente, y seguidamente se lava la muestra seca en un recipiente del tamiz N° 200.
- Del lavado, se procede a pesar y se coloca nuevamente a la estufa por un tiempo de 2 horas aproximadamente.
- Después del enfriado, la muestra del suelo se coloca en otro recipiente para pasar por los tamices brindados en el laboratorio, posteriormente todos los tamices considerados se colocan en el equipo mecánico para la separación del material en cada recipiente.
- Obteniendo el material en cada tamiz, se procedió al pesado, y se anotó los resultados para su posterior análisis de la hoja de Excel utilizado.



Imagen 11. Secado de muestra en estufa.



Imagen 12. Pesado de la muestra.



Imagen 13. Lavado del material con agua de caño.



Imagen 14. Vista de secado en horno y tamizado por el equipo mecánico.



Imagen 15. Material para el respectivo pesado.

3. Metodología para el análisis del hidrómetro de bouyoucos

Según la norma *ASTM D-422*, se describe el siguiente procedimiento:

a) Equipos y materiales

- 1 Balanza analítica de sensibilidad de 0.1g.
- 1 Tamiz N° 10 y N° 200.
- 1 Probeta de 20 ml.
- 1 Hidrómetro graduado.
- 3 Probetas de 1000ml.
- 1 Termómetro.
- 1 Cronómetro.
- Horno o mufla electrónica de hasta 110°C.
- Agente dispersante de hexametáfosfato de sodio (40g).
- Agua destilada e ionizada.

b) Procedimiento del ensayo

- La muestra del suelo consta de 50gr. (suelo seco).
- Luego se procedió a colocar la muestra en el vaso de precipitación de 50ml.

- El hexametáfosfato de sodio se disuelve en un vaso de precipitación con agua destilada.
- Posteriormente la solución disuelta del hexametáfosfato de sodio se agrega en la muestra del suelo para su disolución, y se remueve por un lapso de 5 minutos para luego dejarlo en reposo por un tiempo de 1 día.
- Al día siguiente, cada muestra disuelta se coloca en una probeta de 1000ml, y se enrasa con agua destilada en los tres recipientes.
- La muestra diluida y enrasada, se procede a realizar las lecturas con el hidrómetro y el termómetro por un lapso de 1 minuto, 2 minutos, hasta los 1440 minutos.
- Posteriormente se anotan los resultados para el cálculo y análisis correspondiente en cada tramo.



Imagen 16. Pesado de muestra de suelo para ambos tramos.



Imagen 17. Preparado del hexametafosfato.



Imagen 18. Disolución del hexametafosfato de sodio con la muestra de suelo.

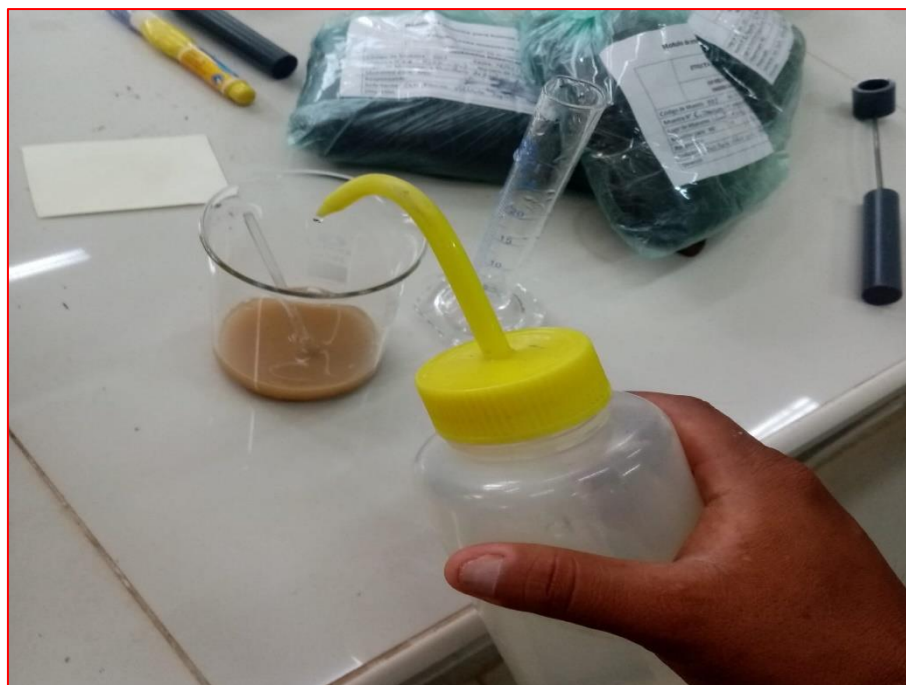


Imagen 19. Agregado de agua destilada.



Imagen 20. Enrasado de agua destilada a 1000ml en las dos muestras de suelos y el testigo con agua destilada.



Imagen 21. Medición de la temperatura en cada probeta en el tiempo determinado.



Imagen 22. Lectura del hidrómetro en cada probeta en el tiempo determinado.



Imagen 23. Lectura del hidrómetro en el testigo (agua destilada)

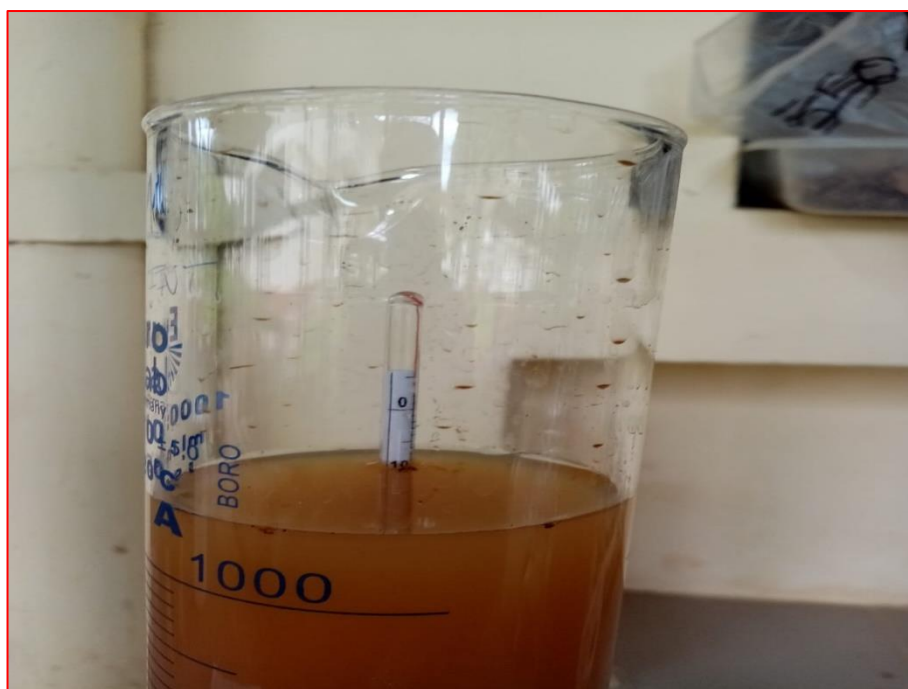


Imagen 24. Lectura del hidrómetro en la muestra de Inti Alto.

4. Metodología para el Límite líquido

Para este ensayo se ha seguido el método mecánico, y la muestra representativa corresponde a 100g, donde el suelo tuvo que pasar el tamiz 40.

Ante lo mencionado anteriormente, se describe el siguiente procedimiento:

- La muestra del suelo se ha mezclado con agua destilada hasta conseguir una pasta homogénea.
- Se colocó con espátula la pasta en la taza del equipo de Casagrande, comprimiéndola para eliminar burbujas de aire, dejando nivelado a unos 10.00 mm de máximo espesor.
- El ranurador se pasó cuidadosamente por el eje de la taza formando una ranura clara, evitando el desprendimiento de la masa o pasta en el fondo de la taza de copa de Casagrande.
- Luego, el equipo automático se colocó sobre una base firme, y se procedió a realizar los dos (02) golpes por segundo hasta que las paredes de la ranura intermedia entre en contacto, registrando la cantidad de golpes.
- Se determinó el peso del recipiente, y se colocó sobre ella una muestra de aproximadamente 10gr, y posteriormente se vuelve a pesar nuevamente el recipiente con la muestra húmeda.
- El recipiente con la muestra es llevado a la mufla por un tiempo de 24.00hs, y luego se determinó el peso de la muestra seca más el recipiente.
- Con los datos anteriores se obtuvo el porcentaje de humedad de la muestra.

Todos los pasos anteriores se realizaron 2 veces, obteniendo de esta manera el % de humedad del límite líquido para cada muestra.

5. Metodología para el límite plástico

Para esta metodología, se ha seguido las pautas del Manual de Ensayos de Materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016), donde manifiesta que la muestra de suelo corresponde a 20.00gr, y tuvo que pasar el tamiz 40, por esta razón se describe de la siguiente manera:

- Se amasó la muestra indicada con agua destilada hasta formar un redondo de masa viscosa.
- A esta esfera redonda se tuvo que pasar con los dedos de la mano en el vidrio esmerilado hasta formar tiras de barro con un diámetro de aproximadamente de 3.2mm, al verificar que no se desmoronaba o agrietaba, se volvió a repetir estas tiras.
- Una vez agrietada la muestra fue colocada en una tara que previamente fue pesada, luego se registró el peso de la muestra húmeda del suelo más el recipiente utilizado.
- La tara con la muestra fue llevadas al horno por 24 horas, luego se determinó el peso de la muestra seca más la tara.
- Con los datos anteriores se obtuvo el porcentaje de humedad de la muestra.

Todos los pasos anteriores se realizaron 2 veces obteniendo de esta manera el porcentaje de humedad del límite líquido para cada muestra.

6. Metodología para la compactación de suelos

Para los procedimientos y cálculo de los ensayos de compactación se utilizó el “manual de ensayos de materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones C-E 115” (2016).

A continuación, se procede a describir el siguiente procedimiento:

- En ambos tramos se utilizó la muestra de suelos retenido en la malla N° 4, del cual se extrajo 5 especímenes de 6kg aproximadamente.
- Se peso la cazoleta vacía que se va a emplear.
- Se procedió a preparar la mezcla añadiendo poco a poco el agua.
- Se dejó por un tiempo determinado para que el agua saliera por sí solo.
- La muestra seca se colocó en la cazoleta, luego se remojó de manera uniforme con agua y en seguida se cubrió con una manga plástica, permaneciendo 24 horas para su saturación.
- Posteriormente se procedió a pesar el molde vacío.
- En seguida se armó el molde junto con el plato base y el collar, luego se procedió a rellenar el molde con la muestra de suelo en cinco (05) capas,

y en cada se procedió a dar dos (02) golpes para su compactación.

- Se retira el plato base y el collar del molde y con el cuchillo se enrasa dejando una superficie plana, luego se procede a pesar el molde con la muestra húmeda.
- Luego se pesan las taras sin las muestras.
- Con una paleta tipo cuchillo se sacó el espécimen aproximadamente mayor a 500gr de la parte central superior y de la parte central inferior, luego se realizó el pesado de la muestra húmeda del suelo, y posteriormente se colocó al horno por un periodo de 24 horas.
- Continuando el proceso se pesaron las muestras secas.

Todos los pasos anteriores se realizaron 2 veces, de esa manera se obtendrá: el peso unitario seco, la densidad seca y la humedad óptima para la muestra.

3.2.2.5 Metodología de análisis químico de laboratorio

En el caso de las muestras para el análisis químico del tipo de arcilla, se procedió a enviar las 2 muestras al laboratorio BIZALab, el cual, solo solicitaron 1kg de la muestra del “suelo seco”; cuyas partículas tuvieron que pasar por malla 10. Asimismo, el análisis fue realizado por el equipo de difracción de rayos X, luego de un tiempo determinado, el laboratorio envió virtualmente los resultados.

Los rangos según lo descrito por Kampf y Curi (2003), se detalla de la siguiente manera:

1. Muy bajo (<10%).
2. Bajo (10% – 25%).
3. Medio (25% – 50%).
4. Alto (> 50%).

3.3. TÉCNICAS Y/O INSTRUMENTOS DE DATOS EN LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. Técnicas de datos

A continuación, se describe las siguientes técnicas de los datos que fue utilizado:

- Observación, en dos oportunidades se realizó la inspección visual, y se registró la información del levantamiento con GPS y wincha en cada tramo de los puntos de muestreo y sus respectivas vistas fotográficas.

3.3.2. Instrumentos de datos

Se ha empleado los siguientes instrumentos tales como “formatos y ficha” para la recolección de la información:

- Ficha: Se elaboró una ficha, donde se recolectó las características naturales del talud de ambos tramos (Ficha N° 1, ver anexo 5).
- Fotografías: En cada visita realizada fue registrado con vistas fotográficas.
- Formatos para los resultados de laboratorio sobre: Granulometría por tamizado (Formato N° 1), granulometría por sedimentación (Formato N° 3), límite líquido y plástico (Formato N° 2), proctor modificado (Formato N° 4), humedad del suelo (Formato N° 1) y corte directo (Formato N° 5, y N° 8).
- Formato para el análisis químico de las arcillas: El laboratorio BIZlab fue quien proporcionó directamente los resultados en formato digital vía correo electrónico (Formato N° 17).

3.3.3. Ensayos mecánicos y análisis químico

El ensayo mecánico del suelo se desarrolló en el laboratorio SUCONCSAC “Suelos y Concretos S.A.C. y para la arcilla se realizó en el laboratorio BIZAlab, seguidamente la información fue analizados e interpretados.

3.3.4. Procesamiento de información para ensayos mecánicos y químico

Los resultados del laboratorio fueron procesados, interpretados y comparados haciendo uso del programa Excel.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Aspectos generales del tramo

4.1.1. Ubicación política

El lugar de la investigación se ubica en el departamento de Huánuco, provincia de Leoncio Prado, distritos: “*Mariano Dámaso Beraun (Las Palmas)* y *Daniel Anomia Robles (Pumahuasi)*”, sector de Inti Alto y Las Vegas.

4.1.2. Ubicación geográfica del talud

1) Sector Inti Alto

Este : 384416.11m

Norte : 8971472.45m

Altitud: 679.390m

2) Sector Las Vegas

Este : 401710.04m

Norte : 8983415.44m

Altitud: 948.51m

4.1.3. Vía de acceso

El tipo de vía de acceso en el área de estudio del tramo de Inti Alto corresponde a la categoría HU-652, mientras en el tramo de Las Vegas pertenece al Emp. PE-5N (Pte. Pumahuasi).

4.1.4. Clima y precipitación

1. Distrito de Mariano Dámaso Beraun, con precipitación de 2300mm en temporada de invierno, y 27°C de temperatura (Provias Descentralizado, 2020).
2. Distrito de Daniel Anomia Robles, la precipitación pluvial alcanza un promedio mensual aproximada de 410 mm/seg. en temporada de lluvias

el mes de diciembre y abril, y un mínimo de 200 mm/seg. El clima es considerado caluroso con un promedio de 24° C, temperaturas máximas hasta 32° C durante el día y mínima de 16° C de noche es cálido (Osorio, 2000).

4.1.5. Humedad

El clima sub húmedo corresponde a toda la provincia de Leoncio Prado, y la humedad relativa fluctúa en un 80% a 90%, a su vez, en la estación seca se registra bajos promedios en humedad (Provias Descentralizado, 2020)

4.1.6. Relieve por distritos

A continuación, Provias Descentralizado (2020), menciona sobre las unidades fisiográficas existentes en los distritos:

1. Mariano Dámaso Beraun:

- a) Valle fluvial: corresponde al río Patay Rondos, sus suelos son aptos para cultivo en limpio, pastos y perenne.
- b) Colinas accidentadas, debido a la sucesión de laderas en todo el valle del distrito.
- c) Paisaje montañoso erosionadas, y cuyas áreas se encuentran cubiertas por vegetación natural de bosques primarios y secundarios.

2. Daniel Alomía Robles:

- a) El valle aluvial se encuentra en la margen derecha de la cuenca baja del río Tulumayo, allí se encuentran los suelos agrícolas más productivos.
- b) Lomadas; se ubican en el 65% del ámbito territorial del distrito, sus cotas varían desde 600msnm hasta los 1000msnm.

4.1.7. Características ecológicas

De la lectura del Mapa Ecológico del Perú, el distrito de Mariano Dámaso Beraun se caracteriza ecológicamente en la zona de vida de bosque muy húmedo premontano tropical (bmh-PT), clima (Cálido Húmedo).

En el Distrito de Daniel Alomía Robles, corresponde al “*bosque húmedo tropical (bh-T) y bosque muy húmedo montano bajo tropical (bmh – MBT), clima (Tropical – cálido Húmedo)*”.

4.2. Datos y/o características de los taludes

A continuación, se detalla las descripciones de cada talud en el tramo de Inti Alto y Las Vegas:

Tabla 10. Datos de campo tramo Las Vegas (progresiva 475+375.16 Km)

UTM			Altura del Talud (m)	Distancia punto de muestreo (m)	Ángulo	Vegetación
E	N	Altitud (msnm)				
401710.04	8983415.44	948.51	33.18	11.06	56°	Regular pastal

Según la Tabla N° 12, se puede visualizar la información obtenida en campo, tales como: progresiva 475+375.16Km, coordenada UTM del punto de muestreo, altura del talud de 33.18, ángulo interno de 56° y una vegetación regular.

TRAMO: LAS VEGAS KM: 475+375.16

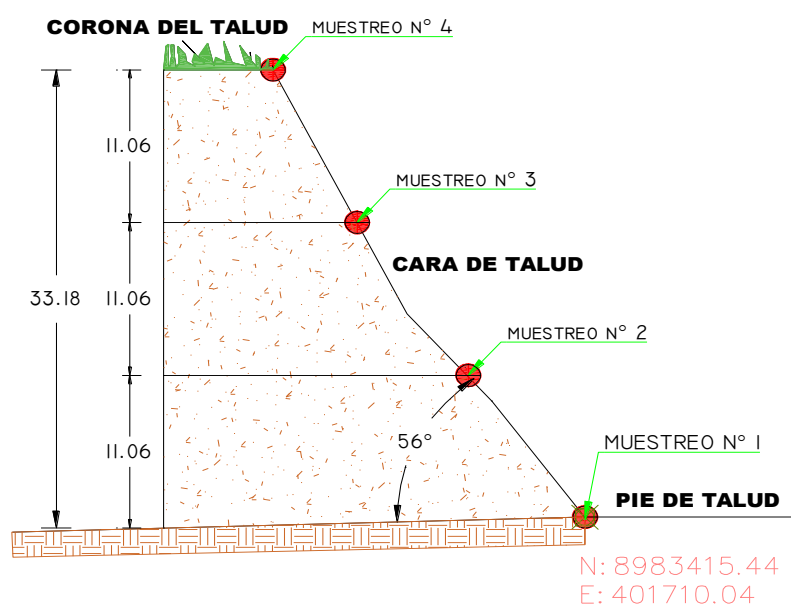


Figura 5. Vista del talud Las Vegas

En la Figura N° 5, se aprecia las dimensiones y características del talud del tramo Las Vegas, el cual consta de 33.8m de altura, luego se observa los 4 puntos de muestreo de suelo y las partes del talud.

Tabla 11. Datos de campo Inti Alto (progresiva 03+781 Km)

UTM			Altura del Talud (m)	Distancia punto de muestreo (m)	Angulo	Vegetación
Este	Norte	Altitud				
384416.11	8971472.45	679.39	14.40	4.80	49°	Densa arbórea

Según la Tabla N° 13, se visualiza la información de campo tales como la: progresiva 03+781Km, coordenada UTM del punto de muestreo, altura del talud de 33.18, ángulo interno de 49° y una vegetación densa arbórea.

TRAMO: INTI ALTO KM: 03+781

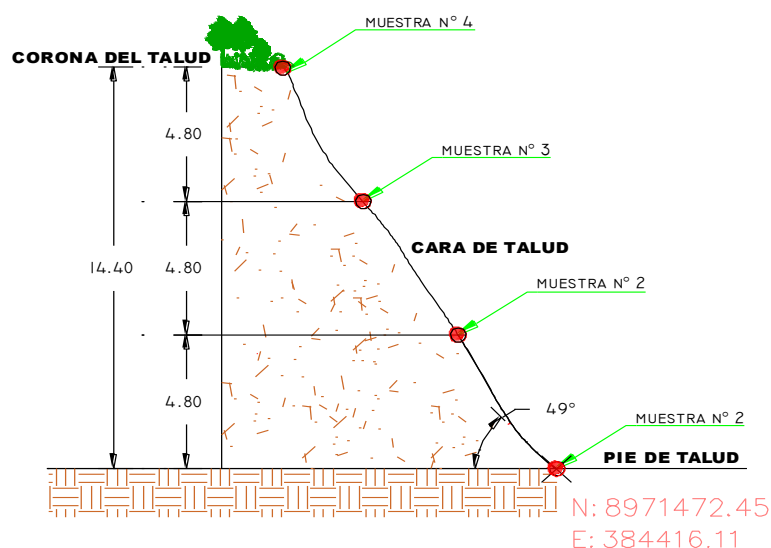


Figura 6. Vista del talud de Inti Alto.

En la Figura N° 6, se aprecia las dimensiones y características del talud del tramo Inti Alto, el cual consta de 14.40m de altura, luego se observa los 4 puntos de muestreo de suelo y las partes del talud.

4.3. Propiedades mecánicas y química del suelo tramo Inti Alto.

4.3.1. Ensayos mecánicos

4.3.1.1. Granulometría por Tamizado ASTM D6913/D6913M-17.

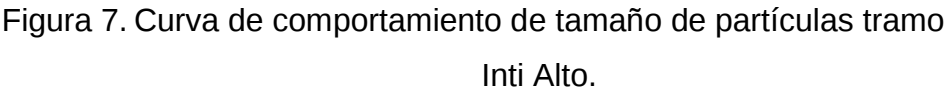
En la Tabla N° 12, se observa los datos de los materiales de agregado grueso, arena y fino retenidos entre las mallas $\frac{3}{4}$ ", $\frac{3}{8}$ ", N° 4, N° 10, N° 20, N° 40, N° 60, N° 100, N° 140 y N° 200.

Tabla 12. Información del ensayo granulométrico tramo Inti Alto.

Tamices		Granulometría por tamizado				
		Fracción		%	%	%
		Gruesa (gr.)	Fina (gr.)	Parcial retenido	Acumulado retenido	Acumulado pasa
Ø	(mm)					
1	25.40	0	0	0	0	100.00
¾"	19.00	14	0	3.11	3.11	96.89
½"	12.50	0.00	0.00	0.00	3.11	96.89
3/8"	9.50	15.81	0.00	3.51	6.62	93.38
N° 4	4.75	33.01	0.00	7.34	13.96	86.04
N° 10	2.00	0.00	21.04	4.68	18.63	81.37
N° 20	0.84	0.00	25.11	5.58	24.21	75.79
N° 40	0.425	0.00	37.24	8.28	32.49	67.51
N° 60	0.250	0.00	19.36	4.30	36.79	63.21
N° 100	0.149	0.00	23.55	5.23	42.03	57.97
N° 140	0.106	0.00	35.15	7.81	49.84	50.16
N° 200	0.075	0.00	1.95	0.43	50.27	49.73
Fondo	-	0.00	223.78	49.73	100.00	0.00

Fuente: Laboratorio SUCONCSAC 2020.

Se puede observar en la Tabla 12; que la fracción gruesa inicia en el tamiz ¾" con un valor de 14 gr. y culmina en el tamiz N° 4 cuyo valor asciende a 33.01 gr. En el caso de retención de fracción fina (arena); inicia en el tamiz N° 10 con un valor de 21.04 gr. hasta el tamiz N° 200 que retiene 1.95 gr., posteriormente la partícula del suelo fino (arcilla y limo) pasa el tamiz N° 200 con 223.78 gr.



- Clasificación por S.U.C.S. “*Sistema Unificado de Clasificación de Suelos*”:
 - Suelo fino que pasa el 49.73% de la malla N° 200.
 - El contenido menor a 15% de grava, corresponde a las arenas y arcillas con la nomenclatura SC (arena arcillosa).
 - La clasificación del suelo corresponde a **ARENA ARCILLOSA (SC)**.

- Clasificación por A.A.S.H.T.O. “*Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transporte*”:
 - El material grava fluctúa en 13.96%, la arena consta de 36.31%, y la fracción fina corresponde a 49.73%.
 - El grupo de clasificación general es A-7-6, y el tipo de material corresponde a **SUELOS ARCILLOSOS**.

4.3.1.2. Contenido de humedad

Tabla 13. Información de humedad del suelo tramo Inti Alto.

Humedad	
Recipiente	F-02
Peso recipiente	330.00
Peso recipiente más agregado húmedo	2646.00
Peso recipiente más agregado seco	2285.00
Peso del agua	361.00
Peso agregado seco	1955.00
Porcentaje de humedad	18.47
Humedad promedio	18.47
Contenido de humedad total (%)	18.47

Fuente: Laboratorio SUCONCSAC 2020.

Según la Tabla N° 13, se observa que 18.47% de humedad del suelo corresponde al tramo Inti Alto.

4.3.1.3. Resultados límite líquido, plástico e índice de plasticidad

Según la Tabla N° 14, se visualiza los datos obtenidos del límite líquido y plástico del tramo Inti Alto.

Tabla 14. Información del promedio de límite líquido y límite plástico tramo Inti Alto.

Descripción	Limite liquido			Limite plástico	
	Inti Alto				
Recipiente	13	14	15	16	17
Peso Recipiente	29.45	30.03	29.46	29.47	29.55
Peso Recipiente más Suelo					
Húmedo	58.36	58.42	57.88	38.65	39.01
Peso Recipiente más Suelo Seco	50.84	49.63	48.57	37.04	37.37
Peso agua (gr)	7.52	8.79	9.31	1.61	1.64
Peso suelo seco (gr)	21.39	19.60	19.11	7.57	7.82
Cantidad de Humedad (%)	35.2	44.8	48.7	21.3	21
N° de Golpes	33	22	18	☐ = 21	

Fuente: Laboratorio SUCONCSAC 2020.

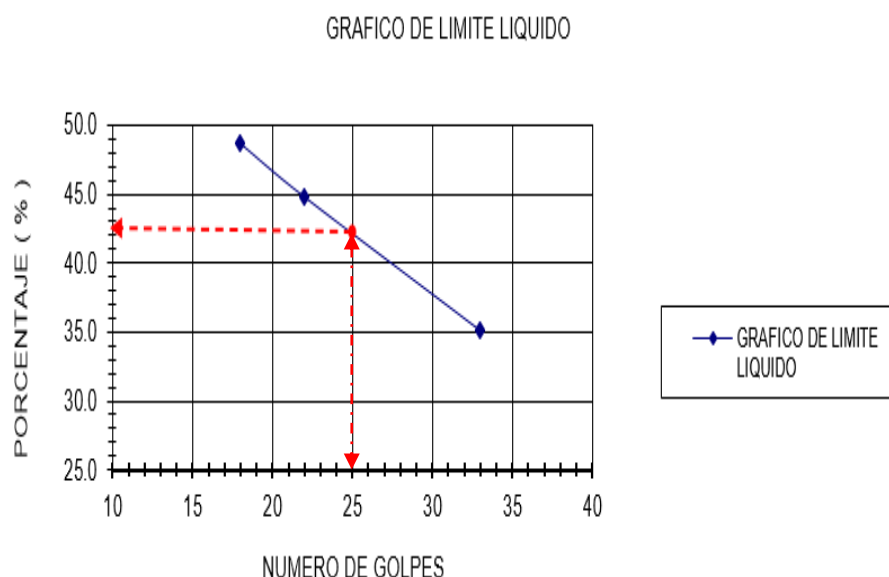


Figura 8. Flujo del límite líquido para el tramo Inti Alto.

Según la Tabla N° 14, se observa que 21% corresponde al “límite plástico”; y la cantidad de humedad para el “límite líquido” en el tercer ensayo equivale a 48.7%; sin embargo, en la Figura N° 8, se aprecia que a 25 número

de golpes según Norma Técnica 330.129, el resultado del límite líquido correspondería a 42%.

Con la información obtenido del límite líquido y plástico, se calculó el “índice de plasticidad (*IP*)”, y cuyo dato obtenido equivale a 26%. De acuerdo a la Tabla N° 2, un suelo con potencial expansivo medio; es cuando el índice de plasticidad equivale entre 12 a 34% de humedad, este resultado se puede corroborar que el 26% se ubica en el rango.

Además, la clasificación del suelo según SUCS corresponde a arena arcillosa, sin embargo, AASHTO lo clasifica como suelo arcilloso; y con estos resultados el índice de grupo equivale a 11%.

4.3.1.4. Granulometría por sedimentación

Tabla 15. Información de la granulometría por sedimentación tramo Inti Alto.

Tiempo (min)	°C	Ct	R	L (cm)	L/tiempo	Constante K	P (%)	Diámetro (mm)
1	26.00	1.65	25.50	12.20	13.20	0.013100	45.70	0.0458
2	25.70	1.60	19.50	13.20	15.20	0.013200	33.80	0.0339
5	25.60	1.60	15.50	13.80	18.80	0.013200	25.80	0.0219
10	25.60	1.60	13.50	14.20	24.20	0.013200	21.80	0.0157
15	25.10	1.30	11.50	14.50	29.50	0.013600	18.40	0.0134
30	25.00	1.300	11.50	14.50	44.50	0.013300	18.40	0.0092
60	24.40	1.200	10.50	14.70	74.70	0.013400	16.60	0.0066
240	23.00	0.700	10.50	14.70	254.70	0.013600	17.60	0.0034
1440	22.00	0.40	8.50	15.00	1455.00	0.013700	14.20	0.0014

Fuente: Laboratorio SUCONCSAC 2020.

Según Braja (2014), indica que los diámetros equivalentes para el material fino constan de la siguiente manera: <0.002mm corresponde a la arcilla, 0.002 a 0.05mm limo, y >0.05 arenas. En la Tabla N° 15, se visualiza los datos del porcentaje del material fino con su respectivo diámetro, la arcilla

consta de 14.20% a un diámetro de 0.0014mm, mientras los limos poseen 198.10% de finos a un diámetro de 0.1499mm.

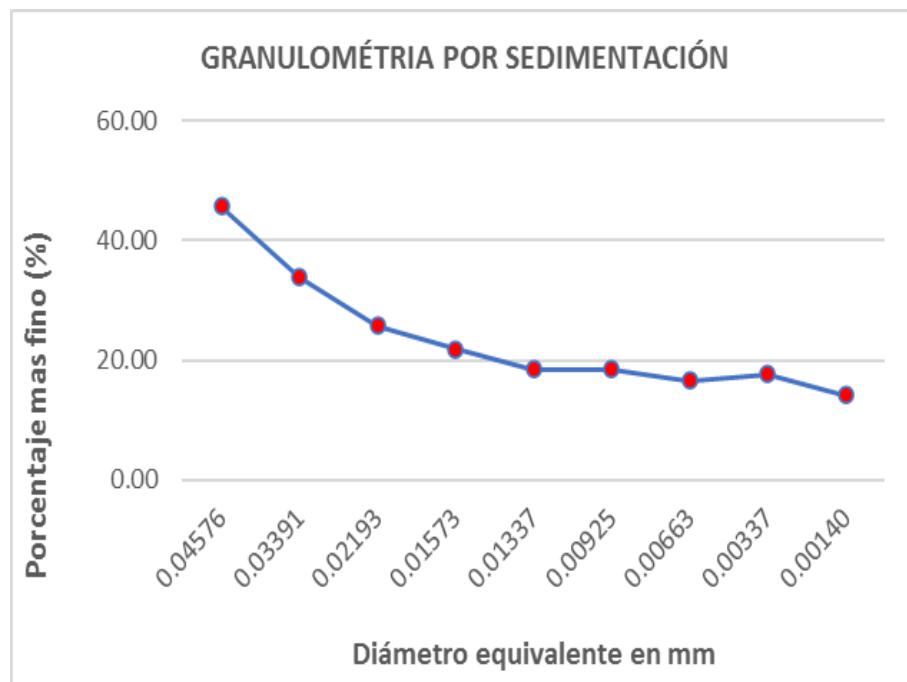


Figura 9. Comportamiento de distribución de tamaño de partícula tramo Inti Alto.

Según la Figura N° 9, se observa que el limo posee un diámetro de 0.1499mm y la arcilla equivale a 0.0014mm; estos resultados indican que la muestra se esparce en el agua, y las partículas del limo se sedimentarán rápidamente en un periodo de tiempo de 1 minuto hasta los 240 minutos, mientras la arcilla se sedimenta lentamente a partir de los 1440 minutos (ver Tabla N° 15); esto quiere decir que la sedimentación del material fino esté en función a su forma, dimensión y peso (Braja, 2014).

4.3.1.5. Compactación por el ensayo de proctor modificado

Tabla 16. Información de compactación por proctor modificado tramo Inti Alto.

Descripción		1	2	3	4
Peso del suelo más peso molde	Gr	10,330	10,730	10,923	10,720
Peso suelo húmedo compactado	Gr	3,526	3,926	4,119	3,916
Peso volumen húmedo	Gr	1.697	1.890	1.983	1.885
Recipiente	Gr	P-01	P-02	P-03	P-04
Peso del recipiente	Gr	137.4	136.0	199.3	132.2
Peso suelo Húmedo más tara	Gr	846.5	874.9	882.4	863.5
Peso suelo seco más tara	Gr	781.5	791.2	787.1	744.5
Peso del agua	Gr	65.0	83.7	95.3	119.0
Peso del Suelo Seco	Gr	644	655	588	612
Contenido de agua	%	10.1	12.8	16.2	19.4
Densidad seca	gr/cm ³	1.542	1.676	1.706	1.578
Densidad Máxima Seca: 1.715		Contenido de humedad optima:			
gr/cm ³		15.2%			

Fuente: Laboratorio SUCONCSAC 2020.

Según la Tabla N° 16, se visualiza los datos del ensayo de compactación del suelo; donde la densidad seca equivale entre 1.542 gr/cm³ a 1.706 gr/cm³. Sin embargo, el resultado general determina que la densidad máxima seca asciende a 1.715 gr/cm³, las mismas que se puede determinar que estos resultados nos proporcionan el OCH “*óptimo contenido de humedad*” del suelo, las cuales alcanzan su máxima compacidad.

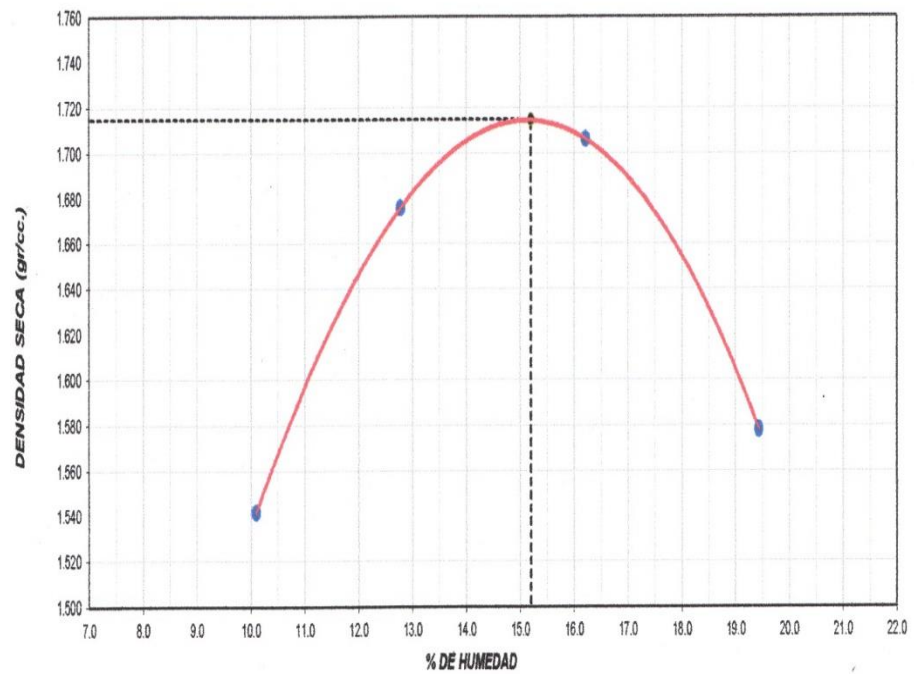


Figura 10. Óptimo contenido de humedad en el tramo Inti Alto.

Según la Figura N° 10, muestra el comportamiento del OCH “*óptimo contenido de humedad*” del suelo, y conforme a la Tabla N° 5, el resultado de 15.2% de OCH es clasificado como Arcilla.

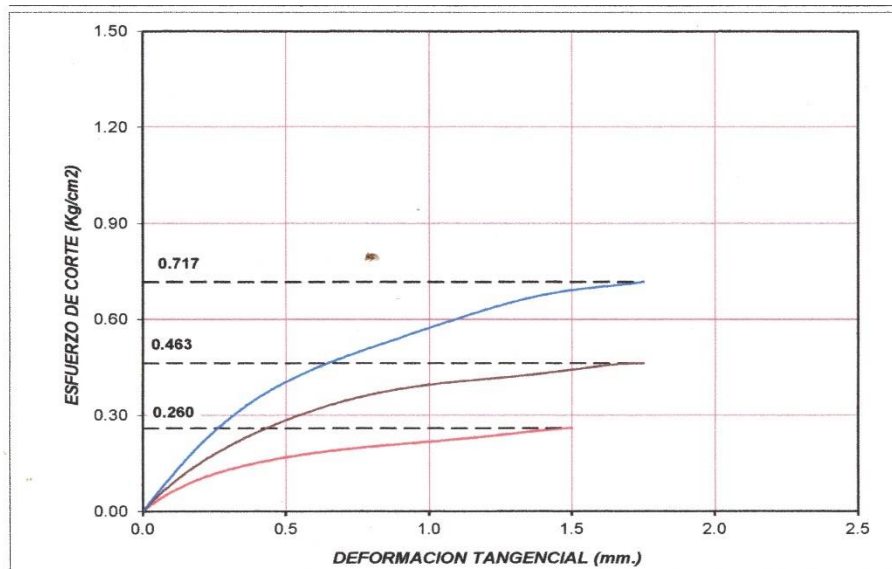
4.3.1.6. Corte directo

Tabla 17. Información del esfuerzo normal al 0.5, 1 y 2 kg/cm² Inti Alto.

Tiempo (min.)	Esfuerzo normal (0.5)			Esfuerzo normal (1)			Esfuerzo normal (2)		
	Deformación tangencial (mm)	Fuerza (Kg)	Esfuerzo de corte (Kg/cm ²)	Deformación tangencial (mm)	Fuerza (Kg)	Esfuerzo de corte (Kg/cm ²)	Deformación tangencial (mm)	Fuerza (Kg)	Esfuerzo corte (Kg/cm ²)
0	0	-	0	0	-	0	0	-	0
0.5	0.25	3.329	0.118	0.25	5.079	0.180	0.25	7.068	0.250
1.0	0.50	4.770	0.169	0.50	8.047	0.285	0.50	11.512	0.407
1.5	0.75	5.592	0.198	0.75	10.060	0.356	0.75	13.937	0.493
2.0	1.00	6.141	0.217	1.00	11.154	0.395	1.00	16.324	0.577
2.5	1.25	6.736	0.238	1.25	11.817	0.418	1.25	18.114	0.641
3.0	1.50	7.342	0.260	1.50	12.510	0.443	1.50	19.550	0.692
3.5	-	-	-	1.75	13.085	0.463	1.75	20.268	0.717

Fuente: Laboratorio SUCONCSAC 2020.

En la Tabla N° 17, se aprecia los datos del esfuerzo normal de 0.5, 1 y 2 kg/cm² para la muestra de la resistencia del suelo sometida al esfuerzo que ocurrirán en el terreno por estar sometido a cargas, el cual va ascendiendo en el tiempo, siendo el esfuerzo de corte de 0.260 a 0.717 kg/cm² en lapso de 3.5 minutos.



RESULTADOS DE ENSAYOS			
COHESIÓN (Kg/cm ²)	0.120	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	24.0

Figura 11. Esfuerzo de corte vs deformación tangencial Inti Alto.

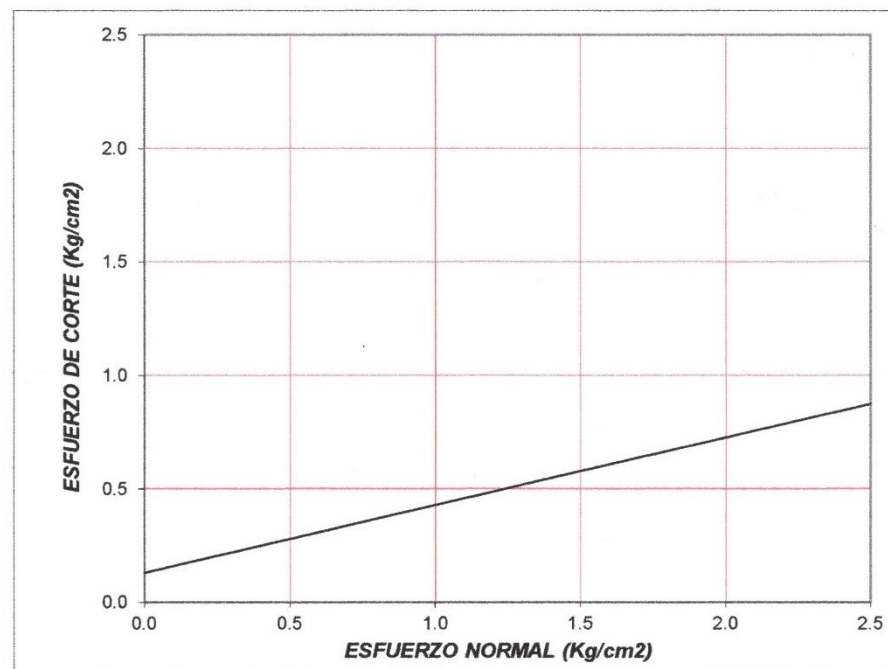


Figura 12. Esfuerzo de corte vs esfuerzo normal Inti Alto.

En la Figura N° 11 y 12, nos muestra el resultado del ensayo de la cohesión asciende 0.120 Kg/cm^2 , y el ángulo de fricción consta de 24° .

4.3.2. Análisis químico tramo Inti Alto

Para el análisis mineralógico, el laboratorio BIZALab, determinó el tipo de arcillas con el equipo de difracción de rayos X, los cuales se describe de la siguiente manera:

Tabla 18. Información del tipo y cantidad de arcilla tramo Inti Alto

Mineral	Fórmula	Dato (%)
<i>Cuarzo</i>	SiO_2	47
<i>Caolinita</i>	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	43
<i>Mica (Muscovita)</i>	$\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al}) \text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$	9
<i>Rutilo</i>	TiO_2	< L.D.

Fuente: Laboratorio BIZALab, 2020.

Respecto al tipo y cantidad de arcillas en el suelo del talud de Inti Alto, en la Tabla N° 18, se observa un 47% de cuarzo, 43% de caolinita y 9% de muscovita.

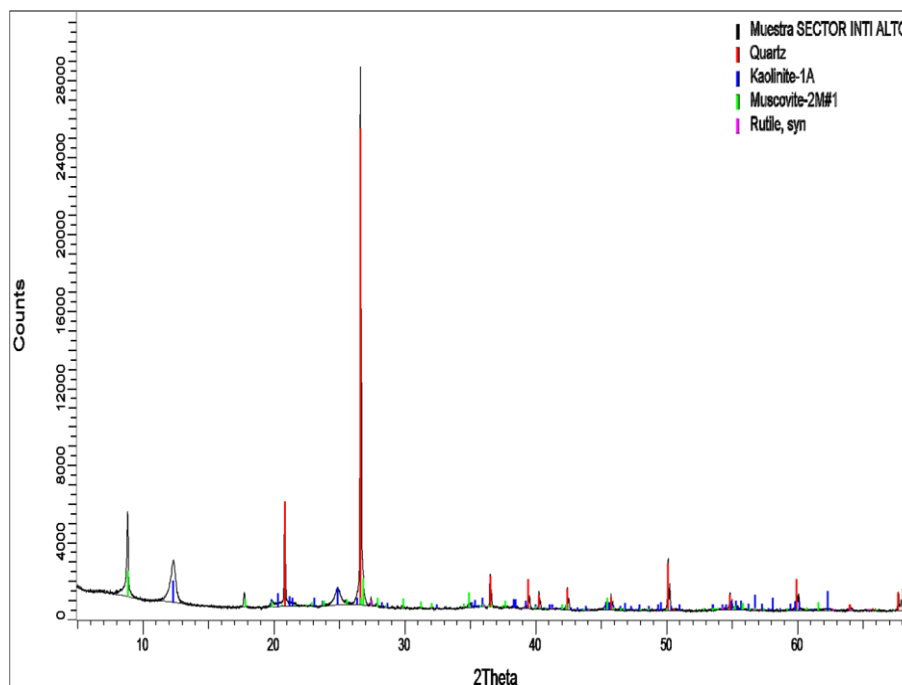


Figura 13. Difractograma de minerales identificados en Inti Alto.

En la Figura N° 13, se visualiza la cantidad de cada mineral por colores, los cuales se describe que la línea roja indica la predominancia de cuarzo a comparación de la caolinita.

4.4. Propiedades mecánicas y química del suelo tramo Las Vegas.

4.4.1. Ensayos mecánicos

4.4.1.1. Granulometría por Tamizado ASTM D6913/D6913M-17.

En la Tabla N° 19, se observa los datos de los materiales de agregado grueso, arena y fino retenidos entre las mallas $\frac{3}{4}$ ", $\frac{3}{8}$ ", N° 4, N° 10, N° 20, N° 40, N° 60, N° 100, N° 140 y N° 200.

Tabla 19. Información del ensayo granulométrico tramo Las Vegas.

Granulometría por tamizado						
Tamices		Fracción		%	%	%
		Gruesa	Fina	Parcial	Acumulad	Acumulado
		(gr.)	(gr.)	retenido	o retenido	pasa
Ø	(mm)					
1"	25.400	0	0	0	0	100
$\frac{3}{4}$ "	19.000	0	0	0	0	100
$\frac{1}{2}$ "	12.500	0	0	0	0	100
$\frac{3}{8}$ "	9.500	23.43	0	4.59	4.59	95.41
N° 4	4.750	12.90	0	2.52	7.11	92.89
N° 10	2.000	0.00	12.12	2.37	9.48	90.52
N° 20	0.840	0.00	12.99	2.54	12.02	87.98
N° 40	0.425	0.00	54.89	10.74	22.77	77.23
N° 60	0.250	0.00	49.69	9.72	32.49	67.51
N° 100	0.149	0.00	36.59	7.16	39.65	60.355
N° 140	0.106	0.00	24.74	4.84	44.49	55.51
N° 200	0.075	0.00	0.54	0.11	44.60	55.40
Fondo	-	0.00	283.11	55.40	100.00	0.00

Fuente: Laboratorio SUCONCSAC, 2020.

Se puede observar en la Tabla N° 19; que la fracción gruesa inicia en el tamiz $\frac{3}{8}$ " con un valor de 23.43 gr. y culmina en el tamiz N° 4 cuyo valor asciende a 12.90 gr. En el caso de retención de fracción fina (arena); inicia en

el tamiz N° 10 con un valor de 12.12 gr. hasta el tamiz N° 200 que retiene 0.54 gr., posteriormente la partícula del suelo fino (arcilla y limo) pasa el tamiz N° 200 con 283.11 gr.

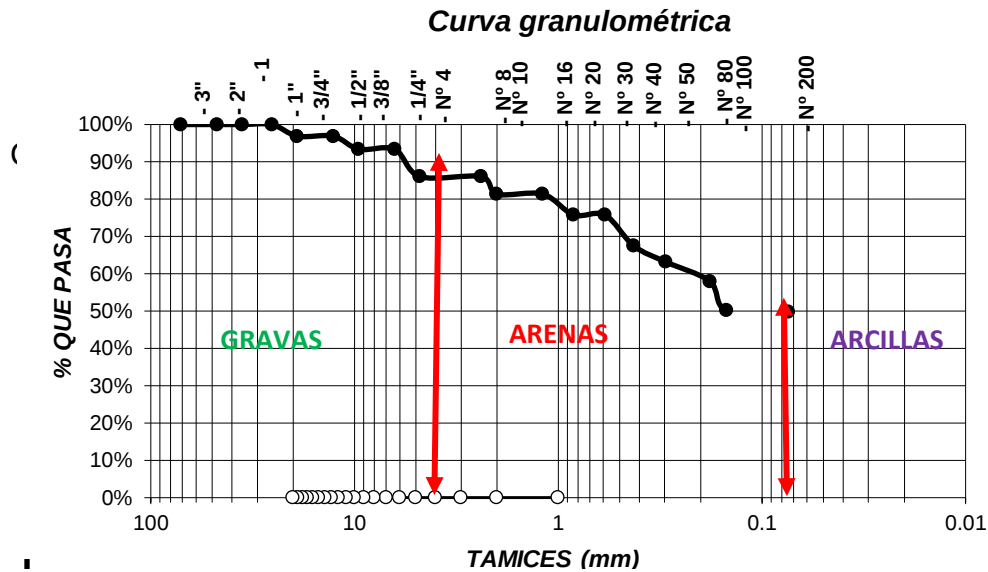


Figura 14. Curva de comportamiento de tamaño de partícula tramo Las Vegas.

Análisis de datos:

1. Según la curva de distribución granulométrica de la Figura N° 14 obtenida, se puede observar que en la muestra de las partículas no se encuentran adecuadamente distribuidos, cuyo resultado se considera como **Arcilla Arenosa**.
2. Para los suelos en los cuales, más del 10.0 al 12.0% del material pasa la malla 200 (Braja, 2014), y es fundamental realizar el análisis de sedimentación (hidrómetro). En el caso del presente estudio, **es necesario el análisis por hidrómetro**, ya que el porcentaje del total pasante por el tamiz 200 es de 55.40%
3. El material del suelo, no presenta “*coeficiente de uniformidad (C_u) ni coeficiente de curvatura (C_c)*”, debido al diámetro **efectivo D_{10} que es equivalente a 0.00mm**.

El ensayo del granulométrico demuestra que el suelo presenta la siguiente clasificación:

1. Clasificación por S.U.C.S. “*Sistema Unificado de Clasificación de Suelos*”:
 - Suelo fino que pasa el 55.40% de la malla N° 200.
 - La clasificación del suelo corresponde a una **ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL)**.

2. Clasificación por A.A.S.H.T.O. “*Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transporte*”:
 - El material grava fluctúa en 7.11%, la arena consta de 37.49%, y la fracción fina corresponde a 55.40%.
 - El grupo de clasificación general es A-7-6, y el tipo de material corresponde a **SUELOS ARCILLOSOS**.

4.4.1.2. Contenido de humedad.

Tabla 20. Información de humedad del suelo tramo Las Vegas

Humedad	
Recipiente	F-04
Peso recipiente	328.00
Peso recipiente más agregado húmedo	2469.00
Peso recipiente más agregado seco	2104.00
Peso del agua	365.00
Peso agregado seco	1776.00
Porcentaje de humedad	20.55
Humedad promedio	20.55
Contenido de humedad total (%)	20.55

Fuente: Laboratorio SUCONCSAC, 2020.

Según la Tabla N° 20, se observa que 20.55% de humedad del suelo corresponde al tramo Las Vegas.

4.4.1.3. Resultados límite líquido, plástico e índice de plasticidad

Según la Tabla N° 21, se visualiza los datos obtenidos del límite líquido y plástico del tramo Las Vegas.

Tabla 21. Información del límite líquido y límite plástico tramo Las Vegas.

Descripción	Limite liquido			Limite plástico	
	Las Vegas				
Recipiente	7	8	9	10	11
Peso recipiente	29.63	30.17	30.03	29.88	29.60
Peso recipiente más suelo húmedo	58.06	57.82	57.97	58.46	57.98
Peso recipiente más suelo seco	50.20	49.10	48.62	53.68	53.22
Peso agua (gr)	7.86	8.72	9.30	4.78	4.76
Peso suelo seco (gr)	20.57	18.93	18.59	23.80	23.62
Cantidad de humedad (%)	38.2	46.10	50.00	20.10	20.2
N° de Golpes	34	24	19	□ = 20.10	

Fuente: Laboratorio SUCONCSAC, 2020.

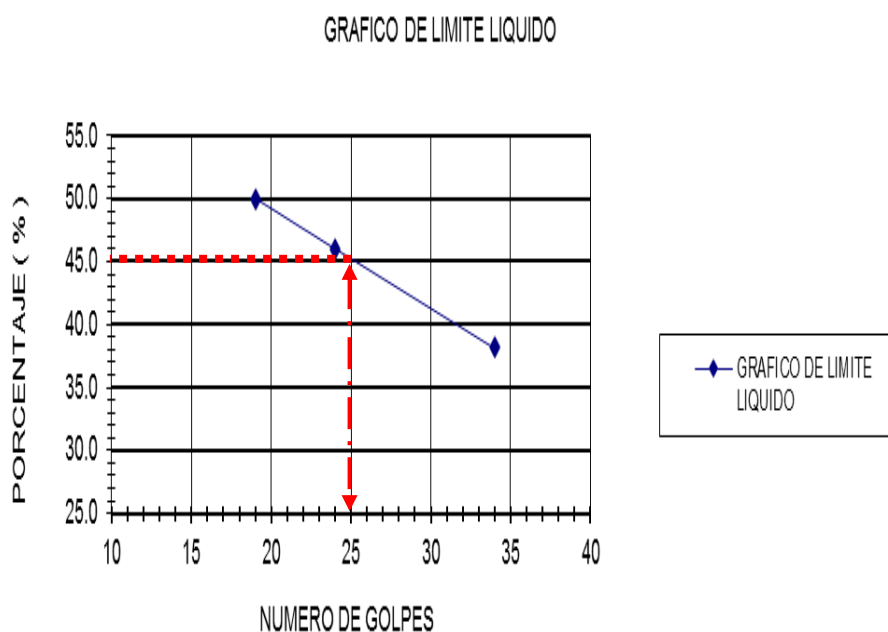


Figura 15. Flujo del límite líquido para el tramo Vegas

La Tabla N° 21, muestra que el 46% corresponde al “límite plástico”, y la cantidad de humedad para el “límite líquido” en el tercer ensayo equivale a 20%; sin embargo, en la Figura N° 15, se aprecia que a 25 número con un 25 número de golpes según Norma Técnica 330.129, el resultado del “límite líquido” corresponde a 45%.

A su vez, la clasificación del suelo según SUCS corresponde a arcilla arenosa, mientras para AASHTO son suelos arcillosos con un índice de grupo 15%.

4.4.1.4. Granulometría por sedimentación

Tabla 22. Información del análisis granulometría por sedimentación tramo Las vegas.

Tiempo (min)	°C	Ct	R	L (cm)	L/tiempo	Constante K	P (%)	Diámetro (mm)
1	26.10	1.70	26.50	12.00	13.00	0.013100	47.60	0.0454
2	26.00	1.65	21.50	12.90	14.90	0.013100	37.70	0.0333
5	25.00	1.30	19.50	13.20	18.20	0.013300	34.40	0.0216
10	25.50	1.45	17.50	13.50	23.50	0.013200	30.10	0.0153
15	25.40	1.54	15.50	13.80	28.80	0.013200	25.92	0.0127
30	25.00	1.300	14.50	14.00	44.00	0.013300	24.40	0.0091
60	24.50	1.150	13.50	14.20	74.20	0.013400	22.70	0.0065
240	23.00	0.700	12.50	14.30	254.30	0.013800	21.60	0.0034
1440	21.90	0.30	10.50	14.70	1454.70	0.013700	18.40	0.0014

Fuente: Laboratorio SUCONCSAC, 2020.

Según Braja (2014), indica que los diámetros equivalentes para el material fino constan de la siguiente manera: <0.002mm corresponde a la arcilla, 0.002 a 0.05mm limo, y >0.05 arenas. Se observa en la Tabla N° 22, los resultados del porcentaje del material fino con su respectivo diámetro, la arcilla consta de 18.40% a un diámetro de 0.147mm, mientras los limos poseen 244.42% de finos a un diámetro de 0.00138mm.

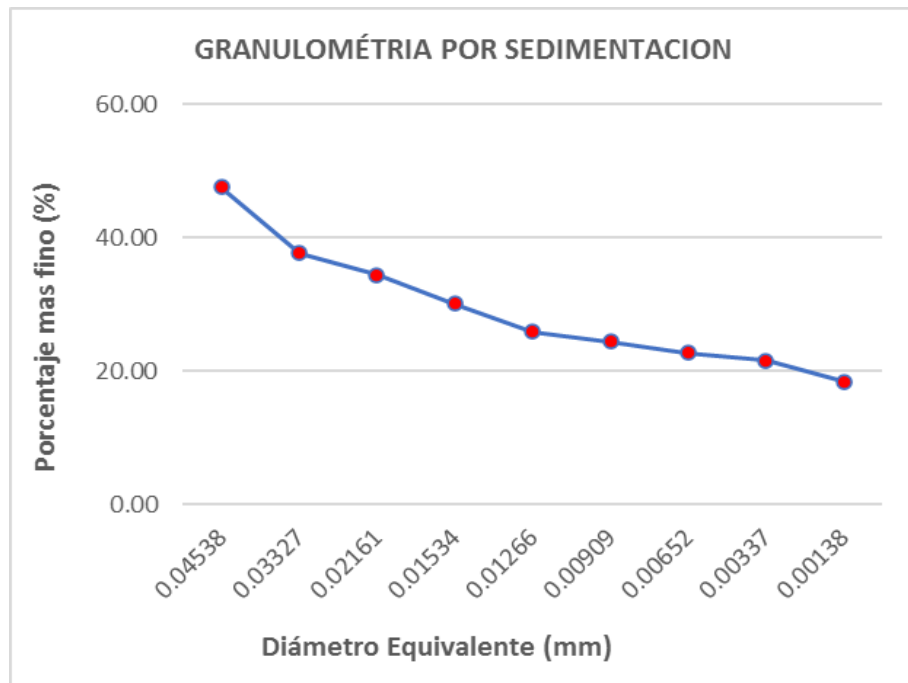


Figura 16. Comportamiento de distribución de tamaño de partícula tramo Las Vegas.

Según la Figura N° 16, se observa que el limo posee un diámetro de 0.147mm y la arcilla equivale a 0.0013mm; estos resultados indican que la muestra se esparce en el agua, y las partículas del limo se sedimentarán rápidamente en un periodo de tiempo de 1 minuto hasta los 240 minutos, mientras la arcilla se sedimenta lentamente a partir de los 1440 minutos (ver Tabla N° 22); esto quiere decir que la sedimentación de las partículas del suelo está en función a su forma, tamaño y peso (Braja, 2014).

4.4.1.5. Compactación por el ensayo de proctor modificado

Tabla 23. Información de compactación por proctor modificado tramo Las Vegas.

Descripción		1	2	3	4
Peso suelo más molde	Gr	10.312	10,690	10,883	10,693
Peso suelo húmedo compactado	Gr	3,508	3,886	4,079	3,889
Peso volumen húmedo	Gr	1.689	1.871	1.964	1.872
Recipiente	Gr	P-05	P-06	P-07	P-08
Peso de recipiente	Gr	168.3	143.2	135.1	137.3
Peso suelo húmedo más tara	Gr	826.8	815.4	873.6	851.6
Peso suelo seco más tara	Gr	762.6	735.6	765.8	732.3
Peso del agua	Gr	64.2	79.8	107.8	119.3
Peso del suelo seco	Gr	59.4	592	631	595
Contenido de agua	%	10.8	13.5	17.1	20.1
Densidad seca	gr/cc	1.524	1.649	1.677	1.559

Fuente: Laboratorio SUCONCSAC, 2020.

Según la Tabla N° 23, se visualiza los datos del ensayo de compactación del suelo; donde la densidad seca equivale entre 1.524 gr/cm³ a 1.559 gr/cm³. Sin embargo, el resultado general determina que la densidad máxima seca asciende a 1.687 gr/cm³, las mismas que se puede determinar que estos resultados nos proporcionan el óptimo contenido de humedad del suelo, las cuales alcanzan su máxima compacidad.

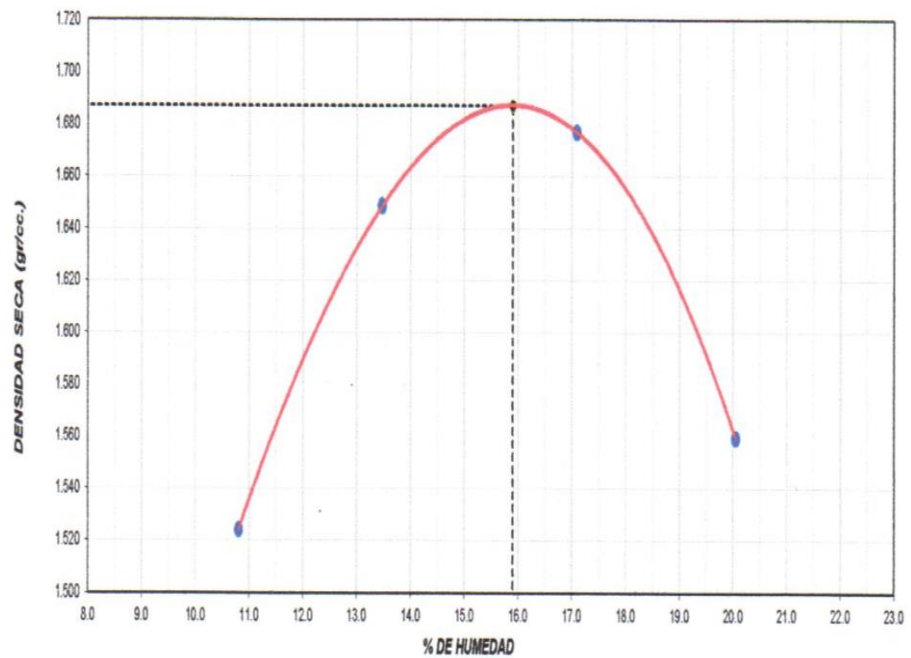


Figura 17. Óptimo contenido de humedad en el tramo Las Vegas.

Según la Figura N° 17, se muestra el comportamiento del OCH “*óptimo contenido de humedad*” del suelo, y conforme a la Tabla N° 5, el resultado de 15.9% OCH es clasificado como arcilla.

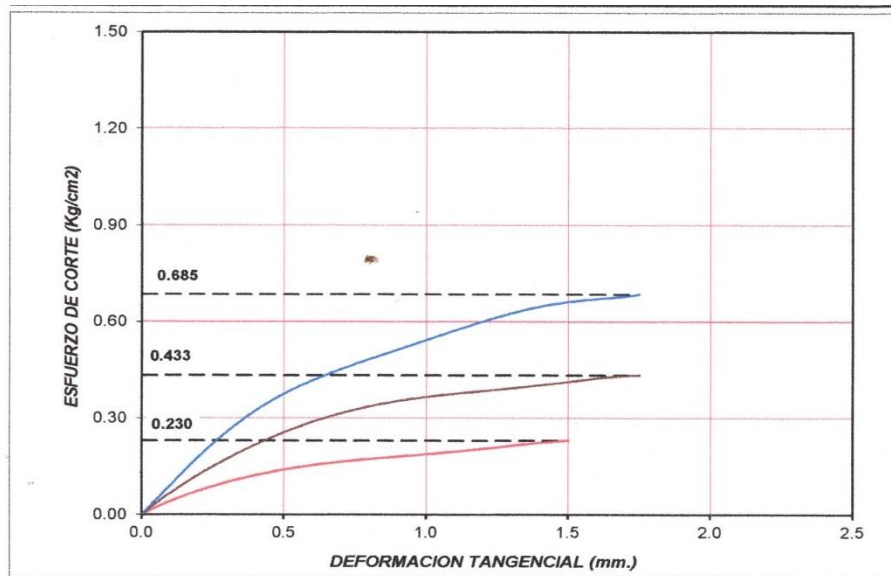
4.4.1.6. Corte directo

Tabla 24. Información del esfuerzo normal al 0.5, 1 y 2kg/cm².

Tiempo (min.)	Esfuerzo normal (0.5)			Esfuerzo normal (1)			Esfuerzo normal (2)		
	Deformación tangencial (mm)	Fuerza (Kg)	Esfuerzo de corte (Kg/cm ²)	Deformación tangencial (mm)	Fuerza (Kg)	Esfuerzo de corte (Kg/cm ²)	Deformación tangencial (mm)	Fuerza (Kg)	Esfuerzo de corte (Kg/cm ²)
0	0	-	0	0	-	0	-	0.00	-
0.5	0.25	2.499	0.088	0.25	4.246	0.150	22.6	0.25	6.215
1.0	0.50	3.946	0.140	0.50	7.216	0.255	38.8	0.50	10.681
1.5	0.75	4.765	0.169	0.75	9.224	0.326	47.6	0.75	13.101
2.0	1.00	5.305	0.188	1.00	10.324	0.365	56.3	1.00	15.472
2.5	1.25	5.911	0.209	1.25	10.978	0.388	62.8	1.25	17.270
3.0	1.50	6.507	0.230	1.50	11.677	0.413	68.0	1.50	18.706
3.5	-	-	-	1.75	12.249	0.433	70.4	1.75	19.360

Fuente: Laboratorio SUCONCSAC, 2020.

En la Tabla N° 24, se aprecia los datos del esfuerzo normal de 0.5, 1 y 2 kg/cm² para muestra de la resistencia del suelo sometida al esfuerzo que ocurrirán en el terreno por estar sometido a cargas, el cual va ascendiendo en el tiempo, siendo el esfuerzo de corte de 0.230 a 19.36 kg/cm² en lapso de 3.5 minutos.



RESULTADOS DE ENSAYOS			
COHESIÓN (Kg/cm2)	0.126	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	22.3

Figura 18. Esfuerzo de corte vs deformación tangencial Las Vegas.

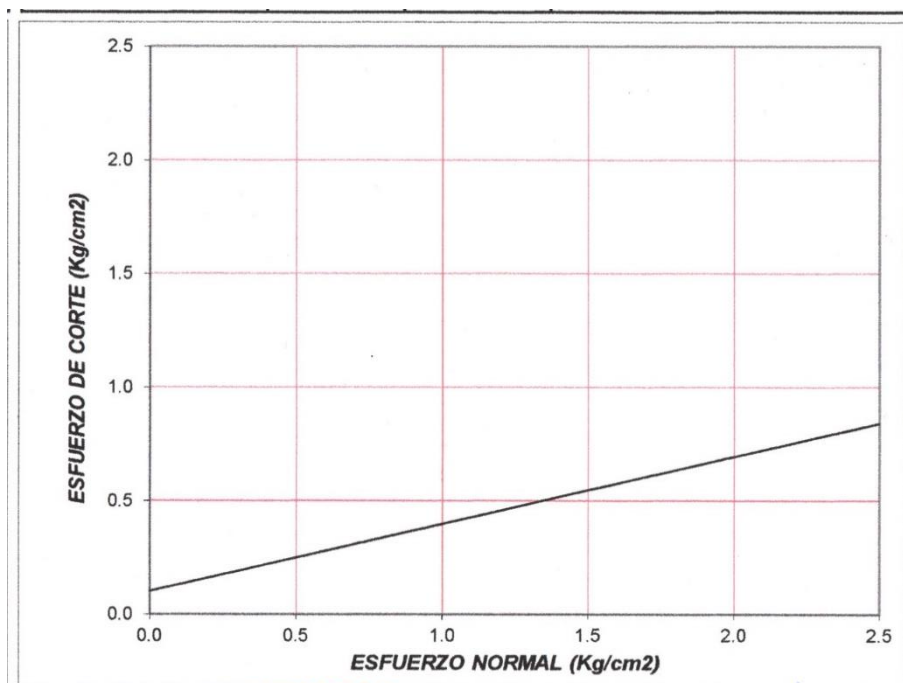


Figura 19. Esfuerzo de corte vs esfuerzo normal Las Vegas.

En la Figura N° 18 y 19, nos muestra el resultado del ensayo de la cohesión asciende 0.126 kg/cm², y el ángulo de fricción consta de 22.3°.

4.4.2. Análisis químico tramo Las Vegas

Para el análisis mineralógico, el laboratorio BIZALab, determinó el tipo de arcillas con el equipo de difracción de rayos X, los cuales se describe de la siguiente manera:

Tabla 25. Información del tipo y cantidad de arcilla tramo Las Vegas

Mineral	Fórmula	Dato (%)
<i>Cuarzo</i>	SiO ₂	69
<i>Caolinita</i>	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	24
<i>Mica (Muscovita)</i>	KAl ₂ (Si ₃ Al) O ₁₀ (OH) ₂	6
<i>Rutilo</i>	TiO ₂	< L.D.

Fuente: Laboratorio BIZALab 2020.

Respecto al tipo y cantidad de arcillas en el suelo del talud del tramo Las Vegas, en la Tabla N° 25, se observa un 69% de cuarzo, 24% de caolinita y 6% de muscovita.

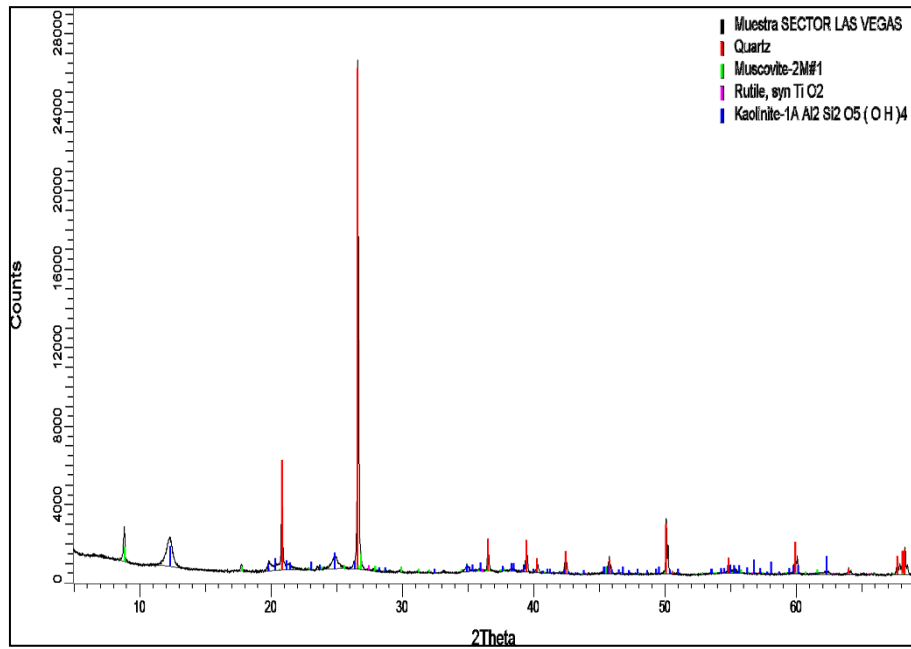


Figura 20. Difractograma de minerales identificados en Las Vegas

En la Figura N° 20, se visualiza la cantidad de cada mineral por colores, los cuales se describe que la línea roja indica la predominancia de cuarzo a comparación de la caolinita.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

En el presente capítulo, se realizó la confrontación de resultados obtenidos en el proceso de la investigación, lo que permitió verificar si el tipo de arcilla en el suelo influye en las propiedades mecánicas y química de la estabilidad del talud en los tramos de Inti Alto y Las Vegas.

5.1. Contrastación de datos para el trabajo de investigación

5.1.1. Respecto al objetivo general

Analizar la *“Influencia de la arcilla en las propiedades mecánicas y química en la estabilidad del talud”* del tramo de Inti Alto y Las Vegas, Provincia de Leoncio Prado, 2020.

De acuerdo al proceso de la investigación, el resultado general indica que: las arcillas caolinitas predominan en el talud del tramo Inti Alto con un 43%, sin embargo, en Las Vegas se obtuvo un valor de 24%, esta diferencia se debe a la predominancia de agregados finos; y a la humedad óptima del material que varía entre 15.2% a 15.9% con una discrepancia significativa; debido a que la caolinita influye en las *“características físicas y propiedades mecánicas del suelo”*, así como también, las partículas de las arcillas está sometido a esfuerzo y/o deformaciones producto a cargas. Es así que desde el punto de vista de Kampf y Curi (2003), nos afirman que la predominancia de la arcilla caolinita en el suelo mejora las *“propiedades físicas y mecánicas”*; debido a las partículas de la arcilla que se adhieren en las gravas y arenas. Por lo tanto, la arcilla caolinita influye en la estabilidad del talud del tramo de Inti Alto a diferencia del tramo Las Vegas.

5.1.2. Con respecto a los objetivos específicos

El tipo de suelo para el tramo Las Vegas es Arcilloso de baja plasticidad (CL); poca presencia de grava (7.11%); arena (37.49%), y gran porcentaje de finos (55.40%), mientras en el tramo Inti Alto predominan el tipo de Arena Arcillosa (SC); debido a la presencia de grava (13.96%), arena (36.31%) y finos (49.73%); el cual, hace que haya un equilibrio de adherencia de las partículas de las arcillas en el material. El resultado obtenido es corroborado por Toro (2014), quien manifiesta que los suelos de tipo CL (arcilloso) son inestables por contener alto porcentaje de material fino.

El suelo en estado natural se encuentra sometidos a cargas (*ángulo de fricción y cohesión*); motivo por el cual, se realizó el corte directo de la muestra en ambos tramos; donde 22.3° de ángulo de fricción y 0.126 kg/cm² de cohesión corresponde al tramo Las Vegas; mientras en el tramo Inti Alto varía a 24° y 0.120 kg/cm². Este resultado al ser comparado con lo manifestado por Toro (2014), que un talud es inestable cuando presenta un ángulo de 12.71° y la cohesión de 27.46 kPa, así como también la distancia de la altura y la inclinación del talud sea otro de los factores de inestabilidad. En la presente investigación, el tramo inestable correspondería a Las Vegas, debido a la inclinación del talud de 56° y posee una altura de 33.18m desde el pie de talud hasta la corona del talud, a diferencia del tramo Inti Alto de 49° de inclinación y 14.40m en altura.

Se determinó la predominancia de tipo y cantidad en cuarzo, observándose este resultado en el tramo Las Vegas, ubicándose a un calificativo de nivel alto según Kampf y Curi (2003), la cual, es corroborado por Martínez (2018), quien manifiesta que a mayor predominancia de la arcilla de tipo montmorillonita y cuarzo en el suelo esta es cada vez más inestable, la cual genera deslizamientos o movimiento de tierras con mayor frecuencia, este es el caso del tramo Las Vegas, debido que dicho suelo posee 69% de cuarzo (nivel alto), y bajo contenido de caolinita a 24%, a diferencia del tramo Inti Alto con un nivel medio en cuarzo y mayor contenido en arcilla caolinita (43%); el cual, demuestra que el talud de Inti Alto es más estable.

Ante la afirmación de la hipótesis “Las propiedades mecánicas y química del tipo y cantidad de arcilla influyen en la estabilidad del talud del tramo Inti Alto y Las Vegas, Provincia de Leoncio Prado – Huánuco, 2020“, se ha podido corroborar que los datos obtenidos en la Tabla N° 16 y 23 demuestran que las arcillas caolinitas confieren mayor estabilidad física (menor plasticidad y retención de agua, y menor erodabilidad en el suelo) y posee en soporte mecánico, por el hecho que no presenta capacidad de expansión y de contracción, tal como menciona Londoño y Ardilla (2016). Motivo por el cual, se puede afirmar que el talud del tramo Inti Alto confiere mayor estabilidad física y mecánica por el alto contenido de caolinita de 43% (nivel medio) a diferencia del tramo Las Vegas con un nivel bajo de 24%, por lo expuesto, se contrasta la hipótesis planteada en la presente investigación.

CONCLUSIONES

Al terminar el estudio de investigación se concluye de la siguiente manera:

1. Según SUCS la clasificación de los suelos para el tramo de Inti Alto corresponde a Arena Arcillosa (49.73% de fino y 50.27% entre grava y arena), mientras en Las Vegas la muestra representa a Arcilla Arenosa (55.40% de fino y 44.6% de arena con poca grava).
2. El suelo con mayor predominancia de plasticidad (mayor contenido de humedad) es para el tramo Las Vegas con 26% a 21% en Inti Alto. La granulometría determinada por sedimentación, en el tramo Las Vegas resulta ser limos y arcillas, cuyos rangos varía de 0.147% a 0.149% y 0.00138% a 0.0014%.
3. La mayor predominancia de caolinita se encuentra en el tramo de Inti Alto con 43% en un nivel medio, y 24% para el tramo de Las Vegas, el cual se encuentra en un nivel bajo. Además, la predominancia de la arcilla caolinita en un suelo presenta una influencia positiva respecto a la estabilidad de un talud, debido a su baja plasticidad y capacidad de retención de agua, tal como se ha demostrado en el tramo de Inti Alto.

RECOMENDACIONES

- A la escuela profesional de Ingeniería de la Universidad de Huánuco, se sugiere añadir al plan curricular el tema de mineralogía de suelos; de ese modo los estudiantes podrán conocer el comportamiento de las arcillas en el suelo cohesivo.
- Se sugiere realizar el estudio de sondeo estratigráfico, así como también los análisis físicos del suelo; si se desea obtener información precisa respecto a la influencia de las arcillas en la estabilidad del talud.
- Se debe considerar estudios mineralógicos en el muestreo de suelos para todo tipo de construcciones en la ingeniería.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIBROS

- Ayala, J. y Andreu, F. J. (2006). *Manual de taludes*. Madrid, España: Serie: Geotécnia.
- Baltodano. R. (2013). *Mecánica de Suelos II*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. San Pedro: Costa Rica.
- Basurto R. D. (2017). *Mecánica de Suelos. Compactación de Suelos*. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Civil. Centro Japonés de Investigación Sísmicas y Mitigación de Desastres. Lima: Perú.
- Bernal, C. (2006). *Metodología de la Investigación: Para administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Colombia: Pearson Educación.
- Braja M., D. (2014). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. CENGAGE Learning.
- Cuervo B., Bautista P. y Tibaduiza R. (2017). *Manual de ejercicios. Aplicación de las normas APA*. UNIMINUTO.
- De Matteis A. (2003). *Geología y Geotécnia. Tema: Estabilidad de taludes* (Trabajo de investigación, Universidad Nacional de Rosario, Facultad de Cs. Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Rosario: Argentina). Recuperado de: <https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiygeotecnia/Estabilidad%20de%20Taludes.pdf>.
- Hernández S. R., Fernández C. C. y Baptista L. M. (2014). *Metodología de la Investigación*. (6° ed.). México: Editorial Mc Graw Hill.
- Juárez B., E. y Rico R., A. (2005). *Mecánica de Suelos*, Tomo I. México: Limusa S.A.
- Kampf y Curi. 2003. Argilominerais em solos. *Tópico Ci*. 3:1-54. Páginas.
- Landeau R. (2007). *Elaboración de trabajos de investigación*. Venezuela: Editorial Alfa.

- Londoño M., y Ardila M. (2016). *Comportamiento de parámetros geomecánicos en taludes compuestos por suelos expansivos*. LACCEI, 9. Páginas.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018). Norma Técnica. E.050 Suelos y cimentaciones. Lima, Perú. 44-45 páginas.
- Sadín, M. (2003). *Investigación cualitativa en educación. Fundamentos y tradiciones*. Madrid, España: Editorial Mc Graw Hill.
- Tamayo, M. (2005). El proceso de la Investigación científica. Cuarta edición. LIMUSA, México. 440 páginas.

TESIS

INTERNACIONALES

- Acuña C., Correa. P. (2015). *Estudio de arcillas dispersivas y sensitivas en la zona del canal San Antonio, Manabi* (tesis de pregrado). Universidad de las Fuerzas Armadas. Sangolquí, Ecuador.
- Agudelo B., D. (2012). *Influencia de los procesos de meteorización en la estructura del suelo y la estabilidad de taludes* (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- Gonzales J. y León A. (2013). *Análisis cuantitativo de la estabilidad en taludes y laderas*. Tesis de pregrado. Universidad de las Californias Internacional, Tijuana. Baja California.
- Martínez J., V. H. (2018). *Caracterización del grado de dispersión en arcillas de la zona Sur-Oeste de la cuenca sedimentaria de Loja, para determinar potencial de generación de procesos de piping* (tesis de pregrado). Universidad Técnica Particular de Loja. Loja, Ecuador.
- Mora Z., G. (2013). *Estudio de problemas Geotécnicos asociados a la presencia de arcillas expansivas en la carretera Rocafuerte – Tosagua, Provincia de Manabi – Ecuador. Análisis de posibles tratamientos de mejora del terreno y recomendaciones constructivas* (tesis de maestría). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, España.
- Rodríguez S. y Rosales S. (2014), *Evaluación de estabilidad de talud en carretera de Cacaopera – Corinto, tramos 1+450 y 1+690* (trabajo de

graduación). Universidad de el Salvador. Facultad Multidisciplinaria Oriental. Departamento de Ingeniería y Arquitectura. San Miguel, El Salvador.

NACIONALES

Muñoz R. M. J. (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.

Ochoa Q., L. (2016). *Inestabilidad de taludes en el sector de Santa Bárbara de la ciudad de Huancavelica* (tesis de pregrado). Universidad Peruana de los Andes, Huancayo, Junín, Perú.

Rojas F., J. J. y Alva H., J. E. (2014). Arcillas y lutitas expansivas en el Norte y Nororiente Peruano. VII Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Huaraz, Ancash, Perú.

Saenz S., A. (2017). *Análisis para estabilidad de taludes en roca utilizando mallas galvanizadas ancladas, ciudad Nueva Fuerabamba – Apurímac* (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Junín, Perú.

Toro I., J. (2014). *Evaluación de la inestabilidad de taludes en la carretera las Pirias – Cruce Lambayeque, San Ignacio* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.

Zeballos V., L. E., Melero C., P., Trujillo L., A., Mejilla E., M. y Ceroni M. (2014). *Estudio estructural de arcillas de Chulucanas por difracción de rayos – X y método de Rielveld. Scielo, 19(2), 1-12. Páginas.*

NORMAS TÉCNICAS PERUANAS

NTP 400.010. (2001). Extracción y preparación de las muestras. Lima, Perú: Indecopi.

NTP 339.160. (2001). Suelos. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de agua (humedad). Lima, Perú: Indecopi.

NTP 339.133. Suelos. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS).

- NTP 339.128. Suelos. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
- NTP 330.129. Suelos. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.
- NTP 400.012. (2001). Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Lima, Perú: Indecopi.
- NTP 400.037. (2002). Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto). Lima, Perú: Indecopi.

NORMAS DE LA SOCIEDAD ESTADOUNIDENSE PARA PRUEBAS Y MATERIALES

- ASTM-D3080. Ensayo de corte directo.
- ASTM-D422. Análisis granulométrico por tamizado.
- ASTM-D422. Análisis granulométrico por sedimentación.
- ASTMA-D1557. Ensayo de proctor modificado.
- ASTM-D2487. Clasificación de suelos método SUCS.
- ASTM-D3282. Clasificación de suelos método AASHTO.
- ASTM-D4318-93. Límite líquido.
- ASTM-D4318-93. Límite plástico.

SITIOS WEB

- Basurto. R. D. (2016). Mecánica de suelos. Recuperado de http://www.lms.uni.edu.pe/labsuelos/EXPOSICIONES/Granulometria_Sedimentacion_ATQ.pdf.
- Osorio. B. E. C. (2000). *La extrema pobreza en el Distrito Daniel Alomía Robles. Tesis de pregrado*. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Facultad de Ciencias Económicas y Administrativa. Recuperado de: <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/461/T.EC-16.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Provias Descentralizado. (...). Plan Vial Provincial Leoncio Prado. Recuperado de http://www.proviasdes.gob.pe/planes/huanuco/pvpp/PVPP_Leoncio_Prado.pdf.

RNE (2012). Construcción. Componentes estructurales. CE.020. Estabilización de suelos y taludes. Recuperado de <https://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones. Decreto Supremo N° 011-2006-Vivienda. Lima: Perú.

UNI. (2006) Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo, taller de mecánica de suelos. Recuperado de <http://www.lms.uni.edu.pe/labsuelos/DeterminacionHumedad.pdf>.

ANEXOS

ANEXO I

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 335-2020-CF-FI-UDH

Huánuco, 05 de Junio de 2020

Visto, el oficio N° 255-2020-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil, remite el Dictamen de los jurados revisores, del proyecto de Tesis titulado: "INFLUENCIA DE ARCILLAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y QUÍMICA EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD EN EL TRAMO DE INTI ALTO Y LAS VEGAS, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO – HUÁNUCO, 2020", presentado por Javier NAZAR CIPRIANO.

CONSIDERANDO:

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

Que, mediante Resolución del Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 5 de junio de 2019, otorga la licencia a la universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N°1380-2019-D-FI-UDH de fecha 25 de noviembre de 2019, perteneciente a Javier NAZAR CIPRIANO se le designó como ASESOR(A) de Tesis al Ing. Víctor Bernardino Marín Alva docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil-Filial Leoncio Prado de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 255-2020-C-PAIC-FI-UDH, del coordinador académico quien informa que el JURADO REVISOR del proyecto de Tesis titulado: "INFLUENCIA DE ARCILLAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y QUÍMICA EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD EN EL TRAMO DE INTI ALTO Y LAS VEGAS, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO – HUÁNUCO, 2020", presentado por Javier NAZAR CIPRIANO, integrado por los siguientes docentes: Mg. Johnny P. Jacha Rojas (Presidente), Mg. Martín Cesar Valdivieso Echevarría (Secretario), Ing. Ariselia b. Sebastián Víncula (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el proyecto de Tesis,

Estando a lo acordado por el Consejo de Facultad de fecha 5 de junio de 2020 y normado en el Estatuto de la Universidad, Art. N° 44 inc.r);

SE RESUELVE:

Artículo Único. - **APROBAR**, el Proyecto de Investigación y su ejecución Intitulado: "INFLUENCIA DE ARCILLAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y QUÍMICA EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD EN EL TRAMO DE INTI ALTO Y LAS VEGAS, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO – HUÁNUCO, 2020" presentado por **Javier, NAZAR CIPRIANO** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil del Programa Académico de Ingeniería Civil-Filial Leoncio Prado de la Universidad de Huánuco.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE, ARCHÍVESE



Distribución:
Fac. de Ingeniería – EAPIC – Asesor – Exp. Graduando – Interesado – Archivo.
BCR/JJR

ANEXO II

RESOLUCIÓN DE NOMBRAMIENTO DE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 358-2021-D-FI-UDH

Huánuco, 07 de abril de 2021

Visto, el Oficio N° 227-2021-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente S/N, del Bach. **Javier, NAZAR CIPRIANO**, quién 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 S/N, presentado por el (la) Bach. **Javier, NAZAR CIPRIANO**, quién solicita cambio de Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación, y;

Que, con Resolución N° 1380-2019-D-FI-UDH, de fecha 25 de noviembre de 2019, en la cual se designa como Asesor de Tesis del Bach. **Javier, NAZAR CIPRIANO** al Ing. Víctor Bernardino Marín Alva; el mismo que no cuenta con el grado de maestro y que para el Registro Nacional de Trabajos de Investigación – RENATI, es requisito que el asesor cuente con dicho grado, 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° 1380-2019-D-FI-UDH, de fecha 25 de noviembre de 2019.

Artículo Segundo. - **DESIGNAR**, como nuevo Asesor de Tesis del Bach. **Javier, NAZAR CIPRIANO** al Dr. Tomas Aquino Menacho Mallqui, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil – Filial Leoncio Prado, Facultad de Ingeniería.

Regístrese, comuníquese, archívese



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Mg. Johnny R. Jacha Rojas
SECRETARIO DOCENTE



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

Distribución:
Fac. de Ingeniería – PAIC-FLP – Asesor – Mat. y Reg.Acad. – Interesado – Archivo.
BCR/JP/R/nto

ANEXO III

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TESIS: “INFLUENCIA DE ARCILLAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y QUÍMICA EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD EN EL TRAMO DE INTI ALTO Y LAS VEGAS, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO – HUÁNUCO, 2020”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES INDICADORES	METODOLOGÍA	PARÁMETRO	ESCALA	TIPO DE VARIABLE
General ¿Qué tipo de arcilla influye en las propiedades mecánicas y química en la estabilidad del talud del tramo de Inti Alto y Las Vegas, Provincia de Leoncio Prado - Huánuco, 2020?	General Analizar la influencia de la arcilla en las propiedades mecánicas y química en la estabilidad del talud del tramo de Inti Alto y Las Vegas, Provincia de Leoncio Prado – Huánuco, 2020.	General Las propiedades mecánicas y química del tipo y cantidad de arcilla influyen en la estabilidad del talud del tramo de Inti Alto y Las Vegas, Provincia de Leoncio Prado	Independiente Las propiedades mecánicas y química de las arcillas	Caolinita Illita Montmorillonita Vermiculita Cuarzo Mica	Difracción de rayos X	Porcentaje (%)	Muy bajo (<10%) Bajo (10% – 25%) Medio (25% – 50%) Alto (> 50%)	Cuantitativa: Discreta

– Huánuco,
2020.

Específicos	Específicos	Nula	Dependiente				
¿Cuál es el tipo de suelo y arcilla en el suelo que influye en la estabilidad del talud en la carretera del tramo Inti Alto y Las Vegas?	Determinar e identificar el tipo de suelo y arcilla que influye en la estabilidad del talud en la carretera del tramo de Inti Alto y Las Vegas.	Será posible determinar e identificar el tipo de suelo y arcilla que influye en la estabilidad del talud en la carretera del tramo de Inti Alto y Las Vegas.	Estabilidad de talud	Granulometría por tamizado y sedimentación .	Norma D 422 e Hidrómetro.	Porcentaje (%)	-
¿Cómo influye la arcilla en las propiedades mecánicas y química en la	Conocer la influencia de la arcilla en las propiedades mecánicas y	Influirá la arcilla en las propiedades mecánicas y química en la		Humedad del suelo	Norma D 2216		
				Límite líquido y plástico	Norma D 4318.		
				Proctor	Norma ASTM D 1557	Kg-cm/cm ³	Cuantitativa: continua
				Ensayo de corte directo			

estabilidad del talud del tramo de Inti Alto y Las Vegas? química en la estabilidad del talud del tramo de Inti Alto y Las Vegas. estabilidad del talud del tramo de Inti Alto y Las Vegas.

Norma
ASTM D
3080

Vegas.

¿Qué tipo de arcilla predomina en la carretera del tramo Inti Alto y Las Vegas según su mineralogía para la estabilidad del talud? Comparar el tipo de arcilla según el contenido mineralógico para la estabilidad del talud en la carretera del tramo Inti Alto y Las Vegas. Se podrá cuantificar el tipo de arcilla según el contenido mineralógico para la estabilidad del talud en la carretera del tramo Inti Alto y Las Vegas.

ANEXO IV

PANEL FOTOGRAFICO



Imagen 25. Vista panorámica del tramo de Inti Alto.



Imagen 26. Puente Inti Alto.



Imagen 27. Extracción de muestra de suelo en el Tramo de Inti Alto.



Imagen 28. Vista panorámica en el Tramo de Las Vegas.



Imagen 29. Kilometraje del tramo de Las Vegas.



Imagen 30. Extracción de muestras de suelos en el tramo de Las Vegas.



Imagen 31. Toma de puntos con GPS para la elaboración del mapa de ubicación en el tramo Las Vegas.



Imagen 32. Toma de puntos con GPS para la elaboración del mapa de ubicación del tramo Inti Alto.



Imagen 33. Muestras para el ensayo de la granulometría por sedimentación.

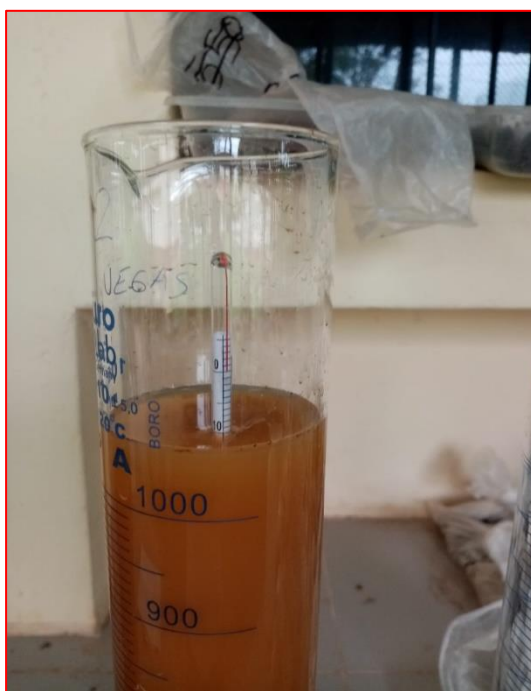


Imagen 34. Lectura del Hidrómetro en el tiempo determinado según norma.

ANEXO V

FICHAS DE INFORMACIÓN PARA LOS TALUDES

Características de los taludes In-situ

TRAMO:

N°	Progresiva	UTM			Altura del Talud (m)	Distan cia punto de muestr eo (m)	Ang ulo	Veget ación
		Este	Norte	Altitud				

ANEXO VI

FORMATOS DE LABORATORIO PARA LOS ENSAYOS REALIZADOS EN EL TRAMO INTI ALTO

Ensayo de granulometría y contenido de humedad



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES
CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES Y ESTUDIO GEOTECNICOS
RUC° 20603836155 - TINGO MARIA-HUANUCO - 962061050

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS (GRADACIÓN) DE SUELOS USANDO ANÁLISIS DE TAMIZ
ASTM D6913 / D6913M - 17

Proyecto		: "INFLUENCIA DE ARCILLAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS Y QUIMICA EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD EN EL TRAMO DE INTI ALTO Y LAS VEGAS, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO - HUANUCO, 2020"				Muestreado por		: Solicitante	
Solicitante		: JAVIER NAZAR CIPRIANO				Ensayado por		: Amulfo Rosas	
Material		: INTI ALTO				Fecha		: 15-OCTUBRE-2020	
Código de Muestra		: 01 INTI ALTO				Método de Ensayo Utilizado		: Tamizado compuesto "A"	
Sondaje / Calicata		: C-01				Tamiz de separación E11		: N° 4	
N° de Muestra		: 01				Este		: ---	
Progresiva		: ---				Cota		: ---	

DATOS DE ENSAYO				1RA SEPARACION	TAMIZADO SIMPLE/FRACCION
Tamiz de separación	E11	N° 4	< No. 4		
Pasa el tamiz	E11	N° 4	No. 4		
Masa total húmeda antes de la separación	g	533.1	---		
Fracción Gruesa Retenida Seca	g	62.8	---		
Fracción Gruesa Retenida Limpia y Seca	g	62.8	---		
Fracción Fina Pasante Húmeda	g	458.7	---		
Contenido de humedad de fracción pasante	%	18.5	---		
Fracción Fina Pasante Seca	g	387.2	---		
Masa Total Inicial Seca	g	450.0	387.18		
Masa Lavada seca	g	---	---		
Sumatoria de masa retenida	g	62.82	387.18		

CONTENIDO DE HUMEDAD			
ASTM D2216			
Recipiente N°	F-02		
Masa de Recipiente	330.00		
Masa de recipiente + Agregado húmedo	2646.00		
Masa de recipiente + Agregado seco	2285.00		
Masa del agua	361.00		
Masa agregado seco	1955.00		
Porcentaje de humedad	18.47		
Humedad promedio	18.47		
Contenido de humedad total (%)	18.47		

Tamices		Fracción Gruesa de Separación (0,1 g)	Fracción Fina Tamizado Simple (0,1 g)	Retenido en Tamiz Separador (%)	Factor de Tamizado	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:
Ø	(mm)								Min.	Max.
3"	76.20	0.00	0.00	0.222212		0.00	0.00	100.00		
2"	50.80	0.00	0.00	0.222212		0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.222212		0.00	0.00	100.00		
1"	25.40	0.00	0.00	0.222212		0.00	0.00	100.00		
3/4"	19.00	14.00	0.00	0.222212		3.11	3.11	96.89		
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.222212		0.00	3.11	96.89		
3/8"	9.500	15.81	0.00	0.222212		3.51	6.62	93.38		
N° 4	4.750	33.01	0.00	0.222212		7.34	13.96	86.04		
N° 10	2.000	0.00	21.04	0.222224		4.68	18.63	81.37		
N° 20	0.840	0.00	25.11	0.222224		5.58	24.21	75.79		
N° 40	0.425	0.00	37.24	0.222224		8.28	32.49	67.51		
N° 60	0.250	0.00	19.36	0.222224		4.30	36.79	63.21		
N° 100	0.149	0.00	23.55	0.222224		5.23	42.03	57.97		
N° 140	0.106	0.00	35.15	0.222224		7.81	49.84	50.16		
N° 200	0.075	0.00	1.95	0.222224		0.43	50.27	49.73		
Fondo		0.00	223.78	0.222224		49.73	100.00	0.00		

Descripción Muestras:	
ARENA ARCILLOSA	
SUCS =	SC
AASHTO =	A-7-6
LP : 42	Grava : 13.96
LP : 21	Arenas : 36.31
IP : 21	Finos : 49.73
IG : 11	

Curva Granulométrica

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

Amulfo A. Rosas Gargate

TEC. LABORATORISTA

Tec. Laboratorio

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

Elias Soto Campos

INGENIERO CIVIL

CIP N° 51173

Ing° Responsable Laboratorio

LOTIZACIÓN BUENOS AIRES MZ E LOTE 3A - AFILADOR - TINGO MARIA - RUPA RUPA - LEONCIO PRADO- HUÁNUCO
CELULAR 962 061 050 - 940 765 370

Ensayo de límite líquido y plástico



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES
CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES Y ESTUDIO GEOTECNICOS
RUC° 20603836155 - TINGO MARIA-HUÁNUCO - 962061050

MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS ASTM D4318-17

Proyecto	: "INFLUENCIA DE ARCILLAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS Y QUIMICA EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD EN EL TRAMO DE INTI ALTO Y LAS VEGAS, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO - HUANUCO, 2020"			Muestreado por	: Solicitante
Solicitante	: JAVIER NAZAR CIPRIANO			Ensayado por:	: Arnulfo Rosas
Ubicación de Proyecto	: INTI ALTO			Fecha	: 15-OCTUBRE-2020
Código de Muestra	: 01 INTI ALTO	Profundidad	: ---		
Sondeo / Calicata	: C-01	Norte	: ---		
N° de Muestra	: 01	Este	: ---		
Progresiva	: ---	Cota	: ---		
Método de ensayo utilizado LL	: Método "A" - Multipunto			Grava	: 14.0 %
Tamiz de separación E11	: No. 40			Arena	: 36.3 %
Método de separación de arena LL	: Tamizado			Finos	: 49.7 %
Procedimiento de obtención de muestra	: Secado al aire				

DESCRIPCION	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
Nro. de Recipiente	13	14	15	16	17
Masa de Recipiente	29.45	30.03	29.46	29.47	29.55
Masa de Recipiente + Suelo Humedo	56.36	56.42	57.88	36.65	39.01
Masa Recipiente + Suelo Seco	50.84	49.63	48.57	37.04	37.37
N° De Golpes	33	22	18	---	---
Cantidad mínima requerida LL: 20 g / LP: 6 g	¡Cumple!	¡Cumple!	¡Cumple!	¡Cumple!	¡Cumple!
Contenido de Humedad	35.2	44.8	48.7	21.3	21.0

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO

Límite Líquido : 42

Límite Plástico : 21

Índice de Plasticidad : 21

OBSERVACIONES:

* No se descartaron o encontraron materiales ajenos al suelo ensayado

* Muestra provista e identificada por el solicitante

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

Arnulfo A. Rosas Gargate

TEC. LABORATORISTA

Tec. Laboratorio

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

Elias Soto Campos

INGENIERO CIVIL

CIP N° 51173

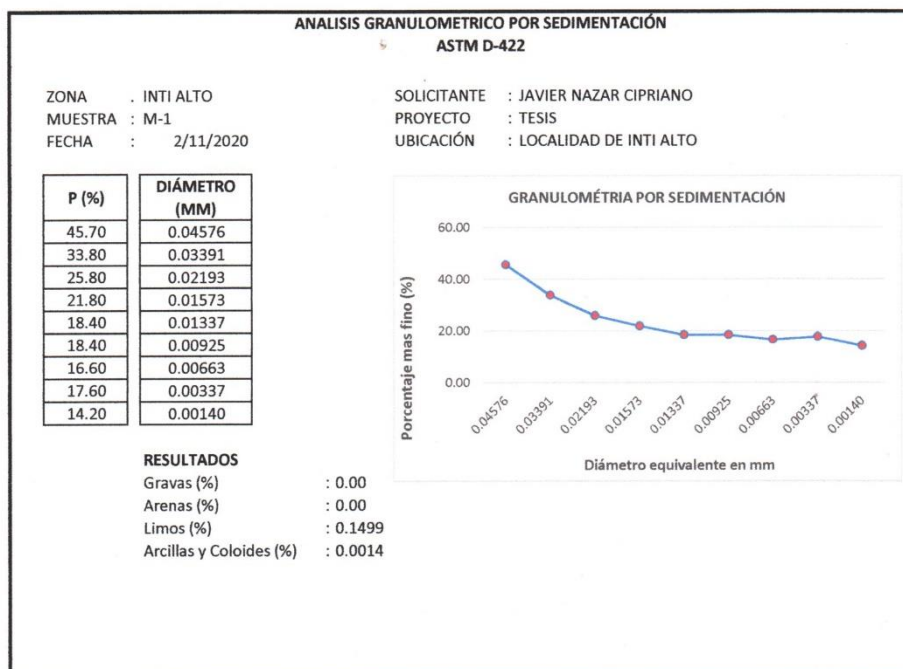
Ing° Responsable Laboratorio

LOTIZACIÓN BUENOS AIRES MZ E LOTE 3A - AFILADOR - TINGO MARIA - RUPA RUPA - LEONCIO PRADO- HUÁNUCO
CELULAR 962 061 050 - 940 765 370

Ensayo gr granulometría por sedimentación



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES
CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES Y ESTUDIO GEOTECNICOS
RUC° 20603836155 - TINGO MARIA-HUÁNUCO - 962061050



SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

Arnulfo A. Rosaz Gargate
TEC. LABORATORISTA

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

Elias Soto Campos
INGENIERO CIVIL
CIP N° 61173

LOTIZACIÓN BUENOS AIRES MZ E LOTE 3A - AFILADOR - TINGO MARIA - RUPA RUPA - LEONCIO PRADO- HUÁNUCO
CELULAR 962 061 050 - 940 765 370

Ensayo de proctor modificado

Proyecto	: "INFLUENCIA DE ARCILLAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS Y QUIMICA EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD EN EL TRAMO DE INTI ALTO Y LAS VEGAS, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO - HUANUCO, 2020"			Muestreado por :	Solicitante
Solicitante	: JAVIER NAZAR CIPRIANO			Ensayado por :	A. Rosas
Material	: INTI ALTO			Fecha de Ensayo:	15/10/2020
Identificación	: 01 INTI ALTO			Turno:	Diurno
Sondaje / Calicata	: C-01			Profundidad:	
N° de Muestra	: 01			Norte:	
Progresiva	: -			Este:	
				Cota:	
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO ASTM D1557 / ASTM D1883					
Volumen Molde		2077.31	cm ³		
Peso Molde		6804	gr.		
NUMERO DE ENSAYOS					
Peso Suelo + Molde	gr.	10,330	10,730	10,923	10,720
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	3,526	3,926	4,119	3,916
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,697	1,890	1,983	1,885
Recipiente Numero		P-01	P-02	P-03	P-04
Peso de la Tara	gr.	137.4	136.0	199.3	132.2
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	846.5	874.9	882.4	863.5
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	781.5	791.2	787.1	744.5
Peso del agua	gr.	65.0	83.7	95.3	119.0
Peso del suelo seco	gr.	644	655	588	612
Contenido de agua	%	10.1	12.8	16.2	19.4
Densidad Seca	gr/cc	1.542	1.676	1.706	1.578
Densidad Máxima Seca:		1.715 gr/cm³.		Contenido Humedad Optima:	
				15.2 %	
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA					
OBSERVACIONES: * Muestra provista e identificada por el solicitante * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SUONCSAC * -					
 Arnulfo A. Rosas Gargate TEC. LABORATORISTA Tec. Laboratorio			 Elias Soto Campos INGENIERO CIVIL CIP N° 51173 Ing° Responsable Laboratorio		

LOTIZACIÓN BUENOS AIRES MZ E LOTE 3A - AFILADOR - TINGO MARIA - RUPA RUPA - LEONCIO PRADO- HUÁNUCO
CELULAR 962 061 050 - 940 765 370

Ensayo de corte directo esfuerzo normal 1 kg/cm²



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES
CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES Y ESTUDIO GEOTECNICOS
RUC° 20603836155 - TINGO MARIA-HUÁNUCO - 962061050

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

PROYECTO : "INFLUENCIA DE ARCILLAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS Y QUIMICA EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD EN EL TRAMO DE INTI ALTO Y LAS VEGAS, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO -

ENSAYO N° 1

SOLICITADO : JAVIER NAZAR CIPRIANO

ING. RESP. : ESC

UBICACIÓN : Inti Alto Distrito : Rupa Rupa

TÉCNICO : ARG

Prov.: Leoncio Prado

FECHA : 15-Octubre-2020

MUESTRA : C-1 Inti Alto PROF (m) : —

CONTENIDO DE HUMEDAD :		CARACTERÍSTICAS :	
Nº DE RECIPIENTE	(Anillo)	DIÁMETRO (cm.)	6.00
PESO DEL ANILLO+SUELO HÚMEDO (gr.)	125.25	ÁREA (cm2.)	28.27
PESO DEL ANILLO+SUELO SECO (gr.)	115.23	VOLUMEN (cm3.)	30.81
PESO DEL AGUA (gr.)	10.02	DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm3)	2.085
PESO DEL ANILLO (gr.)	61.00	DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.760
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	54.23	CLASIFICACIÓN SUCS	SC
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)	18.5	FACTOR ANILLO	0.275 + 0.000

ESFUERZO NORMAL : 1,0 Kg/cm2

[illegible]

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

Arnulfo A. Rosas Gargate
TEC. LABORATORISTA

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

Elias Soto Campos
INGENIERO CIVIL
CIP N° 51173

LOTIZACIÓN BUENOS AIRES MZ E LOTE 3A - AFILADOR - TINGO MARIA - RUPA RUPA - LEONCIO PRADO- HUÁNUCO
CELULAR 962 061 050 - 940 765 370

SUCONCSAC
SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

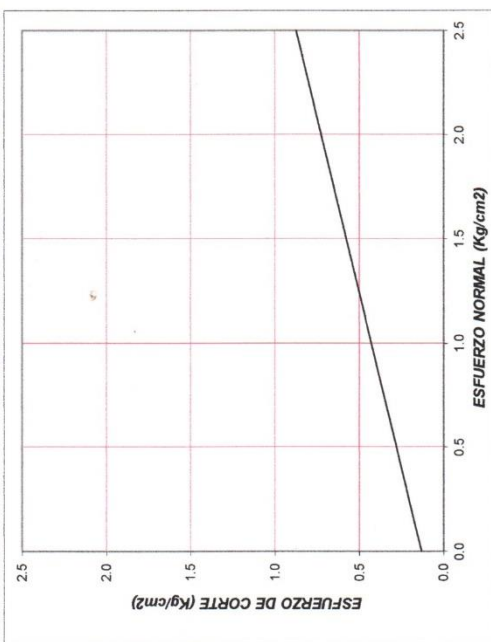
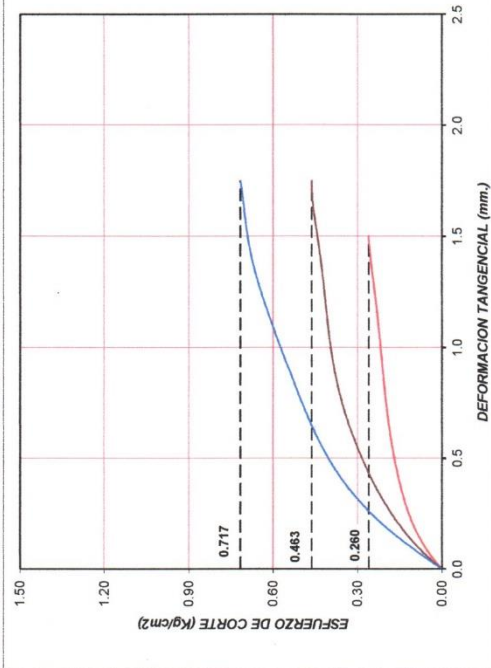
134

Resultado de ensayo de corte directo

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (ASTM D-3080)

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES									
MUESTRA		DIÁMETRO	ÁREA	CONT. HUM.	DENS. SECA	ESFUERZO NORMAL			
N°		(cm)	(cm²)	(%)	(gr/cm³)	(Kg/cm²)			
01		6.0	31.27	18.5	1.760	0.5			
02		6.0	31.27	18.5	1.760	1.0			
03		6.0	31.27	18.5	1.760	2.0			
CLASIF. SUCS:		SC	LL: 42	IP: 21	% MENOR QUE MALLA N° 200: 49.7				

PROYECTO : "INFLUENCIA DE ARCILLAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS Y QUIMICA EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD EN EL TRAMO DE INTI ALTO Y LAS VEGAS, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO - HUANUCO, 2020"									
SOLICITADO: JAVIER NAZAR CIPRIANO					ENSAYO N° : 1				
UBICACIÓN: Inti Alto					Prov : Leoncio Prado				
MUESTRA : C-1 Inti Alto		PROF (m) : ---		TÉCNICO : ARG		FECHA : 15-October-2020			
CONDICIÓN : NATURAL									
OBSERVACIONES :									



RESULTADOS DE ENSAYOS		
COHESIÓN (Kg/cm²)	0.120	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)
		24.0

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.
Ing. Soto Campos
INGENIERO CIVIL
CIP N° 51173

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.
Ing. A. Rojas Gargate
INGENIERO CIVIL
CIP N° 51173

ASOCIACIÓN DE VIVIENDA BUENOS AIRES MZ E LITE 3A - AFLADOR, TINGO MARIA - LEONCIO PRADO - HUANUCO
CELULAR 962061050 - 920045999

ANEXO VII

FORMATO DE LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL TRAMO DE LAS VEGAS

Ensayo de límite líquido y límite plástico



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES
CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES Y ESTUDIO GEOTECNICOS
RUC° 20603836155 - TINGO MARIA-HUÁNUCO - 962061050

MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS ASTM D4318-17

Proyecto	: "INFLUENCIA DE ARCILLAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS Y QUIMICA EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD EN EL TRAMO DE INTI ALTO Y LAS VEGAS, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO - HUANUCO, 2020"			Muestreado por	: Solicitante
Solicitante	: JAVIER NAZAR CIPRIANO			Ensayado por	: Arnulfo Rosas
Ubicación de Proyecto	: LAS VEGAS			Fecha	: 15-OCTUBRE-2020
Código de Muestra	: 02 LAS VEGAS	Profundidad	: ---		
Sondaje / Calicata	: C-02	Norte	: ---		
N° de Muestra	: 02	Este	: ---		
Progresiva	: ---	Cota	: ---		
Método de ensayo utilizado LL	: Método "A" - Multipunto			Grava	: 7.1 %
Tamiz de separación E11	: No. 40			Arena	: 37.5 %
Método de separación de arena LL	: Tamizado			Finos	: 55.4 %
Procedimiento de obtención de muestra	: Secado al aire				

DESCRIPCION	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
Nro. de Recipiente	7	8	9	10	11
Masa de Recipiente	29.63	30.17	30.03	29.88	29.60
Masa de Recipiente + Suelo Humedo	58.06	57.82	57.92	58.46	57.98
Masa Recipiente + Suelo Seco	50.20	49.10	48.62	53.68	53.22
N° De Golpes	34	24	19	---	---
Cantidad mínima requerida LL: 20 g / LP: 6 g	¡Cumple!	¡Cumple!	¡Cumple!	¡Cumple!	¡Cumple!
Contenido de Humedad	38.2	46.1	50.0	20.1	20.2

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO

Límite Líquido : 46
 Límite Plástico : 20
 Índice de Plasticidad : 26

OBSERVACIONES:

* No se descartaron o encontraron materiales ajenos al suelo ensayado

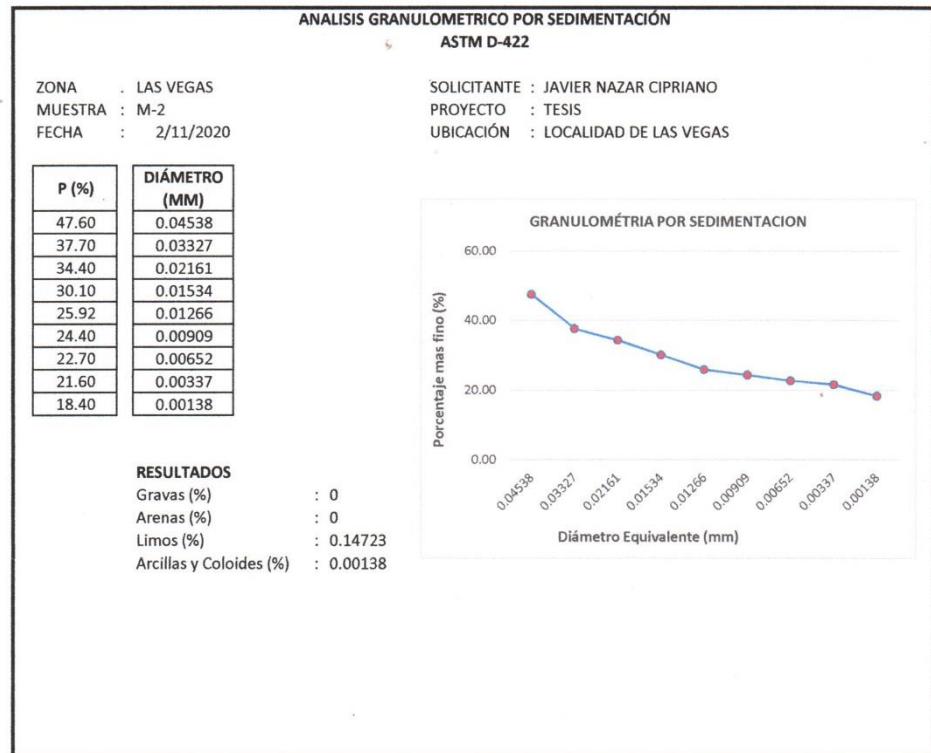
* Muestra provista e identificada por el solicitante

ARNULFO A. ROSAS GARGATE
 TEC. LABORATORISTA

ELIAS SOTO CAMPOS
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 51173
 Ing° Responsable Laboratorio

LOTIZACIÓN BUENOS AIRES MZ E LOTE 3A - AFILADOR - TINGO MARIA - RUPA RUPA - LEONCIO PRADO- HUÁNUCO
CELULAR 962 061 050 - 940 765 370

Ensayo de granulometría por sedimentación



SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.
 Arnulfo A. Rosas Gargate
 TEC. LABORATORISTA

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.
 Elias Soto Campos
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 81173

LOTIZACIÓN BUENOS AIRES MZ E LOTE 3A - AFILADOR - TINGO MARIA - RUPA RUPA - LEONCIO PRADO- HUÁNUCO
 CELULAR 962 061 050 - 940 765 370

Ensayo de compactación: proctor modificado



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES
CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES Y ESTUDIO GEOTECNICOS
RUC° 20603836155 - TINGO MARIA-HUÁNUCO - 962061050

Proyecto	: "INFLUENCIA DE ARCILLAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS Y QUIMICA EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD EN EL TRAMO DE INTI ALTO Y LAS VEGAS, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO - HUÁNUCO, 2020"																																																																												
Solicitante	: JAVIER NAZAR CIPRIANO																																																																												
Material	: LAS VEGAS																																																																												
Identificación	: 02 LAS VEGAS																																																																												
Sondaje / Calicata	: C-02																																																																												
N° de Muestra	: 02																																																																												
Progresiva	: ---																																																																												
Muestreado por	: Solicitante																																																																												
Ensayado por	: A. Rosas																																																																												
Fecha de Ensayo	: 15/10/2020																																																																												
Turno	: Diurno																																																																												
Profundidad	:																																																																												
Norte	:																																																																												
Este	:																																																																												
Cota	:																																																																												
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO ASTM D1557 / ASTM D1883																																																																													
Volumen Molde	2077.31 cm ³																																																																												
Peso Molde	6804 gr.																																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NUMERO DE ENSAYOS</th> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Suelo + Molde</td> <td>gr.</td> <td>10,312</td> <td>10,690</td> <td>10,883</td> <td>10,693</td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Humedo Compactado</td> <td>gr.</td> <td>3,508</td> <td>3,886</td> <td>4,079</td> <td>3,889</td> </tr> <tr> <td>Peso Volumetrico Humedo</td> <td>gr.</td> <td>1,689</td> <td>1,871</td> <td>1,964</td> <td>1,872</td> </tr> <tr> <td>Recipiente Numero</td> <td></td> <td>P-05</td> <td>P-06</td> <td>P-07</td> <td>P-08</td> </tr> <tr> <td>Peso de la Tara</td> <td>gr.</td> <td>168.3</td> <td>143.2</td> <td>135.1</td> <td>137.3</td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Humedo + Tara</td> <td>gr.</td> <td>826.8</td> <td>815.4</td> <td>873.6</td> <td>851.6</td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco + Tara</td> <td>gr.</td> <td>762.6</td> <td>735.6</td> <td>765.8</td> <td>732.3</td> </tr> <tr> <td>Peso del agua</td> <td>gr.</td> <td>64.2</td> <td>79.8</td> <td>107.8</td> <td>119.3</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco</td> <td>gr.</td> <td>594</td> <td>592</td> <td>631</td> <td>595</td> </tr> <tr> <td>Contenido de agua</td> <td>%</td> <td>10.8</td> <td>13.5</td> <td>17.1</td> <td>20.1</td> </tr> <tr> <td>Densidad Seca</td> <td>gr/cc</td> <td>1.524</td> <td>1.649</td> <td>1.677</td> <td>1.559</td> </tr> </tbody> </table>						NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	Peso Suelo + Molde	gr.	10,312	10,690	10,883	10,693	Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	3,508	3,886	4,079	3,889	Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,689	1,871	1,964	1,872	Recipiente Numero		P-05	P-06	P-07	P-08	Peso de la Tara	gr.	168.3	143.2	135.1	137.3	Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	826.8	815.4	873.6	851.6	Peso Suelo Seco + Tara	gr.	762.6	735.6	765.8	732.3	Peso del agua	gr.	64.2	79.8	107.8	119.3	Peso del suelo seco	gr.	594	592	631	595	Contenido de agua	%	10.8	13.5	17.1	20.1	Densidad Seca	gr/cc	1.524	1.649	1.677	1.559
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4																																																																								
Peso Suelo + Molde	gr.	10,312	10,690	10,883	10,693																																																																								
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	3,508	3,886	4,079	3,889																																																																								
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,689	1,871	1,964	1,872																																																																								
Recipiente Numero		P-05	P-06	P-07	P-08																																																																								
Peso de la Tara	gr.	168.3	143.2	135.1	137.3																																																																								
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	826.8	815.4	873.6	851.6																																																																								
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	762.6	735.6	765.8	732.3																																																																								
Peso del agua	gr.	64.2	79.8	107.8	119.3																																																																								
Peso del suelo seco	gr.	594	592	631	595																																																																								
Contenido de agua	%	10.8	13.5	17.1	20.1																																																																								
Densidad Seca	gr/cc	1.524	1.649	1.677	1.559																																																																								
Densidad Máxima Seca:		1.687 gr/cm³.		Contenido Humedad Optima:																																																																									
				15.9 %																																																																									
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA																																																																													
The graph plots Dry Density (DENSIDAD SECA in gr/cc) on the y-axis (ranging from 1.500 to 1.720) against Moisture Content (% DE HUMEDAD) on the x-axis (ranging from 8.0 to 23.0). A smooth curve is drawn through five data points, showing a peak at approximately 1.687 gr/cc for 15.9% moisture content. A vertical dashed line marks the peak, and a horizontal dashed line indicates the maximum dry density.																																																																													
OBSERVACIONES: * Muestra provista e identificada por el solicitante * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SUCONCSAC * ---																																																																													
 SUELOS Y CONCRETOS S.A.C. Arnulfo A. Rosas Gargate TEC. LABORATORISTA Tec. Laboratorio			 SUELOS Y CONCRETOS S.A.C. Elias Soto Campos INGENIERO CIVIL CIP N° 61173 Ing° Responsable Laboratorio																																																																										

LOTIZACIÓN BUENOS AIRES MZ E LOTE 3A - AFILADOR - TINGO MARIA - RUPA RUPA - LEONCIO PRADO- HUÁNUCO
CELULAR 962 061 050 - 940 765 370

SUCONCSAC
SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

142

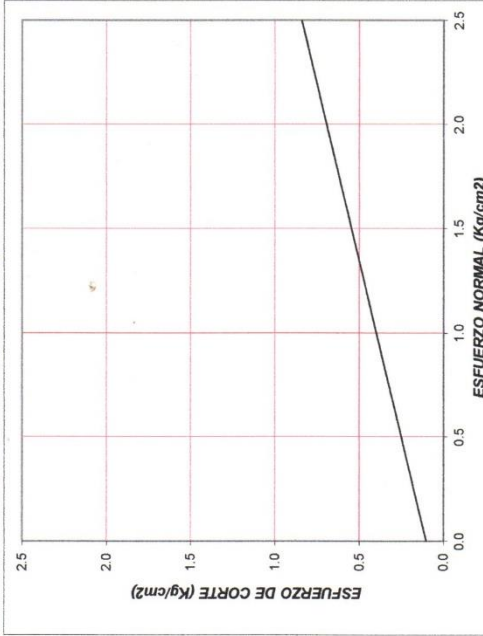
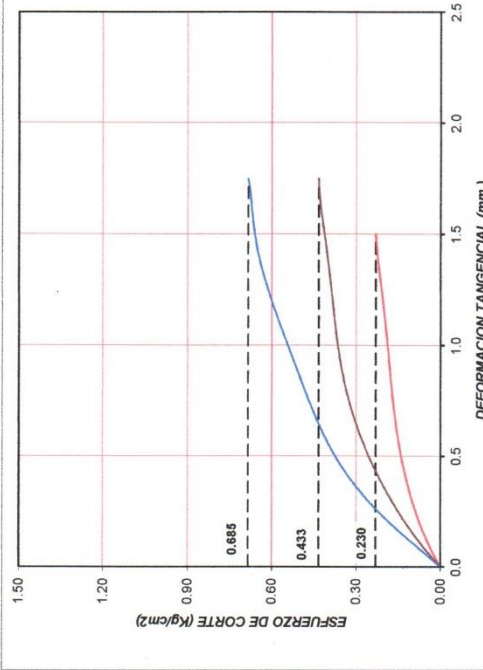
SUCONCSAC
SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.

143

Resultado general del ensayo de corte directo

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (ASTM D-3080)

PROYECTO : "INFLUENCIA DE ARCILLAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS Y QUIMICA EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD EN EL TRAMO DE INTI ALTO Y LAS VEGAS, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO - HUANUCO, 2020"					
SOLICITADO : JAVIER NAZAR CIPRIANO		ENSAYO N° : 2			
UBICACIÓN : Las Vegas					
Prov. : Leoncio Prado					
MUESTRA : C-2 Las Vegas PROF (m) : ---		TÉCNICO : ARG			
CONDICIÓN : NATURAL		FECHA : 15-Octubre-2020			
OBSERVACIONES :					
CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECIMENES					
MUESTRA N°	DIÁMETRO (cm)	AREA (cm2)	CONT. HUM. (%)	DENS. SECA (gr/cm3)	ESFUERZO NORMAL (Kg/cm2)
01	6.0	31.27	20.6	1.719	0.5
02	6.0	31.27	20.6	1.719	1.0
03	6.0	31.27	20.6	1.719	2.0
CLASIF. SUCS :		CL	LL : 46	IP : 26	% MENOR QUE MALLA N° 200 : 55.4



RESULTADOS DE ENSAYOS		
COHESIÓN (Kg/cm²)	0.126	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)
		22.3

ASOCIACIÓN DE VIVIENDA BUENOS AIRES MZ E LITE 3A - AFLADOR - TINGO MARIA - RUTA RUTA - LEONCIO PRADO - HUANUCO
CELULAR 962061050 - 920045999

SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.
Eduardo A. Rosas Gargate
TEC. LABORATORISTA
Elias Soto Campos
INGENIERO CIVIL
CIP N° 51173

ANEXO VIII

ANÁLISIS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X

Informe del ensayo mineralógico



INFORME DE ENSAYO

OTIV-100 Rev. 0
27/11/2020



INFORME DE ENSAYO

ANÁLISIS MINERALÓGICO CON ENFASIS EN ARCILLAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X DE DOS MUESTRAS

Para:

JAVIER NAZAR CIPRIANO

Aprobado por:

Gerente General: Erika Gabriel

Informe de Ensayo No: OTIV-100			
REV	EDICION	EMITIDO PARA	FECHA
0	Primera	Información	27-Nov-2020
Descargo de Responsabilidad: Los resultados de los ensayos pertenecen solo a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con Normas del Producto o como certificado del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce.			

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCION	3
II. ANALISIS MINERALÓGICO CON ÉNFASIS EN ARCILLAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X	4
Muestra SECTOR LAS VEGAS	4
Muestra SECTOR INTI ALTO.....	4
III. ANEXOS.....	5

I. INTRODUCCION

A solicitud de JAVIER NAZAR CIPRIANO se ha realizado el análisis mineralógico con énfasis en arcillas por difracción de rayos X (ADRX) de dos muestras.

Las muestras se recibieron en polvo, encontrándose en cantidades apropiadas para los análisis a realizar. El servicio corresponde a la orden de trabajo OTIV-100.

En el análisis mineralógico por DRX se realizó la determinación semicuantitativa de las fases cristalinas presentes en la muestra. El límite de detección de la técnica es aproximadamente 1%; sin embargo, para muestras con alto contenido de hierro éste se incrementa a 3%. La cuantificación de fases amorfas se evalúa a partir del 20% de contenido en la muestra. La identificación y cuantificación de fases de silicatos de cobre es limitada debido a que éstas carecen de ordenamiento estructural (baja cristalinidad). El método de preparación aplicado a las muestras fue de polvo aleatorio. En la etapa del análisis mineralógico de minerales arcillosos ADRX, se realiza las diferenciaciones entre estos tipos de minerales mediante la aplicación de procesos como la separación granulométrica y glicolación. Según el tipo de arcilla encontrada se ha reportado la identificación y su evaluación semicuantitativa sobre el total de la muestra con un límite de detección (L. D.) de 1% en promedio.

II. ANALISIS MINERALÓGICO CON ÉNFASIS EN ARCILLAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X**Muestra SECTOR LAS VEGAS**

Nombre del mineral	Fórmula general	Resultado Aproximado (%)
Cuarzo	SiO ₂	69
Caolinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	24
Mica (Muscovita)	KAl ₂ (Si ₃ Al)O ₁₀ (OH,F) ₂	6
Rutilo	TiO ₂	< L. D.

Muestra SECTOR INTI ALTO

Nombre del mineral	Fórmula general	Resultado Aproximado (%)
Cuarzo	SiO ₂	47
Caolinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	43
Mica (Muscovita)	KAl ₂ (Si ₃ Al)O ₁₀ (OH,F) ₂	9
Rutilo	TiO ₂	< L. D.

() Mineral de la familia que se encuentra con mayor grado de certeza.

III. ANEXOS**OBSERVACIONES DE ANÁLISIS DRX:**

- Los resultados aproximados han sido redondeados a su menor valor entero, por lo que la sumatoria de los resultados no siempre suma el 100%.
- El presente informe no puede ser utilizado como certificado.
- Los resultados corresponden a las muestras proporcionadas por el cliente, las cuales han sido entregadas en las instalaciones del laboratorio.
- Está prohibida la reproducción total o parcial de este documento.
- %: Porcentaje masa relativa (g/g).
- < L. D.: Mineral identificado cuya cuantificación está por debajo del 1%.

CONDICIONES DE OPERACIÓN DRX:

Equipo: Difractometro

Tubo Cu (40kV, 40mA): KAlfa1: 1.54060 Å

KAlfa2: 1.54439 Å

Filtro: Kbeta: Ni

Detector: LynxEye

Rango de medida desde $2\theta = 5^\circ$ hasta $2\theta = 70^\circ$

Identificación: Base de datos del Centro Internacional de Datos para Difracción (ICDD).

Cuantificación: Método Refinamiento Rietveld (TOPAS Structure Database y Fiz Karlsruhe ICSD).

ANÁLISIS DE MINERALES ARCILLOSOS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X

La preparación de la muestra para los análisis de minerales arcillosos estuvo compuesta por las siguientes etapas:

Etapas 1: Separación granulométrica

Las muestras fueron sometidas a una suspensión en agua destilada y posteriormente se extrajo el sobrenadante (solución conteniendo las partículas pequeñas con un tamaño aproximado a 2 micras) a una altura determinada de la probeta y en un tiempo definido según la Ley de Stokes.

Etapas 2: Orientación preferencial

La suspensión extraída es filtrada en un equipo de filtración al vacío para conseguir que los granos se ubiquen de una forma ordenada y orientada, es decir para que los picos principales de las arcillas se puedan observar con mayor claridad (picos más intensos a bajos ángulos).

Etapas 3: Tratamiento con etilenglicol

La muestra orientada es saturada con vapor de etilenglicol durante 12 horas para producir un desplazamiento del pico principal de los minerales evaluados debido al aumento (o disminución) de la distancia interplanar (d), de esta manera se produce una mejor diferenciación de los minerales arcillosos.

Solo se ha observado los minerales laminares caolinita y muscovita.

A continuación se presentan los difractogramas de las muestras analizadas.

Figura 2. Difractograma de la Muestra SECTOR INTI ALTO con los respectivos minerales identificados

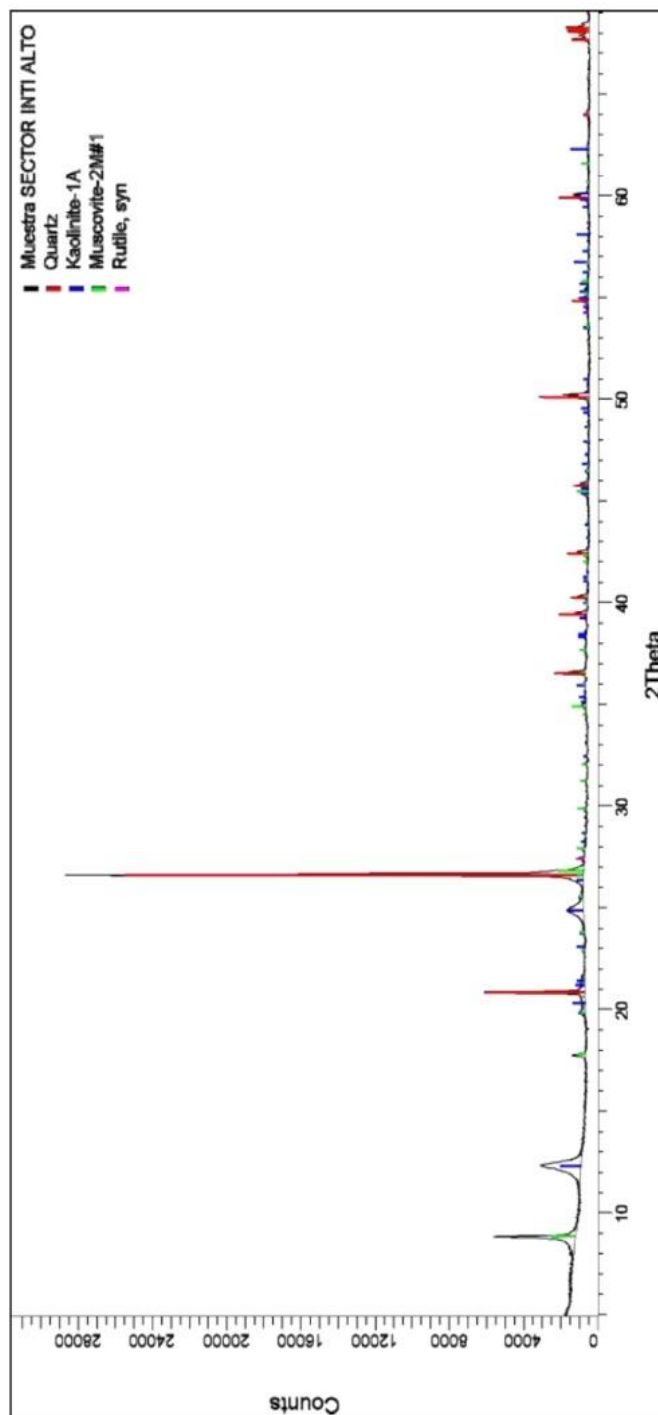
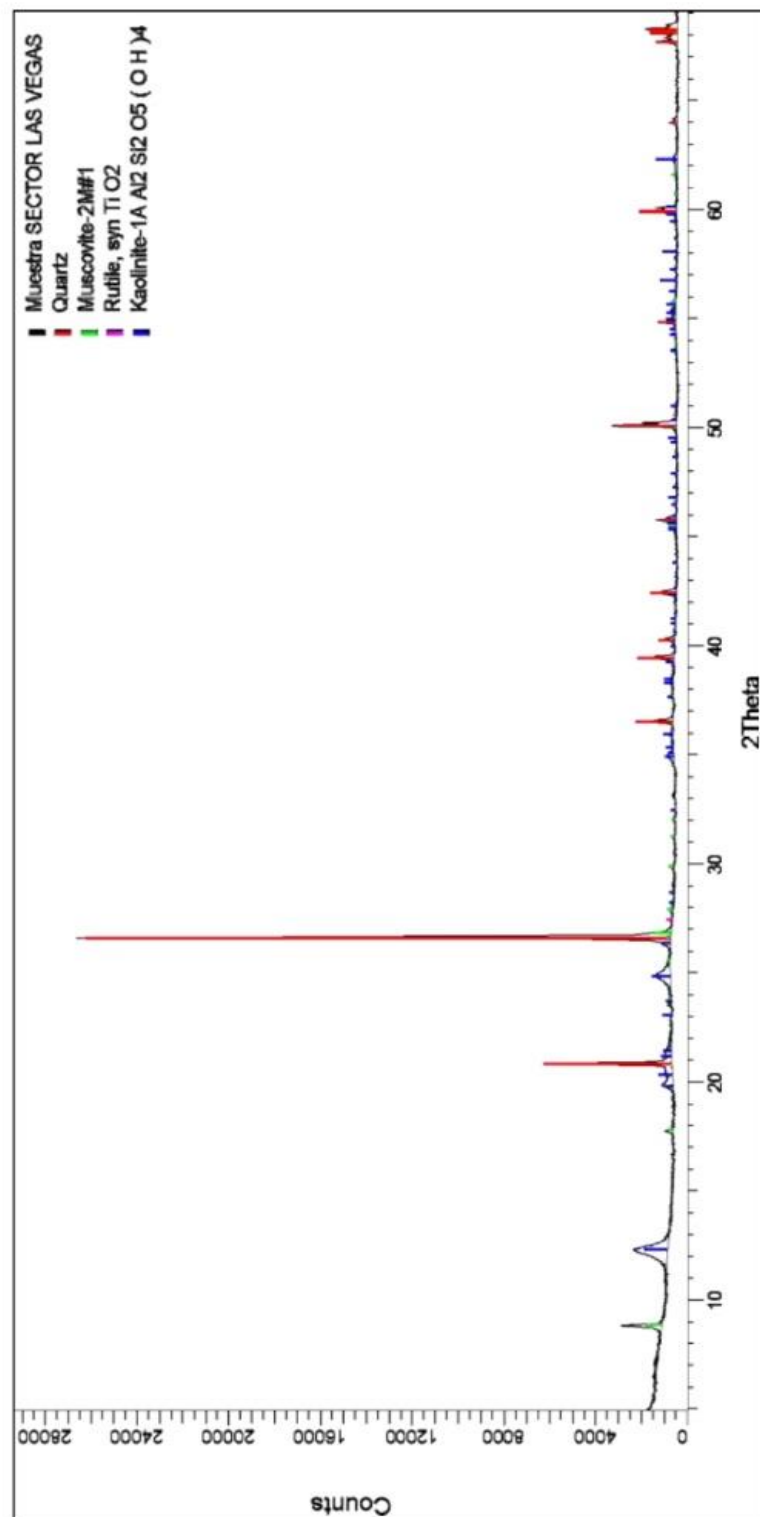


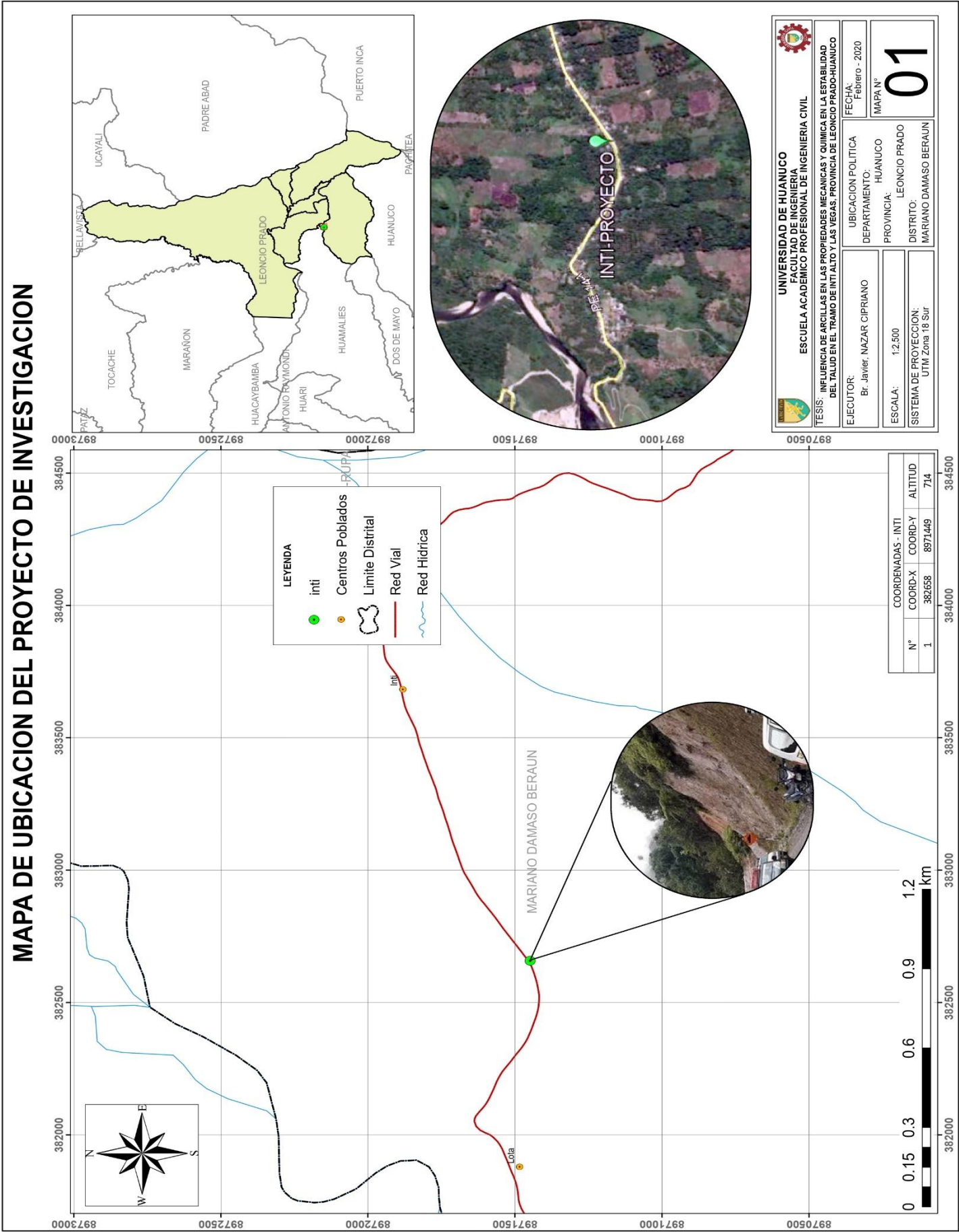
Figura 1. Difractograma de la Muestra SECTOR LAS VEGAS con los respectivos minerales identificados



ANEXO IX

MAPA DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE AMBOS TRAMOS

MAPA DE UBICACION DEL PROYECTO DE INVESTIGACION



MAPA DE UBICACION DEL PROYECTO DE INVESTIGACION

