



**UNIVERSIDAD ANDINA**  
**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL**  
**MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES**



**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO  
EL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR Y PROPUESTA  
DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE  
EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024**

**TESIS PRESENTADA POR:**  
**MARCO ANTONIO ADUVIRI AVENDAÑO**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE  
MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL  
MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES**

JULIACA – PERÚ  
2025



**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL**

**MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES**

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO  
EL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR Y PROPUESTA  
DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE  
EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

**MARCO ANTONIO ADUVIRI AVENDAÑO**


PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

**MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL**

**MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES**

APROBADA POR:


PRESIDENTE DEL JURADO :

  
Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA

MIEMBRO DEL JURADO :

  
Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

MIEMBRO DEL JURADO :

  
Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ASESOR DE TESIS :

  
Dr. ARNALDO YANA TORRES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN :

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50



# UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" ESCUELA DE POSGRADO



### RESOLUCIÓN DIRECTORAL N°0339-2025-D-EPG-UANCV/J

Juliaca, 08 de setiembre del 2025

#### VISTOS:

El expediente N° 1533 presentado por el (la) Bachiller: **MARCO ANTONIO ADUVIRI AVENDAÑO** quien solicita nominación de jurados, fecha y hora de sustentación de tesis, en la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez".

#### CONSIDERANDO:

Que, el (a) Bachiller: **MARCO ANTONIO ADUVIRI AVENDAÑO** con número de DNI 43107518 con número de matrícula 1820200067 ha solicitado asignación de jurados, Fecha y hora de sustentación de la Tesis Titulada: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024** para optar el GRADO de: **MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL** Mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES** de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez;

Que, de conformidad con lo previsto en el artículo 18° del Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, **COMITÉ DE INVESTIGACIÓN:**

Que, mediante Resolución N°1919-2024 -USA-EPGIUANCV SE APRUEBA Y AUTORIZA LA EJECUCION DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACION y con Resolución N°132-2025-USA-EPG/UANCV, se APRUEBA y AUTORIZA EL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS) Titulada: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024** La misma que pertenece a la Línea de Investigación: **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50;**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos en su artículo 28° **DE LA SUSTENTACIÓN.**

Y estando, la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y el Director de la Escuela de Posgrado mediante acta de sorteo de jurado, con registro N° 000250 de fecha: 02 de setiembre del 2025 se nomina jurados.

Que, conforme al artículo 66° del Reglamento General de la Escuela de Posgrado de la UANCV, establece que la Tesis de Posgrado es un trabajo de investigación científica original de actualidad y de alto valor científico;

En uso de las atribuciones conferidas a la Dirección en el inciso "J" del artículo 17° del Reglamento General de la Escuela de Posgrado, y el artículo 76° del Estatuto Universitario;

#### SE RESUELVE:

**ARTÍCULO PRIMERO. - DECLARAR APTO** para la sustentación presencial del **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN** (borrador de tesis). **TITULADO: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024** del (la) Bach: **MARCO ANTONIO ADUVIRI AVENDAÑO**, para optar el GRADO de: **MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL** Mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES**, en virtud de los considerandos expuestos.

**ARTÍCULO SEGUNDO. - NOMINAR JURADOS** para la sustentación presencial y defensa de la tesis a los siguientes docentes ordinarios:

Presidente	: Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
Primer miembro	: Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
Segundo miembro	: Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Asesor	: Dr. ARNALDO YANA TORRES

**ARTÍCULO TERCERO. - PROGRAMAR FECHA Y HORA** de sustentación como se detalla:

Fecha	: Martes, 16 de setiembre del 2025
Hora	: 11:00 a.m..
Lugar	: Aula N°208 Centro Comercial N° 03 UANCV-JULIACA

**ARTÍCULO CUARTO. - El Director de la Escuela de Posgrado** queda encargado del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, comuníquese y archívese.

  
 UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 ESCUELA DE POSGRADO  
 Dr. Juan Rómulo Quipe Zapata  
 DIRECTOR (a)

INFORMACIÓN  
TESIS UANCV, 2025/09/08



# UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" ESCUELA DE POSGRADO



### RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 0132-2025-USA-EPG/UANCV

Juliaca, 28 de abril de 2025

#### VISTOS:

El Expediente N° 2024-016036 de fecha 26 de diciembre de 2024, el (la) Bach. MARCO ANTONIO ADUVIRI AVENDAÑO, con DNI N° 43107518, código de matrícula N° 1820200067, quien solicita Revisión de Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis); INFORME N° 0041-2025-UI-EPG-UANCV y el Anexo (04 o 05) "Ficha de Opinión del Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis)" del 10 de enero de 2025, que fue revisada por el Comité de Investigación de la Escuela de Posgrado.

#### CONSIDERANDO:

Que, las Unidades de Investigación son unidades académicas que agrupan a docentes y estudiantes de diversas disciplinas, en razón del desarrollo de investigación científica, tecnológica y humanista de acuerdo al Estatuto Universitario Modificado 2020 de nuestra primera Casa Superior de Estudios.

Que, con Expediente N° 2024-016036 el (la) Bach. MARCO ANTONIO ADUVIRI AVENDAÑO, solicita la revisión y aprobación del Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis) titulado: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024** Línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50**, para optar el **GRADO de MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL**, mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos plasmado en la Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R.

Que, el Comité de Investigación emitió su opinión **FAVORABLE** al Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis).

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado, corroboró el asesoramiento en el Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis) del **ASESOR Mgtr. ARNALDO YANA TORRES**; y,

Estando, la opinión favorable del Comité de Investigación, según **INFORME N° 0041-2024-UI-EPG-UANCV** y el Anexo (04 o 05) "Ficha de Opinión del Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis)" en concordancia con el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R, de conformidad a lo que establece la Ley Universitaria N° 30220, Ley de Creación de la UANCV N° 23738 y Modificatoria N° 24681 y el Estatuto de la UANCV, que confiere facultades a la unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado.

#### SE RESUELVE:

**ARTICULO PRIMERO.- APROBAR Y AUTORIZAR EL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, titulado: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024** presentado por el (la) Bach. MARCO ANTONIO ADUVIRI AVENDAÑO, en virtud de los considerandos expuestos.

**ARTICULO SEGUNDO.- RATIFICAR**, como **ASESOR** al (a) **Mgtr. ARNALDO YANA TORRES**.

**ARTICULO TERCERO. - DISPONER** que la Escuela de Posgrado, la Secretaría Académica y administrativa, quedan encargados del cumplimiento de la presente resolución.

Regístrese, comuníquese y archívese.

  
Dr. José Ramón Quepa Zapata  
DIRECTOR (a)

DISTRIBUCIÓN:  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN  
04/28/2025



# UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" ESCUELA DE POSGRADO



## RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 01919-2024-USA-EPG/UANCV

Julíaca, 13 de noviembre de 2024

**VISTOS:**

El Expediente N° 2024-013411 de fecha 30 de octubre de 2024, el (la) Bach. MARCO ANTONIO ADUVIRI AVENDAÑO, con DNI N° 43107518, código de matrícula N° 1820200067, quien solicita Revisión de propuesta de Investigación: INFORME N° 00883-2024-UI-EPG-UANCV y el Anexo (02 o 03) "Ficha de Opinión de la Propuesta de Investigación" del 15 de noviembre de 2024, que fue revisada por el Comité de Investigación de la Escuela de Posgrado.

**CONSIDERANDO:**

Que, las Unidades de Investigación son unidades académicas que agrupan a docentes y estudiantes de diversas disciplinas, en razón del desarrollo de investigación científica, tecnológica y humanista de acuerdo al Estatuto Universitario Modificado 2020 de nuestra primera Casa Superior de Estudios.

Que, con Expediente N° 2024-013411 el (la) Bach. MARCO ANTONIO ADUVIRI AVENDAÑO, solicita la revisión y aprobación de la propuesta de Investigación titulado: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024** Línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50**, para optar el GRADO de MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL, mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos plasmado en la Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R.

Que, el Comité de Investigación emitió su opinión FAVORABLE a la propuesta de investigación.

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado, corroboró la propuesta del ASESOR Mgtr. ARNALDO YANA TORRES, quien debe estar acreditado y facultado para orientar y ayudar al asesorado en el proceso de elaboración del trabajo de Investigación (Tesis) de acuerdo a la DIRECTIVA N° 004-2019-UANCV-VRAD-OI; y, Estando, la opinión favorable del Comité de Investigación, según INFORME N° 00883-2024-UI-EPG-UANCV y el Anexo (02 o 03) "Ficha de Opinión de la Propuesta de Investigación" en concordancia con el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R, de conformidad a lo que establece la Ley Universitaria N° 30220, Ley de Creación de la UANCV N° 23738 y Modificatoria N° 24661 y el Estatuto de la UANCV, que confiere facultades a la unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado.

**SE RESUELVE:**

**ARTICULO PRIMERO.- APROBAR Y AUTORIZAR LA EJECUCIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, titulado: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024** presentado por el (la) Bach. MARCO ANTONIO ADUVIRI AVENDAÑO, en virtud de los considerandos expuestos.

**ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER, como ASESOR** al (a) Mgtr. ARNALDO YANA TORRES.

**ARTICULO TERCERO. - DISPONER** que la Escuela de Posgrado, la Secretaría Académica y administrativa, quedan encargados del cumplimiento de la presente resolución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



MARCO ANTONIO ADUVIRI AVENDAÑO  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
ESCUELA DE POSGRADO  
Dr. Leopoldo YANAPALLO  
DIRECTOR (a)

REGISTRADO  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
OFICINA DE INVESTIGACIÓN  
ANDY GARCERAN



# MARCO ANTONIO ADUVIRI AVENDAÑO

## EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR Y PR...

📄 TESIS DE MAESTRIAS

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::13016:529984035

Fecha de entrega

19 nov 2025, 9:22 GMT-5

Fecha de descarga

19 nov 2025, 10:01 GMT-5

Nombre del archivo

T036\_43107518\_M.docx

Tamaño del archivo

19.0 MB

171 páginas

23.817 palabras

125.016 caracteres






## 16% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

### Fuentes principales

- 8%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 15%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.


Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



**Metadatos Complementarios**

<b>Título de la tesis</b>	
<b>EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024</b>	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	MARCO ANTONIO ADUVIRI AVENDAÑO
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	43107518
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0004-8710-4781">https://orcid.org/0009-0004-8710-4781</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0002-6740-5024">https://orcid.org/0000-0002-6740-5024</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02371550
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0005-6613-6925">https://orcid.org/0009-0005-6613-6925</a>
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0001-6657-665X">https://orcid.org/0000-0001-6657-665X</a>
<b>Miembro del jurado 2</b>	



Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0002-0268-5061">https://orcid.org/0000-0002-0268-5061</a>
<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción – P50
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú  Departamento: Puno  Provincia: San Román  Distrito: Juliaca  Latitud: S 15° 29' 27"  Longitud: O 70° 07' 37"</p>  <p><a href="https://maps.app.goo.gl/bshQ7VPwLbKRmPPW7">https://maps.app.goo.gl/bshQ7VPwLbKRmPPW7</a></p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Noviembre 2024 - Setiembre 2025
URL de disciplinas OCDE	<b>Ingeniería civil</b> <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</a> <b>Ingeniería de la construcción</b> <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</a>
URL de disciplinas OCDE - Librería	<a href="https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html">https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html</a>


  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ROMÁN  
ESCUELA DE POSTGRADO  
Dr. Jesús Mamani Mamani  
DIRECTOR  
DE INVESTIGACIÓN - EPG



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo MARCO ANTONIO ADUVIRI AVENDAÑO, identificado con DNI Nro. 43107518, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA CIVIL MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación,  Trabajo Académico denominada:

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

Asesorado por: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y no existe plagio/copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.


Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 17 de Octubre del 2025

  
Firma del Asesor

  
Firma del Estudiante

  
Huella



## DEDICATORIA

*A mis Padres Bonifacio Aduviri y Dominga Avendaño, que siempre dedicaron su tiempo en guiarnos y brindarnos su apoyo incondicionalmente; a mis hermanos, Edgar B. Aduviri y Maria N. Aduviri.*

*A mi Amigo Nelson Arturo Huaquisaca Ucharico, por su apoyo incondicional durante este proyecto y en mis años de formación profesional, que fueron muy inolvidables.*

*Vayan siempre mis infinitas gracias, a mi linda pareja Matilde A. H. y a mis hijos Diego S. Aduviri A. y Thiago G. Aduviri A. por haberme motivado y fortalecer siempre en los momentos más difíciles, para ejecutar este Proyecto.*



## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a los diversos colegas y demás profesionales que en esta etapa de mi vida me alentaron a poder seguir sin perder las esperanzas de poder concluir la mencionada investigación a todos gracias por molos consejos y por plasmar sus de sus conocimientos, experiencia*



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA..... i**

**AGRADECIMIENTO..... ii**

**ÍNDICE GENERAL ..... iii**

**ÍNDICE DE TABLAS ..... vi**

**ÍNDICE DE FIGURAS..... vii**

**RESUMEN..... viii**

**ABSTRACT..... ix**

**INTRODUCCIÓN..... x**

## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática..... 13

1.2 Planteamiento del problema ..... 15

    1.2.1 Problema general..... 15

    1.2.2 Problemas específicos ..... 15

1.3 Justificación de la investigación..... 16

    1.3.1 Justificación técnica ..... 16

    1.3.2 Justificación económica ..... 16

    1.3.3 Justificación social ..... 16

    1.3.4 Justificación ambiental ..... 17

1.4 Objetivos ..... 17

    1.4.1 Objetivo general ..... 17

    1.4.2 Objetivos específicos ..... 17

1.5 Importancia y alcance de la investigación..... 18

1.6 Limitaciones y delimitaciones de la investigación ..... 18

    1.6.1 Limitaciones ..... 18

    1.6.2 Delimitación ..... 18

1.7 Hipótesis ..... 19

    1.7.1 Hipótesis general ..... 19

    1.7.2 Hipótesis específicas ..... 19

1.8 Variables ..... 19

    1.8.1 Variable independiente ..... 19

    1.8.2 Variable dependiente ..... 20



1.9 Operacionalización de variables ..... 21

CAPITULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación ..... 22
2.1.1 Antecedentes internacionales ..... 22
2.1.2 Antecedente nacional..... 24
2.1.3 Antecedente local ..... 26
2.2 Bases teóricas..... 29
2.2.1 Suelo y su origen ..... 29
2.2.2 Tipos de Suelos ..... 30
2.2.3 Propiedades físicas del Suelo ..... 33
2.2.3.1 Plasticidad del suelo ..... 33
2.2.3.2 Granulometría ..... 34
2.2.4 Propiedades mecánicas del Suelo ..... 37
2.2.5 Ensayo de SPT ..... 38
2.2.6 Suelos de subrasante ..... 39
2.2.7 Mejoramiento de subrasantes mediante estabilización ..... 40
2.2.7.1 Alternativa de mejoramiento de subrasante mediante cenizas de origen Vegetal..... 43
2.3 Marco conceptual ..... 45

CAPITULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque de investigación..... 48
3.2 Método de investigación ..... 48
3.3 Tipo de investigación..... 49
3.4 Nivel de investigación ..... 49
3.5 Diseño de investigación..... 49
3.6 Población y muestra ..... 50
3.6.1 Población ..... 50
3.6.2 Muestra ..... 50
3.7 Técnicas e instrumentos de recolección ..... 51
3.7.1 Técnicas ..... 51
3.7.2 Instrumentos ..... 51
3.8 Validación de instrumentos y confiabilidad ..... 51



3.8.1 Validación de instrumentos ..... 51

3.8.2 Confiabilidad de instrumentos ..... 52

3.9 Trabajos desarrollados ..... 52

**CAPITULO IV**

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1 Resultados obtenidos ..... 62

4.1.1 Propiedades físicas a diferentes profundidades de los suelos en la provincia de San Román ..... 62

4.1.2 Comportamiento de la capacidad portante de los suelos a diferentes profundidades según ensayo SPT ..... 69

4.1.3 Características físicas y de capacidad de soporte relativo que presentan la subrasante de vías en la provincia de San Román..... 79

4.1.4 Propuesta de mejoramiento de la subrasante de vías en la provincia de San Román ..... 86

4.2 Discusión de resultados ..... 89

**CONCLUSIONES ..... 95**

**RECOMENDACIONES..... 97**

**REFERENCIAS ..... 98**

**ANEXOS ..... 105**



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables .....	21
Tabla 2 Registro de calicatas desarrolladas .....	63
Tabla 3 Registro de clasificación de suelos según profundidad .....	64
Tabla 4 Registro de contenido de humedad y límites de consistencia .....	67
Tabla 5 Resultados de capacidad portante SPT Nro. 1 .....	69
Tabla 6 Resultados de capacidad portante SPT Nro. 2 .....	70
Tabla 7 Resultados de capacidad portante SPT Nro. 3 .....	71
Tabla 8 Resultados de capacidad portante SPT Nro. 4 .....	72
Tabla 9 Resultados de capacidad portante SPT Nro. 5 .....	73
Tabla 10 Resultados de capacidad portante SPT Nro. 6 .....	74
Tabla 11 Resultados de capacidad portante SPT Nro. 7 .....	75
Tabla 12 Resultados de capacidad portante SPT Nro. 8 .....	76
Tabla 13 Resultados de capacidad portante SPT Nro. 9 .....	77
Tabla 14 Resultados de capacidad portante SPT Nro. 10 .....	78
Tabla 15 Resultados de la humedad del suelo a nivel de subrasante .....	79
Tabla 16 Gradación en la Avenida Virreyes-Cal-1 .....	80
Tabla 17 Gradación en la Avenida Virreyes-Cal-2 .....	81
Tabla 18 Gradación en la Avenida Maria Arguedas-Cal-1 .....	82
Tabla 19 Gradación en la Avenida Maria Arguedas-Cal-2 .....	83
Tabla 20 Proctor-DMS .....	84
Tabla 21 Proctor-OCH .....	84
Tabla 22 CBR .....	85
Tabla 23 Proctor-DMS .....	86
Tabla 24 Proctor-OCH .....	87
Tabla 25 CBR .....	88
Tabla 26 Comparativo del CBR con la adición de ceniza de origen vegetal .....	88



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Grava .....31

Figura 2 Limos .....32

Figura 3 Arcilla .....33

Figura 4 Curva granulométrica.....34

Figura 5 Secuencia de actividades fase 01 .....52

Figura 6 Ensayo SPT .....59

Figura 7 Comportamiento de suelos a 0.50m .....65

Figura 8 Comportamiento de suelos a 1.00 m .....65

Figura 9 Comportamiento de suelos a 1.50 m .....66

Figura 10 Comportamiento de suelos a 2.00 m .....66

Figura 11 Humedad .....79

Figura 12 Gradación en la Avenida Virreyes-Cal-1.....80

Figura 13 Gradación en la Avenida Virreyes-Cal-2.....81

Figura 14 Gradación en la Avenida María Arguedas-Cal-1 .....82

Figura 15 Gradación en la Avenida María Arguedas-Cal-2 .....83

Figura 16 Proctor-DMS .....84

Figura 17 Proctor-OCH .....85

Figura 18 CBR .....85

Figura 19 Proctor-DMS .....86

Figura 20 Proctor-OCH .....87

Figura 21 CBR .....88



## RESUMEN

La investigación titulada "Evaluación del comportamiento de los suelos utilizando el ensayo de penetración estándar y propuesta de mejoramiento de los suelos de subrasante en la provincia de San Román 2024", tuvo como objetivo evaluar el comportamiento de los suelos utilizando el ensayo de penetración estándar y desarrollar una propuesta de mejoramiento de los suelos de subrasante. Se empleó una metodología de diseño experimental, enfoque cuantitativo, tipo aplicada y nivel explicativo. Los resultados obtenidos de las características del suelo a 0.50 m. es del tipo CL con un 57% de contenido de humedad, a 1.0 m. es CL con un 33%, a 1.50 m. con un suelo SM con 18%, y a 2.0 m. con un 29% de SP y 29% de CL respectivamente. Asimismo, la capacidad portante que presenta los suelos es variable, con resistencias superiores a 1 kg/cm<sup>2</sup> y ésta va aumentando según la profundidad, obteniendo a los 6 m. de 0.984 - 1.932 kg/cm<sup>2</sup>. Las características de la subrasante de las vías presentan un contenido de humedad que oscila de 16.81% y 17.38%, con una MDS de 1.965 gr/cc. y 1.967 gr/cc., y presentando un CBR al 95% de 6.45% y 6.52% en promedio respectivamente; la propuesta de mejoramiento de la subrasante es con la aplicación de ceniza de origen vegetal en porcentajes de 10% y 15%, generando mejoras significativas en las propiedades de la subrasante. Se concluye que, el comportamiento de suelos utilizando el ensayo de penetración estándar mostró que las características de los suelos varían según la profundidad, encontrándose suelos con mayor predominancia de suelos arcillosos, seguido de suelos arenosos y limosos; asimismo, la capacidad portante del suelo es variable según la profundidad, y la propuesta de mejoramiento de suelos estuvo enmarcada en el empleo de cenizas de origen vegetal, las cuales mostraron resultados óptimos generando un incremento sustancial del 25% en la capacidad de soporte del mismo con porcentajes de 10% y 15% respectivamente.

**Palabras clave:** Comportamiento de suelos, penetración estándar, propuesta de mejoramiento, subrasante.



## ABSTRACT

The research entitled "Evaluation of soil behavior using the standard penetration test and proposal for subgrade soil improvement in the province of San Román 2024" aimed to evaluate soil behavior using the standard penetration test and develop a proposal for subgrade soil improvement. An experimental design methodology, quantitative approach, applied type and explanatory level were used. The results obtained from the soil characteristics at 0.50 m are of type CL with 57% moisture content, at 1.0 m it is CL with 33%, at 1.50 m with an SM soil with 18%, and at 2.0 m with 29% SP and 29% CL respectively. Likewise, the bearing capacity of the soils is variable, with resistances greater than 1 kg/cm<sup>2</sup> and this increases with depth, reaching 6 m. of 0.984 - 1.932 kg/cm<sup>2</sup>. The characteristics of the subgrade of the roads present a moisture content ranging from 16.81% and 17.38%, with an MDS of 1,965 gr/cc. and 1,967 gr/cc., and presenting a CBR at 95% of 6.45% and 6.52% on average respectively; the proposal for improvement of the subgrade is with the application of ash of vegetable origin in percentages of 10% and 15%, generating significant improvements in the properties of the subgrade. It is concluded that, the behavior of soils using the standard penetration test showed that the characteristics of the soils vary according to depth, finding soils with a greater predominance of clayey soils, followed by sandy and silty soils; Likewise, the soil's bearing capacity varies depending on the depth, and the soil improvement proposal was framed within the use of ashes of plant origin, which showed optimal results, generating a substantial increase of 25% in the soil's bearing capacity with percentages of 10% and 15% respectively.

**Keywords:** Soil behavior, standard penetration, improvement proposal, subgrade.



## INTRODUCCIÓN

Hoy en día el desarrollo de la ingeniería civil presenta una mayor exigencia en muchos aspectos uno de ellos es sin duda el aspecto de suelos. La necesidad de poder desarrollar construcciones de diversas edificaciones exige conocer con mayor detalle el comportamiento de suelos conociendo la tipología y las características de capacidad portante del mismo a una profundidad considerable razón por la cual el ensayo de penetración estándar es de gran ayuda por la confiabilidad de data que nos permite recabar y esta poder ser empleada por los profesionales respectivos poder desarrollar una tipología de cimentación idónea para la estructura. Asimismo, no solo las edificaciones requieren conocer las características del suelo si no en distintos ámbitos ingenieriles es de vital importancia este aspecto tal es el caso de las obras de infraestructura vial. Dada la importancia de estas ya que permiten el desarrollo económico y social de las personas tanto en el ámbito urbano y rural en la provincia de San Román el diseño y la construcción de vías presenta diversos desafíos las situaciones las cuales, entre los cuales destacan las características inadecuadas de los suelos de subrasante, que suelen presentar baja capacidad relativa de soporte (CBR) y susceptibilidad a las variaciones climáticas, lo que genera un deterioro acelerado del estado de esta

Una de las formas de poder mejorar el parámetro de capacidad relativa de soporte (CBR) de la subrasante es emplear estabilizadores ya sean de origen tradicional o no tradicional

Los métodos tradicionales que emplean materiales como cemento y cal, han demostrado ser efectivos, pero presentan ciertas incidencias en el aspecto ambiental y en el aspecto de costo. Esto ha impulsado a buscar el empleo de otros elementos que puedan ser más sostenibles y que presenten un efecto mínimo al medio ambiente.



Tal es el caso de las cenizas de origen vegetal, derivadas de residuos agrícolas y forestales, presentan una opción para la estabilización de suelos. Estas cenizas, ricas en compuestos puzolánicos como óxido de calcio y sílice, poseen la capacidad de reaccionar químicamente con los minerales presentes en los suelos, mejorando su resistencia y durabilidad. Además, su utilización contribuye a la gestión sostenible de residuos

Este estudio en mención presente ser un aporte al conocimiento técnico en el ámbito de la ingeniería civil, considerando como parámetros importantes la capacidad portante y la capacidad relativa de soporte del suelo según la topología de infraestructura (edificaciones y obras viales).

El trabajo investigativo conlleva 4 capítulos dentro de los cuales se aborda distintos aspectos necesarios para poder concretizar los objetivos trazados los cuales dieron lugar al resultado general de la investigación. A continuación de detalle el contenido de cada uno de los capítulos mencionados.

En el capítulo I: Esta sección se analizan la situación problemática, la justificación en los ámbitos técnico, económico, social y ambiental los objetivos, alcance, limitaciones importancia que presenta la investigación, hipótesis respectivas y la operación de variables.

En el capítulo II: Dentro de este acápite esta enmarco el marco teórico el cual está conformado por tres aspectos desarrollados en la misma tales como antecedentes, las bases teóricas para una mejor comprensión de las variables estudiadas, y finalmente el marco conceptual,

En el capítulo III La metodología empleada citando aspectos desarrollando aspectos inherentes a la investigación como enfoque, método, tipo nivel, diseño, población, muestra, técnicas e instrumentos empleados y como punto final el proceso de trabajos desarrollados por cada objetivo.



En el capítulo IV, Se considerará los resultados que se hallaran con los respectivos ensayos, así como la discusión frente a los antecedentes que se tomaron en cuenta.



## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Análisis de la situación problemática.

La estabilidad del material de cimentación vendrá definida por el comportamiento del material de cimentación situado en las profundidades de impacto de las tensiones generadas. Todas las obras de ingeniería civil, a escala global, descansan sobre el terreno de una forma u otra, y muchas de ellas también utilizan la tierra como elemento estructural. La creación de metodologías que nos permitan identificar la capacidad máxima de carga del terreno, el tipo de suelo, los asentamientos admisibles, la magnitud y distribución de las cargas y la existencia de la capa freática es una de las cosas más importantes que debemos hacer. A partir de estas características, que se describen aquí, se puede proponer un tipo de cimentación para la construcción de edificios.

En el ámbito internacional, el crecimiento de las redes viales enfrenta en entornos adversos. En muchos países en desarrollo, las vías constituyen un componente esencial para conectar sectores, pero su construcción y mantenimiento son costosos debido a las condiciones precarias de los suelos de subrasante. Diversos estudios en Asia, África y América Latina han explorado el uso de estabilizadores alternativos, como cenizas



vegetales, debido a su bajo costo y sus beneficios medioambientales. Por ejemplo, en India y Nigeria se han realizado avances en la estabilización de suelos con cenizas de cáscara de arroz y palma aceitera, demostrando mejoras significativas en la resistencia del suelo y reducciones en la dependencia de materiales convencionales como el cemento y la cal. Sin embargo, estos esfuerzos enfrentan desafíos en la estandarización de metodologías y la evaluación de resultados en diferentes condiciones geográficas y climáticas.

A nivel nacional este aspecto también es presente cuando se quiere desarrollar edificaciones de distinto índole en donde se requiera proponer una alternativa de cimentación, el problema radica en que en la mayoría de casos no se conoce las características del suelo a profundidades mayores a los 2 metros donde se quiere edificar esto generalmente se desarrolla en estructuras autoconstruidas lo cual con el pasar del tiempo empieza a generar problemas como fisuras asentamientos u otra a la estructura.

En el Perú, las vías de índole rural representan aproximadamente el 85% de la red vial nacional y desempeñan un papel crucial en la conectividad de comunidades alejadas. Sin embargo, más del 50% de estas vías están en estado regular o malo debido a problemas estructurales derivados de suelos de baja calidad y un mantenimiento deficiente. La dependencia de materiales tradicionales para la estabilización y construcción incrementa los costos y limita la sostenibilidad de los proyectos viales. En respuesta, el gobierno y diversas instituciones académicas han comenzado a explorar el uso de materiales alternativos, como residuos industriales y agrícolas, para reducir costos y mitigar impactos ambientales. Pese a estos avances, aún existe una brecha significativa en la implementación a gran escala de estos enfoques innovadores, especialmente en zonas rurales con recursos limitados.

En el ámbito local la provincia de San Román presenta una variabilidad de suelos las cuales presentan diversas características si bien es cierto se conoce estas particularidades a una cierta profundidad se desconoce el comportamiento de estos a



profundidades mayores a 2 metros y es aquí donde se hace presente el ensayo de penetración estándar el cual nos permitirá conocer el comportamiento mecánico vale decir la capacidad portante de los suelos a profundidades desde los 2 a 6 metros respectivamente.

En la provincia de San Román del departamento de Puno, tanto las vías de índole urbano rural constituyen, las condiciones climáticas extremas, son un factor que tiene incidencia negativa en estos tipos de suelos (subrasantes) que en su gran mayoría presenta composición fina (limos, arcillas), lo que resulta en vías rápidamente deterioradas. A razón de la problemática citada se tomó la iniciativa de poder desarrollar una propuesta considerando factores ambientales y de bajo costo por lo cual ha de emplearse cenizas de origen vegetal.

## **1.2 Planteamiento del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cómo evaluar el comportamiento de los suelos utilizando el ensayo de penetración estándar y desarrollar una propuesta de mejoramiento de los suelos de subrasante en la provincia de San Román 2024?

### **1.2.2 Problemas específicos**

1. ¿Cuáles son las propiedades físicas a diferentes profundidades que presenta los suelos en la provincia de San Román?
2. ¿Cómo es el comportamiento de la capacidad portante de los suelos a diferentes profundidades según el desarrollo del ensayo de penetración estándar en la provincia de San Román?
3. ¿Cuáles son las características físicas y de capacidad de soporte relativo que presentan la subrasante de vías en la provincia de San Román?



4. ¿Cuál será la propuesta de mejoramiento de la subrasante de vías en la provincia de San Román?

### **1.3 Justificación de la investigación.**

#### **1.3.1 Justificación técnica**

Las subrasantes de las carreteras en la provincia de San Román. En concreto, la investigación se está llevando a cabo como preparación para la construcción de carreteras. Como base para mejorar las cualidades de la subrasante mediante la utilización de un estabilizador no tradicional, también proporciona datos sobre la influencia de un elemento específico como base para la mejora.

#### **1.3.2 Justificación económica**

La presente investigación se justifica en el ámbito económico primeramente debido al empleo del ensayo de SPT con el cual se conseguirá data importante del comportamiento de los suelos en la provincia de San Román, el mencionado ensayo tiende a ser relativamente no tan costoso frente a otros tipos de ensayos que brinda aspectos similares. La segunda a poder proponer una alternativa no tradicional para el mejoramiento de subrasantes a través de elementos que se pueden conseguir a un bajo costo lo cual constituye un ahorro significativo.

#### **1.3.3 Justificación social**

La presente investigación presenta su justificación de desarrollo en el ámbito social ya que al poder presentar y sintetizar resultados de los suelos en aspectos de tipología y capacidad portante puede ser tomado como un referente por profesionales del área de construcción civil constituyendo un aporte en este ámbito, Asimismo el segundo aspecto es de proponer una medida que pueda mejorar el estado condicional de la subrasantes mejorando sus propiedades constituirá un aporte significativo ya que el mejoramiento de transitabilidad constituye un aporte valioso.



### 1.3.4 Justificación ambiental

Presenta su justificación primeramente al poder brindar información sobre las características de los suelos se evita el poder tener futuras estructuras en colapso lo cual sería un agente de contaminación ambiental debido a los escombros que se produciría, el segundo lugar al poder plantear un mejoramiento de la subrasante a través de materiales que no se usan se estaría contribuyendo a minimizar el impacto ambiental de estos elementos.

## 1.4 Objetivos

### 1.4.1 Objetivo general

Evaluar el comportamiento de los suelos utilizando el ensayo de penetración estándar y desarrollar una propuesta de mejoramiento de los suelos de subrasante en la provincia de San Román 2024.

### 1.4.2 Objetivos específicos

1. Determinar las propiedades físicas a diferentes profundidades que presenta los suelos en la provincia de San Román.
2. Evaluar el comportamiento de la capacidad portante de los suelos a diferentes profundidades según el desarrollo del ensayo de penetración estándar en la provincia de San Román.
3. Determinar las características físicas y de capacidad de soporte relativo que presentan la subrasante de vías en la provincia de San Román.
4. Desarrollar una propuesta de mejoramiento de la subrasante de vías en la provincia de San Román.



### 1.5 Importancia y alcance de la investigación

La presente investigación basa su importancia ya que tendrá efectos en diversos aspectos generado impactos es crucial debido a su impacto en los ámbitos técnico, económico, social y ambiental. Primeramente, por información que se presenta a través de resultados de la caracterización de suelos a través del ensayo de SPT a una profundidad considerable data que puede ser empleada de diversas formas.

La segunda al poder desarrollar una medida de mejoramiento de la subrasante de vías a través de un método no tradicionales empleando materiales que se encuentran a disposición contribuye no solo al mejoramiento del elemento si no contribuye como medida de reducción de contaminación al entorno.

### 1.6 Limitaciones y delimitaciones de la investigación

#### 1.6.1 Limitaciones

Durante la ejecución de los trabajos concernientes a los objetivos trazados se presentaron diversas limitaciones comenzando por que en ciertas zonas al desarrollar los ensayos de muestreo en calicatas y SPT la población circundante se oponía en aquellas zonas libre aduciendo que perjudicamos el suelo con los trabajos, otra de las principales limitaciones era el de conseguir el material no tradicional ya que no era época de cosechas y dicho material era relativamente escaso.

#### 1.6.2 Delimitación

La investigación se enfocará exclusivamente en la localidad de Juliaca de la provincia de San Román por ser el distrito que presentan mayor desarrollo en los ámbitos de obras ingenieriles Asimismo presenta diversas vías a nivel de subrasantes (vías no pavimentadas).

En cuanto al alcance temporal, el estudio cubrirá un periodo de 1 años, desde mediados del 2024 hasta mediados del 2025, tiempo durante el cual se realizarán la



recolección de muestras, los experimentos de laboratorio y las evaluaciones de campo. Asimismo, el elemento empelado para el mejoramiento fue recolectado de materiales circundantes a la ciudad de Juliaca.

## **1.7 Hipótesis**

### **1.7.1 Hipótesis general**

El comportamiento de los suelos utilizando el ensayo de penetración estándar mostrara que las características físicas son variables y que la capacidad portante es variable presentando un ligero incremento según la profundidad, la propuesta de mejoramiento de los suelos de subrasante estará dada por aplicabilidad de alternativas no tradicionales.

### **1.7.2 Hipótesis específicas**

1. Las propiedades físicas a diferentes profundidades que presenta los suelos en la provincia de San Román son variables y regulares.
2. El comportamiento de la capacidad portante de los suelos a diferentes profundidades según el desarrollo del ensayo de penetración estándar en la provincia de San Román muestra que esta presenta un ligero incremento según la profundidad.
3. Las características físicas y de capacidad de soporte relativo que presentan la subrasante de vías en la provincia de San Román son variables y regulares.
4. La propuesta de mejoramiento de la subrasante de vías en la provincia de San Román estará dada por la aplicabilidad de estabilizadores no tradicionales.

## **1.8 Variables**

### **1.8.1 Variable independiente**

Comportamiento de suelos



### **Dimensiones:**

- Capacidad portante del suelo
- Grado de compactación
- Capacidad relativa de soporte CBR

### **1.8.2 Variable dependiente**

Mejoramiento de subrasante

### **Dimensiones:**

- Aplicación de ceniza de vegetal



### 1.9 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
<b>Independiente</b>				
Comportamiento de suelos	Características físicas, describen la composición del suelo el cual tiene efecto en las propiedades mecánicas del mismo.	Capacidad portante del suelo	Capacidad admisible	Equipo SPT
		Grado de compactación	Máxima densidad seca y Óptimo contenido de humedad	Equipos de proctor modificado
		Capacidad relativa de soporte	CBR	Equipos de CBR
<b>Dependiente</b>				
Mejoramiento de subrasante	Es un proceso técnico que implica la planificación y especificación de todos los elementos necesarios para asegurar el eficiente transporte de aguas residuales.	Aplicación de ceniza de vegetal	Proporciones de 10% y 15% de ceniza vegetal	Granulometría Límites de consistencia Proctor Ensayo de CBR



## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1 Antecedentes internacionales

Según He et al., (2023), en su trabajo "Caracterización del sitio de suelos aluviales de arena limosa mediante pruebas dinámicas in situ y de laboratorio"; El suelo es normalmente un material heterogéneo y no uniforme ya que está formado por diversos tipos de materia. La comprensión de los parámetros del suelo es una de las tareas más complejas del diseño geotécnico. Es necesario realizar algunas pruebas de laboratorio del suelo para las prácticas de ingeniería. Las pruebas realizadas en los centros de investigación requieren demasiado tiempo y, además, son excesivas. Hay otra forma opcional de recuperar los parámetros del suelo directamente desde el informe de investigación de campo del suelo para tener tiempo libre y buscarlos. El objetivo de esta consideración es explorar las relaciones de los parámetros del suelo con los aparatos de investigación de suelos más comúnmente utilizados, SPT y CPT, y otros parámetros del suelo que se relacionan con aplicaciones directas en la práctica de diseño. En esta investigación, se crearon cuatro conjuntos de pruebas in situ para estudiar la idoneidad de



diferentes relaciones CPT-SPT existentes con los suelos aluviales de arena limosa. Las pruebas recuperadas de las pruebas SPT contienen una suma calculable de finos (fc) que se extiende desde 3,5 a 39,2 por ciento y una medida media de grano (D50) que se extiende desde 0,09 a 0,23 mm. Ponder ha demostrado que la relación  $q_c / N$  en función de D 50 y las relaciones basadas en fc son ineficazmente pertinentes para los suelos arenosos limosos. Este artículo recomienda que la relación  $q_c / (N + 60)$  en función del aumento constante puede estar mucho mejor relacionada en suelos de arena limosa que en las relaciones D 50 o fc basadas en instalaciones de investigación. También se ha hecho un esfuerzo para realizar una investigación comparativa del punto de contacto interno convincente obtenido de CPT, SPT, pruebas de corte directo y pruebas triaxiales.

Según Sravan et al., (2023) en su investigación "Propiedades de resistencia de la estabilización del suelo con ceniza de hojas de plátano", tuvo como objetivo evaluar el efecto de añadir proporciones variables (5%, 15% y 25%) de ceniza de hojas de plátano al suelo rojo, con el fin de determinar su idoneidad como material para caminos, terraplenes, subrasantes y rellenos estructurales. Para obtener la ceniza, las hojas de plátano se recolectaron de una finca, se limpiaron y se secaron a temperatura ambiente para facilitar su combustión. Posteriormente, las hojas secas se quemaron hasta formar cenizas, las cuales fueron almacenadas en bolsas para protegerlas de la humedad y la contaminación. Para asegurar una granulometría uniforme, las cenizas se tamizaron mediante un tamiz IS de 90  $\mu\text{m}$ . Por su parte, las muestras de suelo rojo fueron sometidas a pruebas iniciales para analizar su consistencia, compactación y resistencia. El programa experimental se dividió en dos fases principales. En la primera fase, se evaluaron las propiedades índices y geotécnicas del suelo en su estado natural. En la segunda, se mezclaron las muestras de suelo con ceniza de hojas de plátano en proporciones del 5%, 15% y 25% del peso seco del suelo. Los resultados mostraron que la incorporación de ceniza de hojas de plátano mejoró significativamente las propiedades mecánicas del suelo. En términos de desempeño, el estudio reveló que la ceniza de hojas de plátano actúa como un



estabilizador eficaz y de bajo costo para el suelo rojo. Entre los hallazgos más destacados, se observó que el índice CBR (California Bearing Ratio) del suelo aumentó de un 12.6% en su estado natural a un 28.2% con la adición del 15% de ceniza de hojas de plátano. Asimismo, la resistencia a la compresión sin confinamiento mejoró de 0.705 kg/cm<sup>2</sup> a 3.16 kg/cm<sup>2</sup> con la misma proporción de ceniza. No obstante, el estudio también encontró que al añadir más del 20% de ceniza de hojas de plátano, los beneficios en resistencia y capacidad de carga disminuyen. Por lo tanto, el porcentaje óptimo para mejorar las propiedades del suelo es del 15%. En conclusión, el uso de ceniza de hojas de plátano como estabilizador de suelo ofrece una solución económica y sostenible. Este material representa una alternativa viable para proyectos de construcción de pavimentos y otras aplicaciones geotécnicas donde el suelo rojo es predominante.

### 2.1.2 Antecedente nacional

Según Gonzales (2024) en su investigación "Diseño del afirmado estabilizando la subrasante con ceniza cáscara de café y líquido de musa paradisíaca, carretera Jaén – Virginia, Cajamarca 2023" la investigación se llevó a cabo utilizando una técnica que incluía enfoques aplicados, cuantitativos, explicativos y experimentales. Se determinó que la dosis adecuada era la sustitución del 12 % de CCC por tierra y del 12 % de LMP por agua, según los resultados obtenidos. En comparación con la muestra estándar, los límites líquidos (LL), los límites plásticos (LP) y los índices plásticos (IP) en los tres pozos de prueba mejoraron como resultado de esta combinación. Los valores de LL disminuyeron en 5, 6 y 13 unidades, los valores de PL disminuyeron en 1, 3 y 8 unidades, y los valores de PI disminuyeron en 4, 3 y 5 unidades para los pozos de prueba C-1, C-2 y C-3, respectivamente. A pesar de ello, no se observó ninguna mejora apreciable en los valores límite para las dosificaciones de 16 % CCC + 16 % LMP y 20 % CCC + 20 % LMP. Por otro lado, la dosis que incluía un 20 % de sustitución de CCC por tierra y un 20 % de sustitución de LMP por agua dio lugar a una mejora en los valores de contenido de humedad y densidad seca máxima para el pozo C-1. Concretamente, el contenido de



humedad se redujo en un 1,25 % y la densidad seca máxima aumentó en 0,12 gramos por centímetro cúbico. Se observó que el contenido de humedad del pozo C-3 había disminuido en un 2,6 %, mientras que la densidad seca máxima había aumentado en una cantidad similar. Con una dosis del 16 % de CCC por suelo y del 16 % de LMP por agua, se obtuvo el resultado óptimo en el caso del pozo C-2. Esto dio lugar a una reducción de la humedad del 0,94 % y a un aumento de la densidad seca máxima de 0,14 g/cm<sup>3</sup>, en comparación con el suelo normativo. Al 95 % de la densidad seca máxima (MDS), la dosis del 16 % de CCC por suelo y del 16 % de LMP por agua fue una forma eficaz de maximizar los valores medios de CBR. En comparación con la muestra estándar, los pozos de prueba C-1, C-2 y C-3 lograron aumentos del 6,07 %, 5,31 % y 4,23 %, respectivamente. Se observó que el espesor del suelo tratado se redujo significativamente, lo cual fue resultado del diseño del pavimento. Partiendo de espesores iniciales de 40,93 cm, 33,93 cm y 30,40 cm en el suelo sin tratar, la dosis del 16 % de CCC por suelo y del 16 % de LMP por agua permitió reducciones máximas de 18,30 cm, 18,21 cm y 18,89 cm para los pozos de prueba C-1, C-2 y C-3, respectivamente. Estas reducciones se lograron mediante las reducciones máximas. Como resultado, se pudo determinar que el espesor total era de 19 centímetros.

Según Gonzales (2023) en su estudio titulado "Mejoramiento de la estabilización de la capa de rodadura a nivel de afirmado incorporando ceniza de hoja de eucalipto, Huari, 2023", En la avenida 14 de Junio, el objetivo general era determinar el efecto que tendría la incorporación de ceniza de hoja de eucalipto (HE) en la estabilización de la capa de rodadura a nivel de la subbase. En el estudio se adoptó un método cuantitativo y se diseñó con un enfoque experimental y un nivel descriptivo. Bajo el sistema SUCS, se llevaron a cabo determinaciones de consistencia, granulometría y categorización en muestras que se recogieron de tres pozos de prueba diferentes. Se determinó que la muestra con el mayor índice plástico (PI) sería la que se sometería al tratamiento con adiciones de ceniza de hojas de eucalipto en lo sucesivo. Los resultados mostraron una reducción progresiva del índice plástico conforme se incrementó la proporción de ceniza. El suelo patrón (S100.0 –



HE0.0) presentó un IP de 13.00%. Con la incorporación del 2.50% y 5.00% de ceniza de HE, el IP disminuyó a 12.00% y 10.00%, respectivamente. Finalmente, con el 7.50% de ceniza, el IP se redujo a 9.00%. Esta mejora se atribuye al aumento del contenido de humedad en los estados de consistencia, lo que favoreció una mayor trabajabilidad del suelo. Por otro lado, se observó que la incorporación de ceniza de hoja de eucalipto incrementó la máxima densidad seca (MDS) y redujo el contenido óptimo de humedad en la capa de rodadura. Además, la ceniza de hoja de eucalipto influyó directamente en las características físicas del California Bearing Ratio (CBR) al 95% de la MDS. Los valores obtenidos fueron 8.80%, 12.20%, 13.10% y 14.80% para contenidos de 0.00%, 2.50%, 5.00% y 7.50% de HE, respectivamente. Asimismo, al analizar el CBR al 100% de la MDS, se obtuvieron valores de 14.40%, 17.80%, 19.10% y 20.20% para los mismos contenidos de HE, destacando que el 5.00% fue identificado como el porcentaje óptimo. Este nivel de adición no solo presentó un balance ideal entre mejoramiento del CBR y trabajabilidad, sino que también resultó más económico y sustentable para ser utilizado en suelos del tipo GC, propios de la zona en estudio.

### 2.1.3 Antecedente local

Según Condori y Carrizales (2025) en su trabajo de investigación denominado: "Correlaciones entre los ensayos SPT – DPL – CTP en los suelos arenosos de Mucra-I, Juliaca". Se suponía que la prueba de penetración estándar (SPT), el penetrómetro dinámico ligero (DPL) y la prueba del cono de Peck (CTP) debían estar correlacionadas entre sí. Este era el objetivo principal. Se compararon y correlacionaron entre sí la serie DPL frente a SPT y la serie CTP frente a SPT. Otra cosa que se hizo fue calcular la capacidad de carga de cada punto de exploración. La población son los suelos de Mucra-I, que cubren una superficie de 4168 metros cuadrados, y la muestra se compone de tres lugares de exploración en suelos clasificados como SM, que significa arena limosa. Estos puntos de exploración se encuentran a profundidades que oscilan entre 2,25 y 5,10 metros por debajo de la superficie natural del terreno. Con un coeficiente de determinación  $R^2$  del



90,27 % para la primera serie y del 96,85 % para la segunda serie, que corresponde a suelos arenosos, las correlaciones se realizaron con la ayuda del software Minitab, y los resultados demostraron ser correlaciones positivas. Cuando la carga se mide a una profundidad de 3,60 metros, los valores de carga aceptables se encuentran entre 1,10 y 1,80 kilogramos por centímetro cuadrado. Según los resultados de los coeficientes R<sup>2</sup>, que se determinaron empleando el método de mínimos cuadrados, los valores son relativamente cercanos a 1,00. Entre las pruebas que se realizaron en el área de investigación, este hallazgo permitió establecer la carga aproximada permitida.

Según Pequeña y Sanchez (2024), en su investigación "Influencia de la adición de cenizas de tallo de quinua y aserrín en el diseño del pavimento y en las propiedades de la subrasante, carretera Crucero-Oscoroque, Puno 2023". El objetivo principal de este estudio fue identificar las formas en que la inserción de estos elementos influye en las propiedades físicas y mecánicas del suelo de la subbase, así como el impacto que esto tiene en el diseño del pavimento. Con una metodología aplicada, un enfoque cuantitativo, un diseño experimental y un nivel explicativo, este estudio se llevó a cabo en un tramo de dos kilómetros de la carretera Crucero-Oscoroque. El estudio se basó en ello. Se utilizó un muestreo no probabilístico para recoger muestras de suelo, y se utilizaron los tres pozos de sondeo situados a lo largo del tramo de investigación para extraer material. En el proceso de recopilación de datos se utilizaron procedimientos de observación y ensayo en laboratorio. Cuando el suelo se trató con ceniza de tallos de quinua y serrín, los resultados de los ensayos de laboratorio revelaron información significativa sobre las cualidades del suelo. A pesar de que la adición de estos minerales dio lugar a una mejora de las cualidades generales del suelo, según el índice de plasticidad (PI), se descubrió que en algunos casos no se obtuvieron valores óptimos. La prueba Proctor modificada reveló que el porcentaje de adición más adecuado era del 16 % de cenizas (CA), lo que dio como resultado una densidad seca máxima del 39,19 %. Este valor era muy superior al de la



muestra estándar, que era del 39,19 %. Cuando el suelo se compactó al 95 % y al 100 % de su densidad máxima, los valores obtenidos se evaluaron en función de su capacidad portante (CBR). Se obtuvo un CBR del 20,88 % con la adición del 14 % de CA, y un valor del 43,06 % con la adición del 16 % de CA. Los resultados más ventajosos se obtuvieron con la adición del 14 % de CA. El uso de estos materiales como mejoradores en proyectos de construcción de carreteras es una opción viable, como lo demuestra el hecho de que estas ventajas implican una mejora significativa en la resistencia y la capacidad de carga del suelo tratado. Tras realizar la investigación, los investigadores llegaron a la conclusión de que la incorporación de cenizas de tallos de quinua y aserrín en la subbase tiene un efecto beneficioso en las cualidades de la subbase, lo que permite mejorarla como material base para el diseño del pavimento. Además, la investigación destaca el hecho de que la incorporación de estos productos agroindustriales y residuos de madera no solo contribuye a la preservación del medio ambiente mediante su reutilización, y soportar las cargas del tráfico.

Según Canihua (2023) en su investigación "Influencia de ceniza de tallo de avena en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante, prolongación Av. Tacna, Juliaca – 2023", Se añade ceniza de paja de avena al subsuelo en porcentajes del 5 %, 10 %, 15 % y 20 % con el fin de determinar el impacto que tiene en las propiedades mecánicas y físicas del subsuelo. Tras la incorporación de este material, el objetivo principal era realizar un análisis de las características que se producían como resultado del subsuelo. Se adoptó un enfoque cuantitativo y explicativo en el laboratorio y se utilizó una metodología experimental. Se observó que la resistencia del suelo aumentaba significativamente a medida que aumentaba la proporción de ceniza de paja de avena incorporada al suelo. La muestra estándar inicial tenía un CBR del 6,76 %. Además, se examinó y analizó el índice de plasticidad del suelo. Al comparar el índice de plasticidad de Calicata 01 con el de la muestra de referencia, se observó que el primero presentaba una reducción del 24,5 %, mientras que el segundo presentaba una reducción del 36,67 %. Esto demuestra que el



índice de plasticidad disminuye en proporción al porcentaje de ceniza de paja de avena presente en el suelo. Esto da lugar a un aumento de la aceptabilidad del suelo para su uso como subbase y a una mejora de su trabajabilidad. En cuanto a la resistencia del suelo, las pruebas CBR realizadas con muestras recogidas de los pozos de prueba 01 y 02 indicaron que la adición de ceniza de paja de avena aumenta considerablemente la capacidad de carga del suelo. Estas pruebas también mostraron una mejora significativa en las cualidades físicas y mecánicas de la tierra, lo que indica que la subbase ha mejorado considerablemente. La conclusión es que la incorporación de ceniza de paja de avena en los suelos de la subbase en porcentajes cada vez mayores da lugar a una mejora significativa de sus características mecánicas. Esta mejora incluye una reducción del índice de plasticidad de los suelos y un aumento de su resistencia. Este material puede utilizarse de manera eficiente para maximizar las características de los suelos arcillosos en proyectos de infraestructura vial, como lo demuestran estos datos, que demuestran que este material puede emplearse.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Suelo y su origen**

La desintegración de las rocas, así como la alteración física y/o química de las mismas, y los restos de las actividades de los seres vivos que se depositan en el suelo son las fuentes del suelo, que es una capa delgada que se encuentra en la corteza terrestre. La composición del suelo es idéntica a la de las rocas cuando el efecto modificador de estas se lleva a cabo mediante el uso de medios físicos. Es posible que la composición mineralógica del suelo sea distinta de la de la roca madre cuando el mecanismo por el que se crea el suelo es químico.

El término «desintegración física» se refiere al proceso por el cual las rocas sufren meteorización como resultado de agentes físicos. Estos agentes incluyen variaciones periódicas de temperatura, la aplicación de agua helada a las juntas y fisuras de las rocas,



la influencia de criaturas, plantas y otros elementos. Como resultado de estos eventos, las rocas se convierten en arena o, en muchos casos, en limo, y la arcilla solo se forma en circunstancias excepcionales. El sol, el agua, el viento y los glaciares son ejemplos de agentes físicos que pueden provocar cambios en las rocas si están presentes. Los agentes físicos no pueden reducir los trozos de roca a tamaños individuales inferiores a 0,01 milímetros, a pesar de que estos agentes desempeñan un papel importante en la creación del suelo.

El cambio en la composición mineralógica o química de las rocas es lo que se entiende por «descomposición química», término que describe la actividad de las sustancias que atacan las rocas. Dado que el agua es el agente principal, no es de extrañar que la oxidación, la carbonatación y la hidratación sean los mecanismos de ataque más importantes.

### 2.2.2 Tipos de Suelos

a. **gravas.** Según los criterios de clasificación granulométrica, la grava es un tipo de suelo que se caracteriza por la presencia de partículas grandes con un diámetro que oscila entre 2 mm y 64 mm. Entre estas partículas, que pueden tener forma redondeada o angular, se incluyen minerales como el cuarzo, el granito, el basalto y otras formas de roca. Las gravas se caracterizan por su extraordinaria capacidad de drenaje del agua y su increíble resistencia mecánica. Esto es consecuencia de su gran tamaño y composición. Las corrientes tienden a mover y depositar estas partículas en los lechos de los ríos y las llanuras aluviales, por lo que se encuentran con frecuencia en entornos relacionados con cursos de agua y cuencas fluviales. La creación de hormigón, la pavimentación de carreteras y el uso de grava como material de relleno para diversos proyectos de ingeniería son solo algunas de las muchas aplicaciones que tiene la grava en la industria de la construcción. La grava es un recurso útil para una gran variedad

de usos debido a su alta permeabilidad y estabilidad, lo que contribuye al desarrollo de estructuras robustas y duraderas.

### Figura 1

#### Grava



**Nota.** Áridos y Canteras EGA, 2009

- b. Arenas** Los materiales de grano fino son aquellos cuyas partículas tienen un diámetro comprendido entre 2,0 mm y 0,075 mm y se generan como resultado de la erosión de las rocas o de la trituración artificial de las mismas.
- c. Limos.** La textura de los suelos limosos, que tienen diámetros que oscilan entre 0,002 mm y 0,05 mm, es la característica principal que los distingue de otros tipos de suelos en el campo geotécnico. Estos suelos se caracterizan por una sensación similar a la de la seda y por el hecho de que sus cualidades se encuentran entre las de los suelos arenosos y los suelos arcillosos. Los suelos limosos tienen una capacidad moderada para almacenar agua y, sin embargo, muestran una buena permeabilidad, lo que hace que el agua pueda drenarse con relativa facilidad. Esto se debe a que las partículas que componen los suelos limosos son de tamaño intermedio. Tienden a ser más friables, ya que su estructura no es tan cohesiva como la de los suelos arcillosos. La capacidad de los suelos limosos para retener los nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas y facilitar el desarrollo de las raíces es una de las razones por las que existe una gran demanda de ellos en el sector agrícola. Sin embargo, a la

hora de construir proyectos de edificación, es fundamental tener en cuenta la compactación y la estabilidad de estos suelos en el ámbito de la ingeniería geotécnica. Esto se debe a que estos suelos son susceptibles de sufrir cambios de volumen y asentamientos como consecuencia de las diferencias en la cantidad de humedad presente. Para resolver los problemas y aprovechar al máximo las ventajas que ofrecen los suelos limosos en diversos contextos, es esencial comprender bien las características específicas que poseen.

## Figura 2

### *Limos*

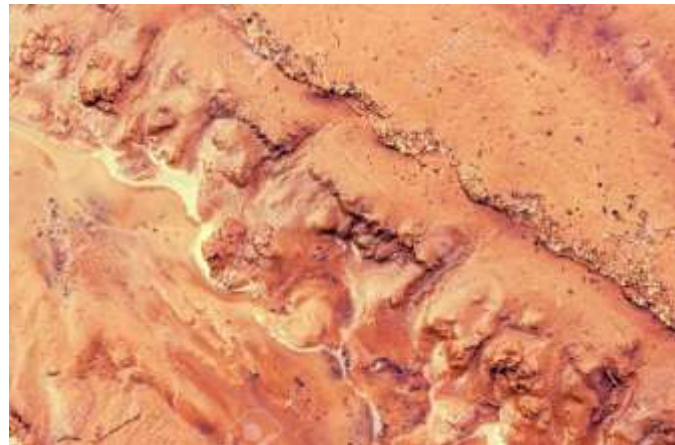


d. **Arcillas.**, Con un diámetro inferior a 0,002 milímetros. Las partículas en cuestión son minerales arcillosos, que suelen caracterizarse por su alta cohesión y flexibilidad. Los suelos arcillosos producen una estructura espesa y una gran capacidad para retener agua debido a su textura fina. Cuando estos suelos están húmedos, tienen la capacidad de volverse pegajosos y flexibles; sin embargo, cuando están secos, tienden a encogerse y producir fracturas. Las estructuras que se construyen sobre ellos pueden verse afectadas en términos de estabilidad y comportamiento debido a su inclinación a retener agua y expandirse o contraerse en función de las condiciones de humedad. Además, pueden surgir problemas de drenaje debido a la baja permeabilidad de los suelos arcillosos. A pesar de estos retos, la fertilidad potencial de estos suelos les permite ser beneficiosos para la producción agrícola. Para resolver adecuadamente los

retos relacionados con los cimientos, las excavaciones y la estabilidad del terreno en los proyectos de construcción, es esencial tener un conocimiento sólido de los suelos arcillosos en la disciplina de la ingeniería geotécnica.

### Figura 3

*Arcilla*



## 2.2.3 Propiedades físicas del Suelo

### 2.2.3.1 Plasticidad del suelo

- a. **Limite Líquido:** se refiere el contenido de humedad en un suelo cuando se encuentra en el límite entre los estados semi-sólido y plástico. Este ensayo permite clasificar el suelo según su consistencia y determinar su comportamiento en condiciones de humedad específicas, lo cual es crucial para la ingeniería geotécnica, especialmente en la construcción de pavimentos y estructuras.
- b. **Limite plástico:** Tan pronto como el suelo forma un rollo con un diámetro de 3,18 milímetros, este es el contenido de agua a partir del cual el suelo comienza a agrietarse. Los resultados de esta prueba se ajustan a la norma ASTM D-4318.
- c. **Índice de plasticidad:** Es posible medir la plasticidad de un suelo utilizando el índice de plasticidad (PI), que es una medida de la capacidad del suelo para ser moldeado sin romperse. Es la fuente de este índice, que es un componente esencial en la organización de los suelos. Para evaluar el comportamiento del suelo en diferentes

circunstancias de humedad, es fundamental aplicar el índice de plasticidad, que se utiliza para caracterizar la consistencia y el comportamiento del suelo cuando pasa de un estado plástico a uno líquido.

$$(IP) = (LL) - (LP)$$

### 2.2.3.2 Granulometría

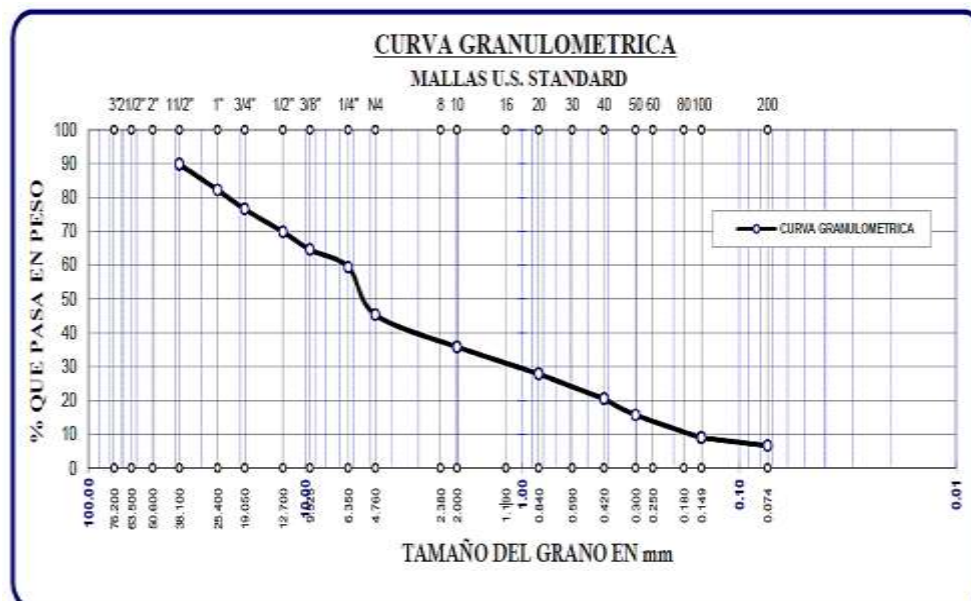
#### a. Análisis granulométrico por tamizados

Tomar una cantidad específica de suelo seco y pasarla por una sucesión de mallas cada vez más pequeñas, con una bandeja en la parte inferior, es el método que se utiliza para realizar un análisis granulométrico mediante tamizado. Esta prueba se lleva a cabo de acuerdo con las normas que se utilizan en nuestro país, que son la NTP 339.128 y la ASTM D422.

Es un instrumento que consiste en un marco rígido al que se le fija una malla. La malla se caracteriza por un espaciado uniforme entre los alambres, lo que se conoce como abertura de malla o tamaño de malla. La muestra de suelo que se va a analizar se pasa por el tamiz, y la parte del suelo que tiene partículas más grandes que la abertura del tamiz se retiene en cada tamiz. El tamiz es la herramienta fundamental para realizar esta prueba..

**Figura 4**

*Curva granulométrica*





Las cantidades que quedaron retenidas en cada uno de los tamices se pesan una vez finalizado el procedimiento de tamizado. A continuación, se genera un gráfico semilogarítmico para mostrar el porcentaje de muestra que quedó retenido (o pasó) en cada abertura del tamiz en función del peso de la muestra. ¡Es posible obtener información sobre el comportamiento del suelo mediante el análisis de una curva granulométrica!

## **b. Clasificación de suelos**

### **b.1 Sistema AASHTO**

El sistema AASHTO, siglas en inglés de la Asociación Americana de Funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte, es un método muy utilizado para clasificar los suelos. El diseño y la construcción de carreteras, terraplenes y otras estructuras relacionadas con el transporte son los principales objetivos de este sistema, que hace hincapié en sus cualidades.

### **b.2 Principios Básicos**

El sistema de clasificación de la Sociedad Americana de Hematología y Toxicología (AASHTO) divide los suelos en siete categorías principales, designadas como A-1 a A-7. Estos grupos se determinan según criterios tales como la distribución de las partículas del suelo y las propiedades plásticas del mismo. A partir de estos siete grupos principales, que constituyen la base de la clasificación, se generan subgrupos que proporcionan una clasificación más detallada.

### **b.3 Clasificación de Suelos**

- Los suelos granulares con muy pocas o ninguna partícula fina se clasifican como pertenecientes al grupo A-1. En lo que respecta a la construcción de carreteras, estos materiales, que suelen consistir en grava y arena, son los más idóneos debido a su capacidad de drenaje y compactación.



Los suelos que pertenecen al grupo A-2 también son granulares, pero contienen una mayor proporción de partículas diminutas. Según la cantidad de arena y arcilla que contienen, se dividen en los siguientes subgrupos: A-2-4, A-2-5, A-2-6 y A-2-7.

- Los suelos arenosos con una baja concentración de partículas pertenecen al grupo A-3. Las aplicaciones de drenaje son adecuadas para estos suelos debido a su alta permeabilidad.

- Los suelos con un mayor contenido de partículas finas, incluyendo limo y arcilla, se clasifican como pertenecientes a los grupos A-4 a A-7. La flexibilidad y la capacidad de retención de agua del material aumentan en proporción a la concentración de arcilla. La vulnerabilidad a los cambios volumétricos, estos grupos son menos elegidos para su uso en la construcción de carreteras.

#### **b.4 Uso y Aplicaciones**

- Debido a que ofrece un método rápido y consistente para determinar las cualidades del suelo y si son adecuadas o no para diversos usos en la construcción, la metodología AASHTO es un componente esencial de la ingeniería vial. En la construcción de carreteras, puentes, terraplenes y otros proyectos de infraestructura, los ingenieros pueden tomar decisiones informadas sobre el uso del suelo gracias a la categorización AASHTO.
- Para lograr una comprensión más profunda de las cualidades del suelo y las consecuencias que dichas propiedades tienen este enfoque se utiliza junto con otras metodologías de estudio geotécnico, como el enfoque de Clasificación Unificada de Suelos (USCS)

#### **b.2 sistema de clasificación SUCS**

Este método, diseñado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, se ha convertido en un estándar global para la clasificación de suelos, basándose en sus propiedades físicas, incluyendo la distribución granulométrica y el comportamiento plástico.



### ➤ Clasificación General

Los suelos granulares y los suelos finos son las dos categorías principales que utiliza el sistema SUCS para clasificar los suelos. La principal diferencia entre ambos tipos de suelos es la cantidad de partículas finas (arcillas y limos) que contienen.

Los suelos herbáceos se clasifican en dos categorías: grava, que tiene más del cincuenta por ciento de partículas entre cuatro y setenta y cinco micrómetros, y arena, que tiene más del cincuenta por ciento de partículas entre cuatro y setenta y cinco micrómetros. Los suelos granulares contienen menos del cincuenta por ciento de partículas finas, que son más pequeñas que 0,075 milésimas de pulgada.

- Los suelos finos se distinguen por la presencia de partículas finas en un mínimo del cincuenta por ciento y se dividen a su vez en suelos limosos y suelos arcillosos.

### ➤ Aplicaciones y Uso

Debido a que ofrece un marco estandarizado para clasificar los suelos, el sistema SUCS es un componente indispensable de la ingeniería geotécnica. Este marco permite a los ingenieros comprender las características y el comportamiento de los suelos en relación con el diseño de estructuras y proyectos de construcción. Cuando se trata de proyectos de construcción e infraestructura, esta clasificación proporciona a los ingenieros la información que necesitan para emitir juicios fundamentados sobre la capacidad de carga del suelo, la compacidad, el drenaje y otras dimensiones cruciales.

#### 2.2.4 Propiedades mecánicas del Suelo

**a. Resistencia al corte de suelos.** - Representa un parámetro geotécnico fundamental que determina su aptitud para resistir esfuerzos tangenciales sin colapsar. Este factor adquiere especial relevancia en la ingeniería geotécnica, dado que la interacción entre el terreno y las estructuras resulta crucial en el diseño de cimentaciones y otras obras civiles



- b. Cohesión.** - La cohesión del suelo tiene un impacto directo en su estabilidad y en su capacidad para soportar cargas, lo que la convierte en un factor importante a tener en cuenta en la ingeniería geotécnica a la hora de diseñar cimientos y otras estructuras. Para examinarla se utilizan ensayos en el cual se somete el suelo a una fuerza tangencial con el propósito de cuantificar su resistencia cohesiva.
- c. Angulo de fricción Interna.** - El ángulo de fricción depende de múltiples factores, entre ellos, la textura del suelo, la morfología de sus partículas y el contenido de humedad. En materiales granulares, como arenas y gravas, este parámetro suele presentar valores más elevados en contraste con los suelos cohesivos, como las arcillas. Su importancia radica en su aplicación dentro del diseño de cimentaciones y en el análisis de la estabilidad de taludes, siendo un aspecto clave en la ingeniería geotécnica.
- d. Capacidad Portante.** - Uno de los factores más importantes que se deben tener en cuenta al diseñar estructuras es la capacidad de carga del suelo. La capacidad de carga de una cimentación es la mayor presión que puede soportar sin sufrir fallos por cizallamiento o asentamientos. Es fundamental comprender este concepto antes de profundizar en los detalles de la situación. Es realmente necesario realizar un cálculo preciso para garantizar la seguridad y la estabilidad de las construcciones que se van a levantar sobre el terreno. La unidad de medida es  $\text{kg/cm}^2$ .

### 2.2.5 Ensayo de SPT

El ensayo SPT consiste en la introducción en el fondo de un sondeo geotécnico de una toma muestras normalizado unido a un tren de varillas, mediante el golpe en la cabeza caída desde una altura de 76 centímetros mientras se sostiene un martillo que pesa 63,5 kilogramos. El golpe se cuenta en tres o cuatro partes, cada una con una longitud de quince centímetros, y el valor N se determina sumando los valores de la segunda y tercera secciones. En el campo de la ingeniería geotécnica, esta prueba es una de las más antiguas. Su amplia aplicación en una gran variedad de terrenos a lo largo de varias décadas ha permitido establecer un gran número de correlaciones con otros parámetros



geotécnicos. Además, ha permitido la difusión de fórmulas empíricas para el cálculo directo de la capacidad de carga y los asentamientos, entre otras cosas.

### 2.2.6 Suelos de subrasante

Forman la base fundamental sobre la cual se construyen las capas superiores de un pavimento. Su función principal es proporcionar soporte estructural, distribuyendo las cargas provenientes del tráfico hacia las capas inferiores del terreno natural. Estos suelos son evaluados según tres propiedades principales: capacidad portante, que mide su resistencia para soportar cargas sin deformarse significativamente; plasticidad, que indica su capacidad para adaptarse a deformaciones sin fracturarse; y permeabilidad, que afecta la rapidez con que el agua puede atravesar el suelo (Rahman et al., 2022)

Adicionalmente, el comportamiento de los suelos de subrasante está directamente influenciado por factores ambientales, como cambios en la humedad y temperatura. Por ejemplo, los suelos arcillosos tienden a expandirse o contraerse significativamente según el contenido de agua, mientras que los suelos arenosos son más estables, pero menos cohesivos. Este conocimiento es clave para determinar el tipo de tratamiento o estabilización necesario en proyectos de pavimentación.

Las propiedades mecánicas de los suelos de subrasante determinan su desempeño frente a las cargas repetidas de vehículos. Entre estas, la resistencia a la compresión no confinada y el módulo de elasticidad son indicadores críticos para evaluar la rigidez y la capacidad del suelo para resistir deformaciones permanentes. Estos parámetros son especialmente importantes en suelos de carreteras sometidos a tráfico pesado (Khandani et al., 2023).

Desde una perspectiva química, la composición del suelo, como su contenido de óxidos metálicos y materia orgánica, influye en su interacción con estabilizadores externos. Por ejemplo, suelos con alto contenido de sílice pueden reaccionar favorablemente con aditivos puzolánicos como cenizas o escorias, formando compuestos cementantes que mejoran la cohesión del material. Además, los suelos con alta materia orgánica pueden

presentar desafíos, ya que esta puede interferir en las reacciones químicas necesarias para la estabilización.

### **2.2.7 Mejoramiento de subrasantes mediante estabilización**

La estabilización de suelos es una práctica central en la ingeniería geotécnica y civil, destinada a mejorar las propiedades deficientes de los suelos para que puedan cumplir con las demandas estructurales de diferentes aplicaciones, desde carreteras y aeropuertos hasta edificaciones y proyectos de control de erosión. A continuación, se desarrolla un análisis más profundo de los aspectos fundamentales y avances en la estabilización de suelos, organizados por secciones clave.

La estabilización de suelos es el conjunto de técnicas y procesos que modifican las propiedades de los suelos naturales para mejorar su comportamiento frente a cargas, clima y uso intensivo. Su propósito principal incluye:

- Mejorar la capacidad portante: aumentar la resistencia a cargas estáticas y dinámicas.
- Reducir deformaciones: minimizar la expansión, contracción y asentamiento del suelo.
- Aumentar la durabilidad: mejorar la resistencia del suelo a la intemperie, humedad y ciclos de congelación-descongelación.

Estos objetivos son esenciales para proyectos donde los suelos nativos presentan características adversas, como baja resistencia, alta plasticidad o susceptibilidad a la erosión.

#### **Métodos convencionales de estabilización**

Los métodos tradicionales han sido ampliamente utilizados por décadas y se centran en el uso de estabilizadores químicos. Algunos de los más comunes incluyen:

- Cemento: forma compuestos cementantes que mejoran la cohesión y resistencia del suelo. Es ideal para suelos arenosos.
- Cal: reduce la plasticidad de los suelos arcillosos, aumenta su resistencia a la humedad y mejora su trabajabilidad.



- Emulsiones asfálticas: proporcionan cohesión adicional y resistencia al agua en suelos granulares.

Sin embargo, estos métodos tienen desventajas como el alto costo y el impacto ambiental derivado de la emisión de gases de efecto invernadero durante la producción de cemento y cal (Inazumi et al., 2025)

### **Métodos alternativos y sostenibles**

La necesidad de soluciones más sostenibles ha llevado a la exploración de materiales y técnicas innovadoras para la estabilización de suelos. Algunos avances clave incluyen:

- Biopolímeros: materiales como guar gum o xantano, que aumentan la cohesión sin afectar significativamente el medio ambiente.
- MICP (Precipitación Microbiana Inducida por Carbonato): utiliza bacterias para formar carbonato de calcio en el suelo, mejorando su resistencia y durabilidad.
- Residuos industriales y agrícolas: cenizas de origen vegetal, escorias y fibras recicladas son alternativas sostenibles que pueden mejorar las propiedades mecánicas del suelo.

Estos métodos no solo reducen el impacto ambiental, sino que también pueden ser más económicos en ciertas aplicaciones (Harran et al., 2023).

### **Propiedades mejoradas con estabilización**

La estabilización mejora significativamente las propiedades del suelo, haciéndolo más adecuado para una amplia gama de aplicaciones geotécnicas. Algunas mejoras destacadas incluyen:

- Resistencia mecánica: incremento en la capacidad portante y resistencia al corte, fundamental para soportar cargas estructurales.



- Reducción de plasticidad: control sobre la expansión y contracción, especialmente en suelos arcillosos.
- Durabilidad climática: mayor resistencia frente a ciclos de humedad-sequía y congelación-descongelación.

Estas mejoras permiten extender la vida útil de las infraestructuras, reducir costos de mantenimiento y garantizar la seguridad estructural (Arabani et al., 2024).

### **Innovaciones tecnológicas**

Las tecnologías emergentes están revolucionando la estabilización de suelos. Algunos avances notables incluyen:

- Nanocompuestos: el uso de nanomateriales como nano celulosa y nanoarcillas para mejorar la cohesión y la resistencia.
- Biotecnología: aplicaciones como biocementación y bioingeniería de suelos ofrecen soluciones ecológicas y de alto rendimiento.
- Simulación y modelado: herramientas computacionales avanzadas permiten predecir el comportamiento del suelo estabilizado bajo diferentes condiciones, optimizando el diseño y la ejecución de proyectos (Ahmad et al., 2024).

La estabilización de suelos ha evolucionado para incorporar enfoques sostenibles e innovadores que responden a los desafíos actuales en construcción e infraestructura. La integración de biopolímeros, biocementos y nanotecnología ofrece soluciones más sostenibles y eficaces, reduciendo el impacto ambiental y mejorando la eficiencia económica. Estas tecnologías, junto con los métodos tradicionales, proporcionan un conjunto integral de herramientas para abordar las necesidades geotécnicas en diversas condiciones ambientales y económicas (Deivaseeno, 2021).

### 2.2.7.1 Alternativa de mejoramiento de subrasante mediante cenizas de origen

#### Vegetal

**a. Cenizas:** Las cenizas son el residuo sólido no combustible que permanece después de la combustión de materiales orgánicos o inorgánicos. Estas partículas son producto del proceso de oxidación que ocurre cuando se quema combustible sólido, como carbón, madera, biomasa, o residuos sólidos. Dependiendo del tipo de material quemado y las condiciones del proceso, las cenizas pueden variar significativamente en su composición, estructura, y características.

En términos generales, las cenizas se clasifican en dos tipos principales:

- Cenizas volantes: Estas son partículas finas y livianas que son transportadas por los gases de combustión. Se capturan generalmente mediante precipitadores electrostáticos o filtros en las chimeneas de centrales térmicas y plantas industriales.
- Cenizas de fondo: Son partículas más grandes y pesadas que no son transportadas por los gases y se acumulan en el fondo del sistema de combustión. Estas cenizas suelen ser más gruesas, con formas irregulares y menor contenido de material reactivo.

#### b. Características de las cenizas

##### 1) Composición Química

La composición química de las cenizas está influenciada por el material base que se somete a combustión (como el carbón, biomasa o residuos) y las condiciones bajo las cuales ocurre el proceso de combustión. En general, las principales características químicas incluyen:

##### **Óxido de Silicio ( $\text{SiO}_2$ ):**

- Constituye el componente principal de muchas cenizas, especialmente en las cenizas volantes derivadas de carbón.



- Es responsable de las propiedades puzolánicas, que permiten que las cenizas reaccionen con hidróxido de calcio en presencia de agua, formando compuestos cementantes como el silicato de calcio hidratado (C-S-H).

### **Óxido de Aluminio ( $Al_2O_3$ ):**

- Aporta actividad cementante adicional y favorece la formación de compuestos hidratados de tipo aluminato que contribuyen al desarrollo de resistencia mecánica.

### **Óxido de Hierro ( $Fe_2O_3$ ):**

- Su presencia influye en la coloración del material final, aportando tonos marrones o rojizos en algunos casos.
- Puede participar en reacciones químicas secundarias en mezclas cementantes.

### **Óxido de Calcio (CaO):**

- Mejora las propiedades de endurecimiento cuando las cenizas se usan en aplicaciones de concreto, especialmente en cementos Portland.
- Las cenizas ricas en CaO pueden ser clasificadas como tipo C (según la ASTM C618), las cuales tienen capacidad cementante por sí mismas.

**c. Ceniza de origen vegetal:** Los residuos agrícolas, como la cáscara de arroz, el bagazo de caña de azúcar, la paja de trigo y los restos de madera, se queman para producir ceniza vegetal, que es un subproducto del proceso de combustión. Estas cenizas se caracterizan por su alto contenido de óxidos metálicos, entre los cuales destacan el óxido de calcio (CaO), el óxido de potasio ( $K_2O$ ) y el óxido de sílice ( $SiO_2$ ). Estas propiedades las convierten en materiales puzolánicos, es decir, reaccionan químicamente con compuestos presentes en los suelos, formando silicatos de calcio hidratados que aumentan la cohesión y la resistencia mecánica del suelo (Petka & Topolska, 2025).

En el ámbito de la construcción vial, las cenizas vegetales han ganado relevancia como un material de bajo costo y alta eficacia para mejorar las propiedades de suelos de

subrasante. Estudios recientes han demostrado que la adición de cenizas vegetales puede aumentar significativamente la capacidad de soporte de la misma, así como reducir su plasticidad y susceptibilidad a la humedad. Estos efectos son particularmente beneficiosos en suelos de baja calidad, donde las propiedades mecánicas y de resistencia al agua son limitadas (Puljić et al., 2025).

El uso de cenizas de origen vegetal se enmarca dentro de los principios de sostenibilidad y economía circular, al transformar residuos agrícolas en materiales útiles para la estabilización de suelos. Adicionalmente, su incorporación en proyectos de infraestructura vial fomenta prácticas responsables al utilizar materiales locales y renovables, reduciendo los costos ambientales del transporte de insumos convencionales como cemento o cal. Según estudios realizados en la Unión Europea, la integración de cenizas vegetales en mezclas de construcción ha reducido significativamente la huella de carbono, lo que la convierte en una estrategia clave para la transición hacia infraestructuras más verdes y sostenibles (Lorente et al., 2023).

La composición química de las cenizas vegetales juega un papel crítico en su efectividad como estabilizador de suelos. Por ejemplo, las cenizas con un alto contenido de óxido de calcio reaccionan rápidamente con el agua y los minerales del suelo, formando compuestos cementantes que incrementan la cohesión y la capacidad portante del suelo. (Bulgaru et al., 2025).

## 2.3 Marco conceptual

- a. **Suelo.** - La erosión y la desintegración de las rocas son los procesos que dan lugar a la formación de capas de material suelto y no consolidado que se extienden desde la superficie hasta la roca sólida.
- b. **Capacidad de Carga Última.** - En el diseño geotécnico y estructural, es un parámetro crucial que normalmente se expresa en términos de presión (por ejemplo, kilopascales o libras por pie cuadrado). La densidad, la cohesión, la fricción interna y la profundidad



de los cimientos son algunos de los parámetros que influyen en esta capacidad. Otros factores son el tipo de suelo, la densidad y la cohesión. En resumen, la capacidad de carga máxima es el límite de carga máximo que el suelo es capaz de soportar sin correr el riesgo de hundirse.

- c. **Capacidad de carga ultima.** - Teniendo en cuenta los criterios de seguridad para evitar fallos estructurales o asentamientos excesivos, la capacidad de carga admisible es la carga o tensión máxima que un suelo o cimentación es capaz de soportar de forma segura. Las estructuras se diseñan para garantizar que las cargas aplicadas no superen este límite, lo que reduce el riesgo de fallos y mantiene la estabilidad a largo plazo.
- d. **Ensayo de penetración estándar.** - La prueba de penetración dinámica es una prueba que utiliza sondas para determinar el número de golpes necesarios para alcanzar el nivel deseado de resistencia del suelo. Esta prueba se utiliza para establecer la resistencia del suelo.
- e. **Ceniza.** - La ceniza es un subproducto sólido obtenido de la combustión de materiales orgánicos o inorgánicos. En el contexto de la estabilización de suelos, se refiere específicamente a cenizas de origen vegetal o industrial (como cenizas volantes), ricas en compuestos puzolánicos como óxido de calcio, sílice y alúmina. Estas propiedades químicas permiten que las cenizas actúen como estabilizadores eficaces al reaccionar con los minerales del suelo, mejorando su cohesión, capacidad portante y resistencia a la humedad.
- f. **Estabilización.** - En el proceso de estabilización del suelo, se añaden sustancias estabilizadoras como cal, cemento, polímeros, biopolímeros o cenizas al suelo con el fin de mejorar sus cualidades físicas, químicas y mecánicas. Se trata de un procedimiento técnico. Con el fin de que el suelo sea apto para su uso en aplicaciones como infraestructuras viarias, edificios y otras construcciones geotécnicas, su objetivo



principal es aumentar la resistencia del suelo, reducir su deformabilidad y optimizar su durabilidad en condiciones ambientales adversas.

- g. Subrasante.** - La subrasante es la capa inferior de una carretera que actúa como base estructural para las capas superiores. Esta capa debe tener suficiente resistencia y estabilidad para soportar y distribuir las cargas de tráfico hacia el terreno natural. Las propiedades principales de una subrasante incluyen la capacidad portante (evaluada mediante el índice CBR), la plasticidad y la permeabilidad, factores que determinan su desempeño en proyectos de infraestructura vial.
  
- h. Vías.** - Las vías son infraestructuras de transporte que facilitan el tránsito de personas y mercancías. Se clasifican según su diseño y funcionalidad, desde caminos rurales no pavimentados hasta carreteras pavimentadas de alta capacidad. Las vías son fundamentales para el desarrollo socioeconómico, y su diseño incluye capas como la subrasante, afirmado, base y superficie de rodadura.



## CAPITULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Enfoque de investigación

La presente investigación presenta un enfoque **cuantitativo** el mencionado enfoque investigativo se fundamenta en la recolección y análisis de datos numéricos con el propósito de describir fenómenos, establecer relaciones entre variables y probar hipótesis de manera objetiva y precisa. Una de las principales características del enfoque cuantitativo es su capacidad para generar resultados generalizables a partir de muestras representativas. Esto se logra mediante el uso de técnicas estadísticas que permiten identificar patrones, tendencias o relaciones significativas entre las variables analizadas (Alfonso et al., 2020).

#### 3.2 Método de investigación

En la presente investigación se empleó el método **científico** el cual viene a ser un proceso sistemático y lógico. La presente basa su metodología en aspectos como la observación rigurosa de fenómenos, formulación de preguntas, elaboración de hipótesis, y la posterior comprobación mediante experimentación y análisis de datos. El proceso del



método científico se desarrolla en varias etapas clave. Primero, se identifica y define un problema o fenómeno que requiere ser estudiado. A partir de esta observación, se plantean preguntas específicas y se formula una hipótesis que propone una posible explicación o relación entre las variables del fenómeno. Posteriormente, se diseña un experimento o metodología para recolectar datos de manera sistemática, controlando las variables relevantes para evitar sesgos (Arias, 2012).

### 3.3 Tipo de investigación

La presente investigación es del tipo **aplicada**, es un tipo de investigación científica que se orienta a la solución práctica de problemas concretos en contextos específicos. Su objetivo principal es generar conocimientos que puedan ser utilizados de manera directa para mejorar procesos, desarrollar tecnologías, o implementar soluciones innovadoras que impacten positivamente en la sociedad o el entorno en el que se aplica., (Baena, 2017).

### 3.4 Nivel de investigación

La presente investigación presente un nivel **explicativo** ya que busca identificar las causas y efectos de un fenómeno, así como comprender las relaciones que existen entre sus variables. Este nivel se centra en responder al "por qué" y "cómo" ocurren los eventos, proporcionando una comprensión profunda y detallada de los procesos subyacentes que los generan. Para lograrlo, se emplean métodos rigurosos, como experimentos controlados o análisis estadísticos avanzados, que permiten validar hipótesis y garantizar la objetividad de los resultados (Baena, 2017).

### 3.5 Diseño de investigación

El diseño experimental es el proceso de planificación y organización de un experimento para recopilar datos adecuados y analizar de forma objetiva el efecto de una variable independiente sobre una o más variables dependientes. (Alfonso et al., 2020)



En el presente estudio el diseño es **experimental**, ya que se hace la manipulación de la variable independiente, determinando la calidad de suelos lo que ocasiona la viabilidad de estabilizar los suelos de subrasante con la aplicación de ceniza vegetal.

### **3.6 Población y muestra**

#### **3.6.1 Población**

Este grupo constituye el universo sobre el cual el investigador desea obtener información o realizar inferencias para responder a los objetivos planteados. Por lo tanto, debe delimitarse claramente en función de las características que sean relevantes para la investigación.

En la presente investigación la población está constituida por los suelos y subrasantes de vías de la provincia de San Román.

#### **3.6.2 Muestra**

La muestra es un subconjunto representativo de una población que se selecciona para ser estudiado en una investigación. Su propósito es facilitar el análisis y obtener conclusiones que puedan generalizarse al conjunto completo de la población, siempre y cuando el proceso de selección sea adecuado y refleje con precisión las características de esta. El uso de una muestra es fundamental en investigaciones donde la población es demasiado grande o inaccesible para ser estudiada en su totalidad.

En la presente investigación la muestra está conformada por la caracterización de suelos por medio de 28 calicatas; asimismo, la determinación de la capacidad admisible mediante 10 puntos de prueba con SPT. Finalmente, para la estabilización de suelos de subrasante con ceniza vegetal se tiene las avenidas Virreyes y María Arguedas.



### **3.7 Técnicas e instrumentos de recolección**

#### **3.7.1 Técnicas**

- Observación directa
- Pruebas de campo
- Experimentación en laboratorio
- Análisis de datos

#### **3.7.2 Instrumentos**

- Fichas técnicas
- Equipo SPT
- Tamices, herramientas de para índices de plasticidad, moldes de Proctor, moldes de CBR, horno, y balanza.
- Programa computacional de análisis de datos

### **3.8 Validación de instrumentos y confiabilidad**

#### **3.8.1 Validación de instrumentos**

La validación es un proceso crucial en la investigación que tiene como finalidad garantizar que las herramientas utilizadas para recolectar datos, como encuestas, cuestionarios, escalas o pruebas, midan de manera precisa y adecuada aquello que se pretende estudiar. Este proceso asegura la calidad, confiabilidad y validez de los datos obtenidos, lo cual es fundamental para que los resultados de la investigación sean sólidos, confiables y útiles. Un aspecto esencial de la validación es la validez de contenido, que evalúa si el instrumento abarca todos los aspectos relevantes del fenómeno o constructo que se desea medir. Este análisis generalmente se realiza con la participación de expertos en la materia, quienes revisan los ítems o preguntas para asegurarse de que sean representativos, adecuados y alineados con los objetivos del estudio.

### 3.8.2 Confiabilidad de instrumentos

La confiabilidad de los instrumentos es un criterio fundamental en la investigación que evalúa la consistencia y estabilidad de las herramientas utilizadas para recolectar datos, como cuestionarios, encuestas, escalas o pruebas. Un instrumento confiable es aquel que produce resultados similares al aplicarse repetidamente en condiciones equivalentes, lo que garantiza que las mediciones obtenidas no se vean afectadas por factores aleatorios o errores inherentes al instrumento. La confiabilidad se puede evaluar desde diferentes perspectivas. En el presente caso la confiabilidad de los instrumentos radica en que son elementos empleados en ensayos de esta tipología las cuales reúnen las condiciones necesarias según normativa vigente.

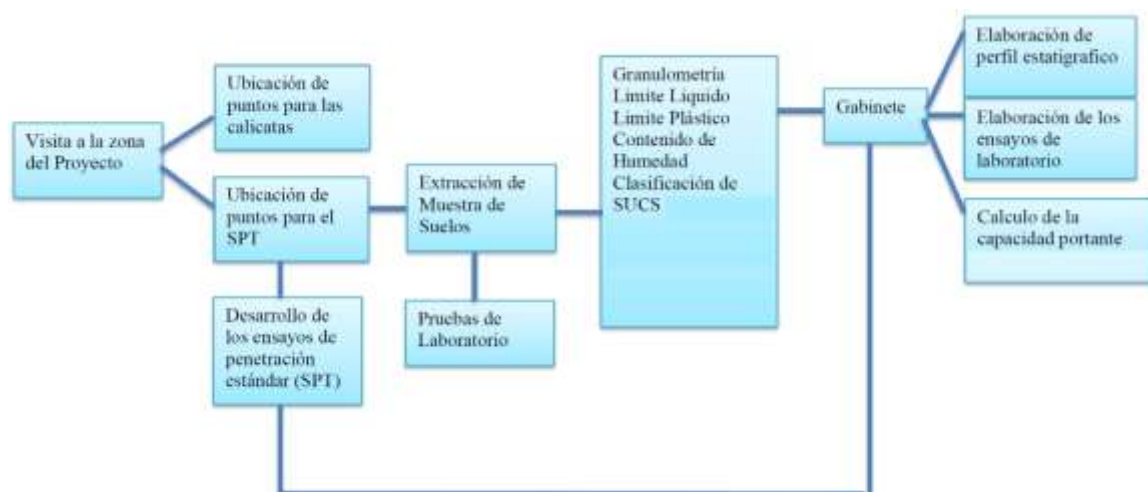
### 3.9 Trabajos desarrollados

En lo que a este aspecto se refiere se ha desarrollado una secuencia de actividades las cuales se dan a conocer en dos fases la primera para la obtención de resultados de los objetivos 1 y 2 y la fase dos para el objetivo 3 y 4

**Fase Nro. 01:** En esta fase se desarrollaron, primeramente

**Figura 5**

*Secuencia de actividades fase 01*



A continuación, se presente en forma más específica el apartado de desarrollo de las pruebas y/o ensayos de laboratorio.



- ❖ **Contenido de humedad:** El objetivo principal de este ensayo es determinar el contenido de agua presente en una muestra de material, lo cual es fundamental para evaluar la calidad de los agregados y otros materiales en su estado natural. Este análisis permite conocer la cantidad de humedad libre en la muestra, lo que puede influir en las propiedades del material durante su uso en la construcción.

### Procedimiento:

- Coloque los envases con las muestras húmedas en el horno de secado. Asegúrese de que el horno esté precalentado y mantenga una temperatura constante de  $110 \pm 5$  °C durante el proceso.
- Deje la muestra en el horno por un período de aproximadamente 24 horas. Durante este tiempo, la humedad libre presente en la muestra se evaporará, y el material se secará completamente.
- Una vez transcurrido el tiempo de secado, retire los envases con las muestras del horno. Para evitar la pérdida de humedad por condensación, permita que los envases se enfríen a temperatura ambiente en un lugar seco.
- Cuando los envases con las muestras se hayan enfriado completamente, pese nuevamente cada envase con la muestra ya seca. Registre este peso como el peso final (peso seco) de la muestra.

$$W(\%) = \frac{(P1 - P2)}{(P2 - P3)} \times 100$$

Donde:

W (%) = Contenido de humedad.

P1 = Peso en tara más el suelo húmedo.

P2 = Peso de la tara más suelo seco del horno

P3 = Peso de la tara.

- ❖ **Límite Líquido:** El objetivo del ensayo de límite líquido es determinar el contenido de humedad en un suelo cuando se encuentra en el límite entre los estados semi-sólido y plástico. Este ensayo permite clasificar el suelo según su consistencia y determinar su



comportamiento en condiciones de humedad específicas, lo cual es crucial para la ingeniería geotécnica, especialmente en la construcción de pavimentos y estructuras.

### **Procedimiento:**

- Comience por tamizar la muestra de suelo a través de un tamiz N° 40 para eliminar las partículas más grandes y obtener una fracción fina representativa del suelo. Debe obtenerse aproximadamente 150 g de material tamizado.
- Coloque la muestra tamizada en un envase pequeño de plástico y añada agua gradualmente hasta que la mezcla adquiera una consistencia pastosa. Manipule la muestra con las manos para asegurar que el agua se distribuya uniformemente, permitiendo que el material se vuelva manejable y suave.
- Una vez que la mezcla esté homogénea, colóquela en un envase de metal (o de plástico, según sea el caso) y deje reposar la muestra durante aproximadamente 1 hora. Esto permitirá que el agua se integre completamente en la muestra, facilitando la manipulación y el moldeado.
- Transcurrido el tiempo de reposo, retire una porción de la muestra de la mezcla y colóquela en la cuchara Casagrande. Llene la cuchara hasta un tercio de su capacidad con la muestra, asegurándose de que esté bien distribuida y sin burbujas de aire.
- Extienda la muestra en la cuchara hasta nivelarla con el borde, utilizando una espátula para alisar la superficie.
- Con una espátula, haga un surco en el centro de la muestra, dividiendo la masa de suelo en dos mitades iguales. El surco debe ser realizado con un movimiento firme y recto, siguiendo el patrón estándar para asegurar la precisión del ensayo.
- Una vez hecho el surco, gire la manivela de la cuchara Casagrande a una velocidad constante de aproximadamente dos vueltas por segundo. El suelo en el surco se irá separando gradualmente.



- Registre el número de golpes necesarios para que las dos mitades del surco se unan completamente. Este número de golpes es un indicador de la plasticidad del suelo.
  - Después de haber realizado la prueba inicial, retire una pequeña cantidad de la muestra en el área donde las dos mitades del surco se han unido. Pese esta muestra húmeda para determinar el contenido de humedad.
  - Realice el mismo procedimiento con las porciones restantes de la muestra, repitiendo el proceso de agregar agua y medir el número de golpes hasta que se obtenga una cantidad de agua suficientemente representativa para determinar el límite líquido de la muestra.
  - El contenido de humedad se calcula como el promedio de las mediciones obtenidas en cada ensayo.
- ❖ **Límite Plástico:** El objetivo de este ensayo es determinar el contenido de humedad del suelo el cual un suelo pasa de ser plástico (capaz de moldearse sin romperse) a un estado quebradizo, donde ya no puede mantener su forma. Este parámetro es esencial para clasificar y caracterizar suelos, especialmente en términos de su plasticidad y comportamiento frente a diferentes condiciones de humedad.

### Procedimiento:

- Seleccione una pequeña cantidad de suelo representativo de aproximadamente 2 gramos. Asegúrese de que la muestra esté libre de partículas gruesas o impurezas que puedan alterar el resultado.
- Coloque la muestra en una lámina de vidrio limpia, que será utilizada como superficie para manipular el suelo.
- Utilizando la palma de la mano, comience a moldear la muestra, presionándola ligeramente sobre la lámina de vidrio. Su objetivo es formar un hilo delgado y uniforme de suelo, de aproximadamente 3.2 mm de diámetro.



- Durante este proceso, observe si el hilo se agrieta. Si el hilo se forma sin presentar grietas o desmoronamientos, significa que el contenido de humedad de la muestra es superior al límite plástico, por lo que deberá continuar el proceso de moldeo.
  - Continúe moldeando la muestra y formando hilos delgados hasta que, al intentar formar el hilo, este comience a agrietarse o desmoronarse. Este es el punto donde el suelo ya no mantiene su plasticidad, indicando que ha alcanzado el límite plástico.
  - Si la muestra se agrieta o se desmorona antes de formar un hilo de 3.2 mm, se considera que el suelo ha llegado a su límite plástico.
  - Una vez alcanzado el límite plástico, retire la muestra moldeada y colóquela en una bandeja o envase metálico limpio. Asegúrese de que la muestra esté completamente libre de agua superficial.
  - Pese el envase metálico junto con la muestra para obtener el peso total. Luego, registre este peso y etiquételo adecuadamente para poder identificarlo más tarde.
  - Para determinar el contenido de humedad en el momento en que la muestra alcanza el límite plástico, deberá secarse la muestra en el horno a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  durante un período determinado (generalmente entre 24 a 48 horas).
  - Después del secado, pese nuevamente el envase metálico con la muestra seca.
- ❖ **Índice de Plasticidad:** Un suelo, es decir, de su capacidad para ser moldeado sin romperse. Este índice es fundamental en la clasificación de suelos y se obtiene de la diferencia entre el límite líquido (LL) y límite plástico (LP). El índice de plasticidad se utiliza para caracterizar la consistencia y el comportamiento del suelo cuando cambia de estado plástico a líquido y es esencial para evaluar su comportamiento en condiciones de humedad variada.
- $$(IP) = (LL) - (LP)$$
- Un índice de plasticidad alto indica que el suelo tiene una mayor capacidad de deformarse sin romperse, lo que significa que es más cohesivo y plástico. Los

suelos con un alto índice de plasticidad son generalmente más susceptibles a la compresión y expansión, especialmente con cambios en el contenido de agua.

- Un índice de plasticidad bajo sugiere que el suelo es menos plástico y más rígido. Los suelos con bajo índice de plasticidad son más susceptibles a la agrietación y tienen un comportamiento más estable bajo condiciones secas.

❖ **Granulometria:** El suelo mediante tamizado. Este ensayo permite conocer el peso de retención del espécimen en diferentes tamaños de granos, que se define de acuerdo con el número de mallas de los tamices utilizados. El análisis granulométrico es crucial para clasificar el suelo según su tamaño de partículas y comprender su comportamiento en términos de compactación, permeabilidad y estabilidad.

### Procedimiento:

- Se selecciona una cantidad representativa de la muestra de suelo, que será sometida al análisis granulométrico.
- Pese el recipiente vacío y luego agregue la muestra de suelo. Registre el peso total de la muestra inicial.
- Coloque la muestra en un vaso de plástico con agua para facilitar el lavado de partículas finas como arcilla, que puedan interferir con el proceso de tamizado.
- Agite la muestra en el vaso con agua de manera que se liberen las partículas finas (arcilla, limos) de las partículas más grandes.
- Vierta el contenido en un tamiz N° 200, que es generalmente el tamiz de referencia para la separación de partículas finas.
- Continúe agregando agua y agitando hasta que el agua del vaso quede lo más transparente posible, lo que indica que se han eliminado las partículas finas. Esta operación ayudará a asegurarse de que el material que pasa a través del tamiz sea adecuado para el análisis granulométrico.



- Una vez que la muestra ha sido lavada y el agua es clara, retire el tamiz y la muestra. Transfiera la muestra al horno eléctrico, donde se secará a una temperatura constante de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ . El secado es necesario para evitar que la humedad residual afecte el peso final de la muestra.
  - Deje la muestra en el horno durante el tiempo necesario (generalmente entre 24 y 48 horas) hasta que esté completamente seca.
  - Una vez que la muestra esté completamente seca.
  - Pese la muestra seca y registre su peso final.
  - Coloque los tamices en una pila según el tamaño de malla (comenzando con el tamiz de mayor tamaño en la parte superior y terminando con el tamiz más fino en la parte inferior).
  - Transfiera la muestra seca a la parte superior del conjunto de tamices y comience a agitar los tamices de manera vigorosa, generalmente de forma circular o en un movimiento de vaivén, durante un tiempo determinado (aproximadamente 10-15 minutos) para asegurar una correcta separación de las partículas según su tamaño.
  - Si es necesario, utilice un mazo de goma para golpear suavemente el costado de los tamices y ayudar a deshacer los aglomerados.
  - Después de agitar los tamices, retire cada uno de ellos y pese la fracción retenida en cada uno de ellos.
  - Para asegurarse de que los tamices queden limpios, utilice un cepillo de cerdas de goma para limpiar las partículas adheridas a las mallas, asegurándose de que todas las partículas sean recogidas y pesadas.
- ❖ **Ensayo de SPT:** Durante su desarrollo, se tuvieron en cuenta todos y cada uno de los factores mencionados anteriormente. Es 339,133 NTP. Durante la prueba de penetración estándar, un martillo con una masa de 63,5 kilogramos atravesó una barra

guía a una altura de 76 centímetros y golpeó una cabeza que estaba conectada al penetrómetro. Esta prueba se realizó en caída libre.

### Figura 6

#### Ensayo SPT



La resistencia a penetración se define de acuerdo al número de golpes  $N$  necesarios para 42 llevar a cabo la penetración de 30 cm.

#### ❖ Proctor modificado

Con el fin de determinar la densidad aparente máxima en seco y el contenido óptimo de humedad del suelo para su posterior compactación, se ha diseñado la prueba Proctor modificada. Con el objetivo de maximizar la densidad del suelo, necesaria para la construcción de cimientos, pavimentos y otras estructuras, esta prueba es fundamental en el campo de la ingeniería civil y geotécnica. Permite identificar las condiciones perfectas de humedad y compactación, lo que se hace con el fin de optimizar la densidad del suelo.

#### Procedimiento:

- Cuarteo la muestra de suelo previamente secada al sol. Este paso es crucial para obtener una muestra representativa y homogénea.



- Agrega agua a la muestra de suelo para lograr un contenido de humedad del 10% aproximadamente. Mezcla bien el suelo para asegurar que la humedad se distribuya de manera uniforme a lo largo de toda la muestra.
- Pese el molde Proctor vacío y registre su peso. Este peso inicial es necesario para determinar el peso del suelo compactado después de cada capa.
- Llena el molde con el suelo húmedo en cinco capas. En cada capa, utiliza el martillo para compactar el suelo de manera uniforme. Cada capa debe ser compactada utilizando una caída libre de 45.7 cm (18 pulgadas) del martillo sobre el suelo. La cantidad de golpes que debe recibir cada capa varía según el método: en el Proctor Modificado se utilizan 56 golpes por capa.
- Después de compactar cada capa, raspa el exceso de material con una regla metálica para nivelar el suelo al ras del molde.
- Una vez que se ha compactado la muestra en las cinco capas, pesa el molde con el suelo compactado y registre el peso total.
- A continuación, extrae el espécimen del molde con cuidado. Pese solo el suelo compactado, asegurándote de que el peso no incluya el molde.
- Coloca el espécimen extraído del molde en una estufa a una temperatura constante de 100° a 110°C durante un período de 24 horas. El objetivo de este paso es eliminar toda la humedad del suelo para obtener el peso seco de la muestra.
- Una vez transcurrido el tiempo, retira la muestra del horno, deja la enfriar a temperatura ambiente y pese nuevamente para obtener su peso seco.
- Una vez que el peso seco ha sido registrado, esparce la muestra de suelo sobre una superficie limpia y agrega agua gradualmente, con el objetivo de obtener una humedad que esté entre 4% y 8%.
- Repite el proceso de compactación, pesaje, secado y medición de humedad varias veces, variando el contenido de agua de la muestra. Después de cada ciclo, mide el peso volumétrico seco de la muestra y el contenido de humedad.



- Registra todos los valores obtenidos durante el proceso, tales como el peso volumétrico seco y el contenido de humedad para cada prueba realizada.
- Grafica los resultados, con el peso volumétrico seco en el eje Y, y el contenido de humedad en el eje X.
- La curva resultante permitirá identificar el contenido de humedad óptimo, que es aquel en el cual el suelo alcanza su máxima densidad seca. El peso volumétrico máximo en seco se encuentra en el punto de mayor densidad de la curva.

Una vez conocido las propiedades como tipo de suelo, contenido de humedad, límites de consistencia y el CBR se procedió a añadir a la muestra extraída ceniza de origen vegetal proveniente de la quema de plantas agrícolas y plantas seca extraídas de la zona circundante a la ciudad de Juliaca los porcentajes empleados fueron 5%, 10% y 15% de ceniza de origen vegetal cuya dosificación estuvo en función del total de muestra empleada para el ensayo de CBR.



## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Resultados obtenidos

En las siguientes líneas se presenta los resultados obtenidos en base a todo el proceso descrito en el capítulo anterior los cuales fueron sintetizados a través de mediante tablas y gráficos para una mejor comprensión, se presenta a continuación los resultados por cada objetivo trazado en la presente investigación.

##### 4.1.1 Propiedades físicas a diferentes profundidades de los suelos en la provincia de San Román

En lo que concierne a este aspecto se presentan a continuación descripción general de las unidades en este caso calicatas establecidas de las cuales se extrajo muestras inalteradas sometidas a los respectivos ensayos tales como análisis granulométricos contenidos de humedad, límites de consistencia cuyos resultados se presentan en el orden descrito.



**Tabla 2**

*Registro de calicatas desarrolladas*

Denominación de la exploración	Ubicación	Coordenadas Utm		Profundidad (m)
		Este	Norte	
C-01	Urbanización Capilla - Natividad	380302	8290120	6
C-02	Urbanización Señor de Imarrucos	380767	8289522	1.7
C-03	Urbanización Villa el Salvador	379753	8289477	1.7
C-04	Urbanización Ampliación independencia	380244	8288961	6
C-05	Urbanización Pueblo libre	379468	8288985	6
C-06	Urbanización Independencia	380120	8288633	1.7
C-07	Urbanización San Carlos	378708	8288404	1.9
C-08	Urbanización Pueblo Joven la revolución	379147	8288262	1.6
C-09	Urbanización San Francisco	379421	8287881	1.7
C-10	Urbanización Villa Hermosa	379536	8287393	2.2
C-11	Urbanización Jorge Chávez	377929	8288139	6
C-12	Urbanización Manco Capac	378688	8287616	2
C-13	Cercado	378537	8286779	6
C-14	Barrio Santa Barbara	378036	8287133	6
C-15	Barrio Santa Barbara	377809	8286757	6
C-16	Urbanización Los choferes	377543	8286355	1.8
C-17	Urbanización Santa María II etapa	377221	8287422	2.5
C-18	Urbanización Santa Adriana	376418	8288191	2
C-19	Urbanización Cincuentenario Cancollani	376716	8287831	6
C-20	Urbanización La Capilla	376593	8287362	2
C-21	Urbanización Villa Manuelita	376702	8286926	6
C-22	Urbanización Los Geranios	376258	8286284	6
C-23	Urbanización Selva Alegre	376755	8286157	2.4
C-24	Urbanización Santa Mónica	375942	8285832	3.6
C-25	Urbanización San Julian	375966	8286691	2.2
C-26	Es salud la capilla	375280	8286775	1.5
C-27	Urbanización Villa Manuelita	376702	8286509	2
C-28	Urbanización San Pablo	375495	8287891	2

En el cuadro anterior se plasma el total de calicatas desarrolladas en suelos de la ciudad de Juliaca además cabe indicar que aquellas que presentan un nivel de 6.00 son las que se realizó conjuntamente con el ensayo de SPT.

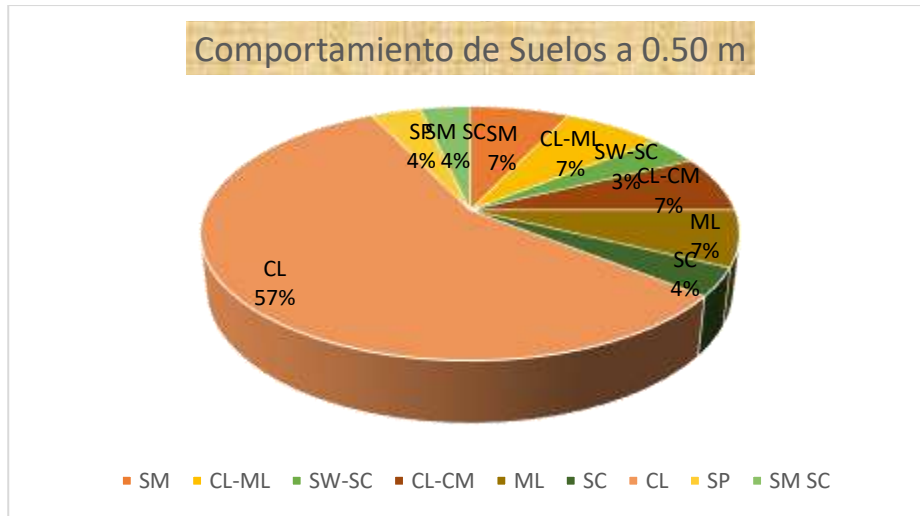
**Tabla 3**

*Registro de clasificación de suelos según profundidad*

Denominación de la exploración	Ubicación	Clasificación de suelos según profundidades				
		0.5 m	1.00 m	1.50 m	2.00 m	de 2 a 6.00 m
C-01	Urbanización Capilla - Natividad	SM	SM	SP	SP	SP
C-02	Urbanización Señor de Imarrucos	CL-ML	SM	CL	CL	-----
C-03	Urbanización Villa el Salvador	CL	CL	SM	SM	-----
C-04	Urbanización Ampliación independencia	SM	SP	SP	SP	-----
C-05	Urbanización Pueblo libre	CL	CL	CL	CL	CL
C-06	Urbanización Independencia	ML	ML	CL	CL	-----
C-07	Urbanización San Carlos	CL	ML	CH	CH	-----
C-08	Urbanización Pueblo Joven la revolución	CL	ML	CH	CH	-----
C-09	Urbanización San Francisco	CL	ML	CL	CL	-----
C-10	Urbanización Villa Hermosa	CL	CL	SM	SM	-----
C-11	Urbanización Jorge Chavez	CL	CL	CL	CL	CL
C-12	Urbanización Manco Capac	CL	CL	SP	SP	-----
C-13	Cercado	CL	CL	CL	CL	CL
C-14	Barrio Santa Barbara	CL	CL	SC	SC	-----
C-15	Barrio Santa Barbara	SC	SC	SC	SC	-----
C-16	Urbanización Los choferes	CL	CL	ML	ML	-----
C-17	Urbanización Santa Maria II etapa	SM-SC	SM-SC	SW	SP	-----
C-18	Urbanización Santa Adriana	ML	ML	SM	CL	-----
C-19	Urbanización Cincuentenario Cancollani	CL-ML	ML	SC	SC	-----
C-20	Urbanización La Capilla	ML	SM	SM	SM	-----
C-21	Urbanización Villa Manuelita	CL	ML	SP	SP	-----
C-22	Urbanización Los Geranios	CL	GP	SP	SP	SP
C-23	Urbanización Selva Alegre	CL	CL	ML	SM-SC	-----
C-24	Urbanización Santa Mónica	SP	SP	SP	SP	-----
C-25	Urbanización San Julian	ML	ML	SM-SC	SP -SM	-----
C-26	Es salud la capilla	SW-SC	SW-SC	SM	SP-SM	-----
C-27	Urbanización Villa Manuelita	CL	ML	SP	SP	-----
C-28	Urbanización San Pablo	CL-CM	CL-CM	SM	CL	-----

**Figura 7**

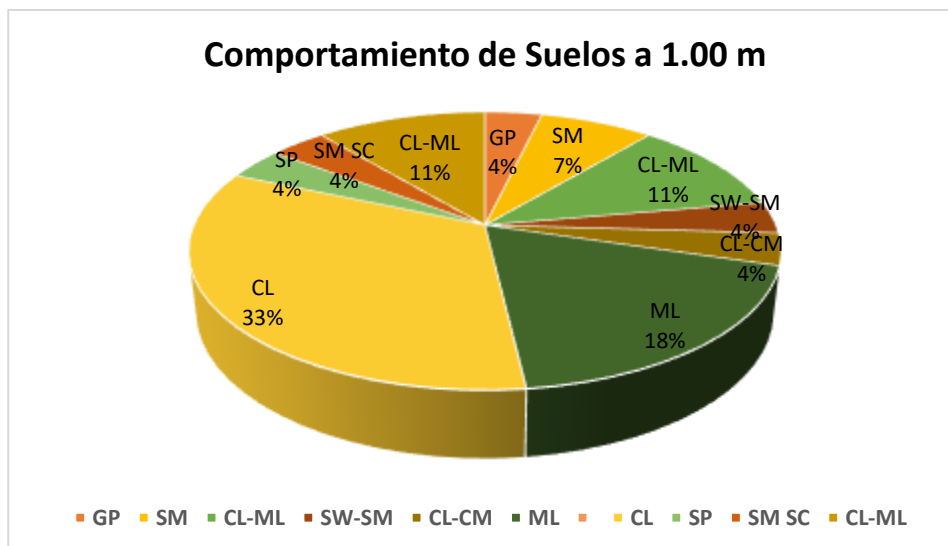
*Comportamiento de suelos a 0.50m*



Según la gráfica se tiene la presencia del 57% de CL arcilla de baja plasticidad y en segundo lugar de un porcentaje sumado de 15% de suelos del tipo arenas con lo que se sostiene que se tiene la presencia en su gran mayoría de suelos del tipo arcilloso.

**Figura 8**

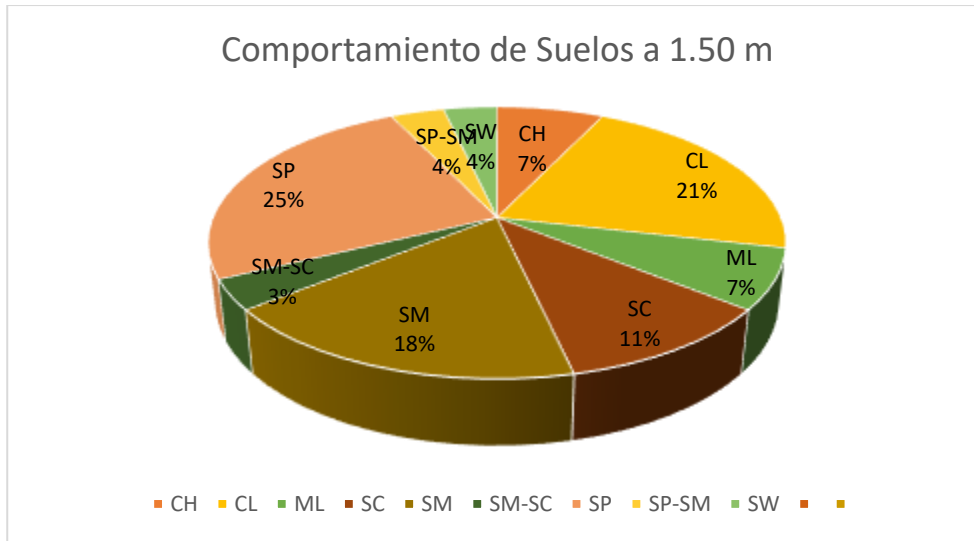
*Comportamiento de suelos a 1.00 m*



La presente figura muestra como es el comportamiento del suelo a 1.00 0m según la gráfica se tiene la presencia del 33% de CL arcilla de baja plasticidad seguido de 18% de ML Limo de baja plasticidad seguido por las arenas que en total hacen un 19%.

**Figura 9**

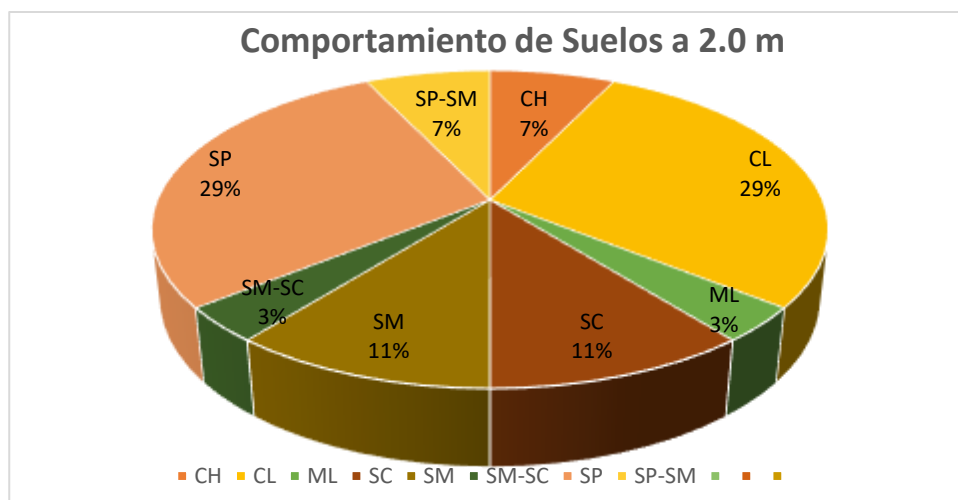
*Comportamiento de suelos a 1.50 m*



En una profundidad de 1.50 m el comportamiento es más abierto es decir se tiene la presencia variable, pero en jerarquías esta con 18% el suelo de SM, se puede apreciar que en este estrato se tiene mayor presencia de arenas

**Figura 10**

*Comportamiento de suelos a 2.00 m*



La menciona figura indica que se tiene la presencia de 29% de SP y 29% de CL, Asimismo se puede apreciar que se tiene en conjunto la presencia de un suelo arenoso



**Tabla 4**

*Registro de contenido de humedad y límites de consistencia*

Denominación de la exploración	Nro. de Muestra	Profundidad. (m)	W%	L.L.	L.P.	I.P.
C - 01	M-01	0.20 – 0.90	8.83	N.P.	N.P.	N.P.
	M-02	0.90 – 1.20	21.80	N.P.	N.P.	N.P.
	M-03	1.20 – 6.00	5.37	N.P.	N.P.	N.P.
C - 02	M-01	0.00 – 0.90	15.39	26.23	20.54	5.69
	M-02	0.90 – 1.40	5.76	N.P.	N.P.	N.P.
	M-03	1.40 – 1.60	28.51	48.21	19.6	28.62
C - 03	M-01	0.00 – 0.70	25.53	41.87	25.1	16.77
	M-02	0.70 – 1.20	25.97	29.93	22.34	7.59
	M-03	1.20 – 1.60	11.96	N.P.	N.P.	N.P.
C - 04	M-01	0.00 – 0.90	10.14	N.P.	N.P.	N.P.
	M-02	0.90 – 1.80	4.39	N.P.	N.P.	N.P.
C - 05	M-01	0.00 – 1.00	23.08	32.91	22.48	10.43
	M-02	1.00. – 1.80	33.51	46.71	20.24	26.47
C - 06	M-01	0.00 – 1.20	25.87	36.22	26.58	9.65
	M-02	1.20 – 1.60	37.43	49.34	23.62	25.39
C – 07	M-01	0.00 – 0.50	16.44	40.28	20.38	19.9
	M-02	0.50 – 1.30	17.43	24.66	18.25	6.41
	M-03	1.30 – 1.90	30	58.22	28.46	29.76
C – 08	M-01	0.00 – 0.60	19.36	41.41	21.84	19.58
	M-02	0.60 – 1.00	18.08	25.09	18.42	6.67
	M-03	1.00 – 1.60	27.99	48.35	22.74	25.61
C - 09	M-01	0.00 – 0.80	20.35	45.4	24.42	20.98
	M-02	0.80 – 1.10	21.49	28.81	22.94	5.88
	M-03	1.10 – 1.70	32.25	48.82	25.66	23.16
C – 10	M-01	0.00 – 1.50	18.94	33.41	20.83	12.59
	M-02	1.50 – 2.70	20.22	N.P.	N.P.	N.P.
	M-03	2.70 – 3.30	16.32	27.07	19.48	7.59
C – 11	M-01	0.30 – 1.50	19.05	40.74	21.89	18.84
C – 12	M-01	0.30 – 1.40	12.76	45.52	24.46	21.06
	M-02	1.40 – 2.00	15.65	N.P.	N.P.	N.P.
C – 13	M-01	0.50 – 1.50	30.79	44.2	24.48	19.72
C – 14	M-01	0.40 – 1.20	20.34	28.77	19.21	9.56
	M-02	1.20 – 2.20	27.47	34.97	22.68	12.29
	M-03	2.20 – 3.00	25.74	34.55	22.12	12.43
C – 15	M-01	0.30 – 2.40	5.76	27.28	18.01	9.27
	M-02	2.40 – 4.80	13.09	N.P.	N.P.	N.P.
	M-03	4.80 – 6.00	15.23	N.P.	N.P.	N.P.
C – 16	M-01	0.00 – 1.20	23.01	46.13	22.21	23.92
	M-02	1.20 – 1.80	32.8	37.27	25.6	11.67
C – 17	M-01	0.50 – 1.10	16.56	23.39	17.16	6.23
	M-02	1.10 – 1.80	12.71	27.73	17.83	9.9
	M-03	1.80 – 2.20	18.61	N.P.	N.P.	N.P.
	M-04	2.20 – 2.50	21.98	30.39	24.26	6.12



Denominación de la exploración	Nro. de Muestra	Profundidad. (m)	W%	L.L.	L.P.	I.P.
C – 18	M-01	0.00 – 1.10	10.56	32.98	25.48	7.5
	M-02	1.10 – 1.60	17.04	19.56	16.44	3.12
	M-03	1.60 – 2.00	31.97	34.21	21.05	13.16
C – 19	M-01	0.60 – 1.20	11.08	23.2	17.83	5.37
	M-02	1.20 – 1.80	19.23	29.27	17.54	11.73
C – 20	M-01	0.00 – 0.90	10.13	27.14	24.44	2.71
	M-02	0.90. – 2.00	23.44	N.P.	N.P.	N.P.
C – 21	M-01	0.00 – 0.70	45.56	41.17	22.12	19.05
	M-02	0.70 – 1.30	26.83	37.27	25.36	11.91
	M-03	1.30 – 2.00	16.02	N.P.	N.P.	N.P.
C – 22	M-01	0.00 – 0.20	5.97	46.92	23.16	23.75
	M-02	0.20 – 0.50	44.89	39.72	20.66	19.06
	M-03	0.50 – 1.10	43.04	22.98	19.38	3.6
	M-04	1.10 – 2.10	9.75	N.P.	N.P.	N.P.
	M-05	2.10 – 3.60	35.38	30	29.41	0.59
C – 23	M-01	0.40 – 1.20	27.99	25.16	8.96	16.2
	M-02	1.20 – 1.60	34.41	35.03	25.55	9.48
	M-03	1.60 – 2.40	29.09	28.03	22.23	5.81
C – 24	M-01	0.00 – 0.30	11.85	55.24	37.82	17.42
	M-02	0.30 – 3.00	17.7	24.14	N.P.	N.P.
	M-03	3.00 – 3.60	29.12	45.53	34.54	10.98
C – 25	M-01	0.00 – 1.30	31.86	44.87	32.53	12.34
	M-02	1.30 – 1.80	31.22	27.42	23.31	4.12
	M-03	1.80 – 2.20	21.28	N.P.	N.P.	N.P.
C – 26	M-01	0.00 – 1.00	6.01	N.P.	N.P.	N.P.
C – 27	M-01	0.00 – 0.70	45.56	41.17	22.12	19.05
	M-02	0.70 – 1.30	26.83	37.27	25.36	11.91
	M-03	1.30 – 2.00	16.02	N.P.	N.P.	N.P.
C – 28	M-01	0.00 – 1.20	10.94	25.67	20.3	5.37
	M-02	1.20 – 1.70	17.85	21.27	18.9	2.37
	M-03	1.70 – 2.00	33.43	33.6	20.5	13.1

La tabla anterior muestra los parámetros referentes al contenido de humedad y límite de consistencia se puede apreciar que en el contenido de humedad es variable.



**4.1.2 Comportamiento de la capacidad portante de los suelos a diferentes profundidades según ensayo SPT**

En lo que concierne a este aspecto se presentan los resultados de la capacidad de soporte las cuales fueron obtenidas mediante la aplicación del ensayo SPT.

**Tabla 5**

*Resultados de capacidad portante SPT Nro. 1*

PROF.	Nro. (SPT CORREGIDO)	Dr. (%)	Ø	qu (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Qud Kg/Cm <sup>2</sup>
0.00 0.30	16	41.95	31.29	2.00	0.667
0.30 0.60	17	43.74	31.56	2.13	0.708
0.60 0.90	18	45.53	31.83	4.09	1.363
0.90 1.20	21	50.89	32.63	4.94	1.647
1.20 1.50	20	49.11	32.37	4.66	1.553
1.50 1.80	21	50.89	32.63	4.94	1.647
1.80 2.10	21	50.89	32.63	4.94	1.647
2.10 2.40	21	50.89	32.63	4.94	1.647
2.40 2.70	20	49.11	32.37	4.66	1.553
2.70 3.00	22	52.68	32.90	5.23	1.742
3.00 3.30	21	50.89	32.63	4.94	1.647
3.30 3.60	21	50.89	32.63	4.94	1.647
3.60 3.90	23	54.47	33.17	5.51	1.837
3.90 4.20	22	52.68	32.90	5.23	1.742
4.20 4.50	21	50.89	32.63	4.94	1.647
4.50 4.80	23	54.47	33.17	5.51	1.837
4.80 5.10	23	54.47	33.17	5.51	1.837
5.10 5.40	21	50.89	32.63	4.94	1.647
5.40 5.70	22	52.68	32.90	5.23	1.742
5.70 6.00	21	50.89	32.63	4.94	1.647

La mencionada tabla presenta los resultados obtenidos del ensayo SPT nro. 1 se aprecia que los valores de capacidad portante están entre los rangos 0.667- 1.837 el cual en su mayoría supera el kg/cm<sup>2</sup> indicando que se tiene una buena capacidad portante

Tabla 6

Resultados de capacidad portante SPT Nro. 2

PROF.		N'	Dr.	Ø	qu	Qud
		(SPT CORREGIDO)	(%)		(Kg/Cm <sup>2</sup> )	Kg/Cm <sup>2</sup> )
0.00	0.30	13	36.58	30.49	1.63	0.542
0.30	0.60	13	36.58	30.49	1.63	0.542
0.60	0.90	14	38.37	30.76	2.95	0.984
0.90	1.20	13	36.58	30.49	2.67	0.889
1.20	1.50	13	36.58	30.49	2.67	0.889
1.50	1.80	14	38.37	30.76	2.95	0.984
1.80	2.10	15	40.16	31.02	3.24	1.079
2.10	2.40	14	38.37	30.76	2.95	0.984
2.40	2.70	15	40.16	31.02	3.24	1.079
2.70	3.00	13	36.58	30.49	2.67	0.889
3.00	3.30	12	34.79	30.22	2.38	0.795
3.30	3.60	14	38.37	30.76	2.95	0.984
3.60	3.90	13	36.58	30.49	2.67	0.889
3.90	4.20	14	38.37	30.76	2.95	0.984
4.20	4.50	14	38.37	30.76	2.95	0.984
4.50	4.80	13	36.58	30.49	2.67	0.889
4.80	5.10	14	38.37	30.76	2.95	0.984
5.10	5.40	13	36.58	30.49	2.67	0.889
5.40	5.70	14	38.37	30.76	2.95	0.984
5.70	6.00	14	38.37	30.76	2.95	0.984

La mencionada tabla presenta los resultados obtenidos del ensayo SPT nro. 2 se aprecia que los valores de capacidad portante están entre los rangos 0.542- 1.079 el cual en su mayoría no supera el kg/cm<sup>2</sup> indicando que se tiene un suelo relativamente bajo

Tabla 7

Resultados de capacidad portante SPT Nro. 3

PROF.		N'	Dr.	Ø	qu	Qud
		(SPT CORREGIDO)	(%)		(Kg/Cm <sup>2</sup> )	Kg/Cm <sup>2</sup> )
0.00	0.30	20	49.11	32.37	2.50	0.833
0.30	0.60	22	52.68	32.90	2.75	0.917
0.60	0.90	17	43.74	31.56	3.81	1.268
0.90	1.20	11	33.00	29.95	2.10	0.700
1.20	1.50	12	34.79	30.22	2.38	0.795
1.50	1.80	13	36.58	30.49	2.67	0.889
1.80	2.10	13	36.58	30.49	2.67	0.889
2.10	2.40	12	34.79	30.22	2.38	0.795
2.40	2.70	14	38.37	30.76	2.95	0.984
2.70	3.00	15	40.16	31.02	3.24	1.079
3.00	3.30	13	36.58	30.49	2.67	0.889
3.30	3.60	12	34.79	30.22	2.38	0.795
3.60	3.90	12	34.79	30.22	2.38	0.795
3.90	4.20	14	38.37	30.76	2.95	0.984
4.20	4.50	13	36.58	30.49	2.67	0.889
4.50	4.80	14	38.37	30.76	2.95	0.984
4.80	5.10	14	38.37	30.76	2.95	0.984
5.10	5.40	14	38.37	30.76	2.95	0.984
5.40	5.70	13	36.58	30.49	2.67	0.889
5.70	6.00	15	40.16	31.02	3.24	1.079

La mencionada tabla presenta los resultados obtenidos del ensayo SPT nro. 3 se aprecia que los valores de capacidad portante están entre los rangos 0.833- 1.079 el cual en su mayoría no supera el kg/cm<sup>2</sup> indicando que se tiene un suelo relativamente bajo

Tabla 8

Resultados de capacidad portante SPT Nro. 4

PROF.		N'	Dr.	Ø	qu	Qud
		(SPT CORREGIDO)	(%)		(Kg/Cm <sup>2</sup> )	Kg/Cm <sup>2</sup> )
0.00	0.30	14	38.37	30.76	1.75	0.583
0.30	0.60	14	38.37	30.76	1.75	0.583
0.60	0.90	13	36.58	30.49	2.67	0.889
0.90	1.20	12	34.79	30.22	2.38	0.795
1.20	1.50	13	36.58	30.49	2.67	0.889
1.50	1.80	14	38.37	30.76	2.95	0.984
1.80	2.10	12	34.79	30.22	2.38	0.795
2.10	2.40	13	36.58	30.49	2.67	0.889
2.40	2.70	13	36.58	30.49	2.67	0.889
2.70	3.00	14	38.37	30.76	2.95	0.984
3.00	3.30	13	36.58	30.49	2.67	0.889
3.30	3.60	12	34.79	30.22	2.38	0.795
3.60	3.90	11	33.00	29.95	2.10	0.700
3.90	4.20	13	36.58	30.49	2.67	0.889
4.20	4.50	12	34.79	30.22	2.38	0.795
4.50	4.80	12	34.79	30.22	2.38	0.795
4.80	5.10	11	33.00	29.95	2.10	0.700
5.10	5.40	12	34.79	30.22	2.38	0.795
5.40	5.70	12	34.79	30.22	2.38	0.795
5.70	6.00	14	38.37	30.76	2.95	0.984

La mencionada tabla presenta los resultados obtenidos del ensayo SPT Nro. 4 se aprecia que los valores de capacidad portante están entre los rangos 0.583- 10.94 el cual en su mayoría no supera el kg/cm<sup>2</sup> indicando que se tiene un suelo es relativamente bueno ya que presenta valores muy cercanos a la unidad.

Tabla 9

Resultados de capacidad portante SPT Nro. 5

PROF.		N'	Dr.	Ø	qu	Qud
		(SPT CORREGIDO)	(%)		(Kg/Cm <sup>2</sup> )	Kg/Cm <sup>2</sup> )
0.00	0.30	14	38.37	30.76	1.75	0.583
0.30	0.60	14	38.37	30.76	1.75	0.583
0.60	0.90	13	36.58	30.49	2.67	0.889
0.90	1.20	12	34.79	30.22	2.38	0.795
1.20	1.50	13	36.58	30.49	2.67	0.889
1.50	1.80	14	38.37	30.76	2.95	0.984
1.80	2.10	12	34.79	30.22	2.38	0.795
2.10	2.40	13	36.58	30.49	2.67	0.889
2.40	2.70	13	36.58	30.49	2.67	0.889
2.70	3.00	14	38.37	30.76	2.95	0.984
3.00	3.30	13	36.58	30.49	2.67	0.889
3.30	3.60	12	34.79	30.22	2.38	0.795
3.60	3.90	11	33.00	29.95	2.10	0.700
3.90	4.20	13	36.58	30.49	2.67	0.889
4.20	4.50	12	34.79	30.22	2.38	0.795
4.50	4.80	12	34.79	30.22	2.38	0.795
4.80	5.10	11	33.00	29.95	2.10	0.700
5.10	5.40	12	34.79	30.22	2.38	0.795
5.40	5.70	12	34.79	30.22	2.38	0.795
5.70	6.00	14	38.37	30.76	2.95	0.984

La mencionada tabla presenta los resultados obtenidos del ensayo SPT Nro. 5 se aprecia que los valores de capacidad portante están entre los rangos 0.583- 0.984 el cual en su mayoría no supera el kg/cm<sup>2</sup> indicando que se tiene un suelo relativamente bajo

Tabla 10

Resultados de capacidad portante SPT Nro. 6

PROF.		N'	Dr.	Ø	qu	Qud
		(SPT CORREGIDO)	(%)		(Kg/Cm <sup>2</sup> )	Kg/Cm <sup>2</sup> )
0.00	0.30	14	38.37	30.76	1.75	0.583
0.30	0.60	14	38.37	30.76	1.75	0.583
0.60	0.90	13	36.58	30.49	2.67	0.889
0.90	1.20	15	40.16	31.02	3.24	1.079
1.20	1.50	16	41.95	31.29	3.52	1.174
1.50	1.80	17	43.74	31.56	3.81	1.268
1.80	2.10	17	43.74	31.56	3.81	1.268
2.10	2.40	18	45.53	31.83	4.09	1.363
2.40	2.70	18	45.53	31.83	4.09	1.363
2.70	3.00	19	47.32	32.10	4.37	1.458
3.00	3.30	13	36.58	30.49	2.67	0.889
3.30	3.60	12	34.79	30.22	2.38	0.795
3.60	3.90	14	38.37	30.76	2.95	0.984
3.90	4.20	18	45.53	31.83	4.09	1.363
4.20	4.50	17	43.74	31.56	3.81	1.268
4.50	4.80	16	41.95	31.29	3.52	1.174
4.80	5.10	18	45.53	31.83	4.09	1.363
5.10	5.40	17	43.74	31.56	3.81	1.268
5.40	5.70	16	41.95	31.29	3.52	1.174
5.70	6.00	18	45.53	31.83	4.09	1.363

La mencionada tabla presenta los resultados obtenidos del ensayo SPT Nro. 6 se aprecia que los valores de capacidad portante están entre los rangos 0.583- 1.363 el cual en su mayoría si supera el kg/cm<sup>2</sup> indicando que se tiene un suelo relativamente bueno



**Tabla 11**

*Resultados de capacidad portante SPT Nro. 7*

<i>PROF.</i>		<b>N'</b>	<b>Dr.</b>	<b>Ø</b>	<b>qu</b>	<b>Qud</b>
		<b>(SPT CORREGIDO)</b>	<b>(%)</b>		<b>(Kg/Cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Kg/Cm<sup>2</sup>)</b>
<b>0.00</b>	<b>0.30</b>	17	43.74	31.56	2.13	0.708
<b>0.30</b>	<b>0.60</b>	18	45.53	31.83	2.25	0.750
<b>0.60</b>	<b>0.90</b>	19	47.32	32.10	4.37	1.458
<b>0.90</b>	<b>1.20</b>	22	52.68	32.90	5.23	1.742
<b>1.20</b>	<b>1.50</b>	20	49.11	32.37	4.66	1.553
<b>1.50</b>	<b>1.80</b>	21	50.89	32.63	4.94	1.647
<b>1.80</b>	<b>2.10</b>	21	50.89	32.63	4.94	1.647
<b>2.10</b>	<b>2.40</b>	21	50.89	32.63	4.94	1.647
<b>2.40</b>	<b>2.70</b>	20	49.11	32.37	4.66	1.553
<b>2.70</b>	<b>3.00</b>	22	52.68	32.90	5.23	1.742
<b>3.00</b>	<b>3.30</b>	20	49.11	32.37	4.66	1.553
<b>3.30</b>	<b>3.60</b>	21	50.89	32.63	4.94	1.647
<b>3.60</b>	<b>3.90</b>	22	52.68	32.90	5.23	1.742
<b>3.90</b>	<b>4.20</b>	21	50.89	32.63	4.94	1.647
<b>4.20</b>	<b>4.50</b>	20	49.11	32.37	4.66	1.553
<b>4.50</b>	<b>4.80</b>	21	50.89	32.63	4.94	1.647
<b>4.80</b>	<b>5.10</b>	22	52.68	32.90	5.23	1.742
<b>5.10</b>	<b>5.40</b>	20	49.11	32.37	4.66	1.553
<b>5.40</b>	<b>5.70</b>	22	52.68	32.90	5.23	1.742
<b>5.70</b>	<b>6.00</b>	21	50.89	32.63	4.94	1.647

La mencionada tabla presenta los resultados obtenidos del ensayo SPT nro. 7 se aprecia que los valores de capacidad portante están entre los rangos 0.708- 1.742 el cual en su mayoría si supera el kg/cm<sup>2</sup> indicando que se tiene un suelo bueno.



**Tabla 12**

*Resultados de capacidad portante SPT Nro. 8*

<i>PROF.</i>		<b>N'</b>	<b>Dr.</b>	<b>Ø</b>	<b>qu</b>	<b>Qud</b>
		<b>(SPT CORREGIDO)</b>	<b>(%)</b>		<b>(Kg/Cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Kg/Cm<sup>2</sup>)</b>
0.00	0.30	16	41.95	31.29	2.00	0.667
0.30	0.60	17	43.74	31.56	2.13	0.708
0.60	0.90	17	43.74	31.56	3.81	1.268
0.90	1.20	21	50.89	32.63	4.94	1.647
1.20	1.50	20	49.11	32.37	4.66	1.553
1.50	1.80	21	50.89	32.63	4.94	1.647
1.80	2.10	21	50.89	32.63	4.94	1.647
2.10	2.40	21	50.89	32.63	4.94	1.647
2.40	2.70	22	52.68	32.90	5.23	1.742
2.70	3.00	21	50.89	32.63	4.94	1.647
3.00	3.30	20	49.11	32.37	4.66	1.553
3.30	3.60	21	50.89	32.63	4.94	1.647
3.60	3.90	22	52.68	32.90	5.23	1.742
3.90	4.20	23	54.47	33.17	5.51	1.837
4.20	4.50	22	52.68	32.90	5.23	1.742
4.50	4.80	22	52.68	32.90	5.23	1.742
4.80	5.10	24	56.26	33.44	5.79	1.932
5.10	5.40	23	54.47	33.17	5.51	1.837
5.40	5.70	23	54.47	33.17	5.51	1.837
5.70	6.00	22	52.68	32.90	5.23	1.742

La mencionada tabla presenta los resultados obtenidos del ensayo SPT Nro. 8 se aprecia que los valores de capacidad portante están entre los rangos 0.667- 1.932 el cual en su mayoría si supera el kg/cm2 indicando que se tiene un suelo muy bueno en cuanto a su capacidad portante.



**Tabla 13**

*Resultados de capacidad portante SPT Nro. 9*

<i>PROF.</i>		<b>N'</b>	<b>Dr.</b>	<b>Ø</b>	<b>qu</b>	<b>Qud</b>
		<b>(SPT CORREGIDO)</b>	<b>(%)</b>		<b>(Kg/Cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Kg/Cm<sup>2</sup>)</b>
<b>0.00</b>	<b>0.30</b>	16	41.95	31.29	2.00	0.667
<b>0.30</b>	<b>0.60</b>	17	43.74	31.56	2.13	0.708
<b>0.60</b>	<b>0.90</b>	18	45.53	31.83	4.09	1.363
<b>0.90</b>	<b>1.20</b>	21	50.89	32.63	4.94	1.647
<b>1.20</b>	<b>1.50</b>	20	49.11	32.37	4.66	1.553
<b>1.50</b>	<b>1.80</b>	21	50.89	32.63	4.94	1.647
<b>1.80</b>	<b>2.10</b>	22	52.68	32.90	5.23	1.742
<b>2.10</b>	<b>2.40</b>	21	50.89	32.63	4.94	1.647
<b>2.40</b>	<b>2.70</b>	20	49.11	32.37	4.66	1.553
<b>2.70</b>	<b>3.00</b>	22	52.68	32.90	5.23	1.742
<b>3.00</b>	<b>3.30</b>	22	52.68	32.90	5.23	1.742
<b>3.30</b>	<b>3.60</b>	22	52.68	32.90	5.23	1.742
<b>3.60</b>	<b>3.90</b>	23	54.47	33.17	5.51	1.837
<b>3.90</b>	<b>4.20</b>	22	52.68	32.90	5.23	1.742
<b>4.20</b>	<b>4.50</b>	21	50.89	32.63	4.94	1.647
<b>4.50</b>	<b>4.80</b>	23	54.47	33.17	5.51	1.837
<b>4.80</b>	<b>5.10</b>	24	56.26	33.44	5.79	1.932
<b>5.10</b>	<b>5.40</b>	21	50.89	32.63	4.94	1.647
<b>5.40</b>	<b>5.70</b>	22	52.68	32.90	5.23	1.742
<b>5.70</b>	<b>6.00</b>	21	50.89	32.63	4.94	1.647

La mencionada tabla presenta los resultados obtenidos del ensayo SPT Nro. 9 se aprecia que los valores de capacidad portante están entre los rangos 0.667- 1.837 el cual en su mayoría si supera el kg/cm<sup>2</sup> indicando que se tiene un suelo muy bueno en cuanto a su capacidad portante

Tabla 14

Resultados de capacidad portante SPT Nro. 10

PROF.		N'	Dr.	Ø	qu	Qud
		(SPT CORREGIDO)	(%)		(Kg/Cm <sup>2</sup> )	Kg/Cm <sup>2</sup> )
0.00	0.30	16	41.95	31.29	2.00	0.667
0.30	0.60	17	43.74	31.56	2.13	0.708
0.60	0.90	35	70.79	35.62	8.76	2.921
0.90	1.20	21	50.89	32.63	4.94	1.647
1.20	1.50	20	49.11	32.37	4.66	1.553
1.50	1.80	21	50.89	32.63	4.94	1.647
1.80	2.10	21	50.89	32.63	4.94	1.647
2.10	2.40	21	50.89	32.63	4.94	1.647
2.40	2.70	20	49.11	32.37	4.66	1.553
2.70	3.00	22	52.68	32.90	5.23	1.742
3.00	3.30	21	50.89	32.63	4.94	1.647
3.30	3.60	21	50.89	32.63	4.94	1.647
3.60	3.90	23	54.47	33.17	5.51	1.837
3.90	4.20	22	52.68	32.90	5.23	1.742
4.20	4.50	21	50.89	32.63	4.94	1.647
4.50	4.80	23	54.47	33.17	5.51	1.837
4.80	5.10	23	54.47	33.17	5.51	1.837
5.10	5.40	21	50.89	32.63	4.94	1.647
5.40	5.70	22	52.68	32.90	5.23	1.742
5.70	6.00	21	50.89	32.63	4.94	1.647

La mencionada tabla presenta los resultados obtenidos del ensayo SPT Nro. 8 se aprecia que los valores de capacidad portante están entre los rangos 0.667- 1.837 el cual en su mayoría si supera el kg/cm<sup>2</sup> indicando que se tiene un suelo muy bueno en cuanto a su capacidad portante

**4.1.3 Características físicas y de capacidad de soporte relativo que presentan la subrasante de vías en la provincia de San Román**

En el presente apartado se muestran los resultados obtenidos y analizan las características del suelo natural a nivel de subrasante los resultados que se presentan a continuación son resultado de aplicar diversos ensayos en la subrasante de las vías: avenida Virreyes y la avenida María Arguedas seleccionadas para el análisis de la presente investigación.

❖ **Características de la subrasante**

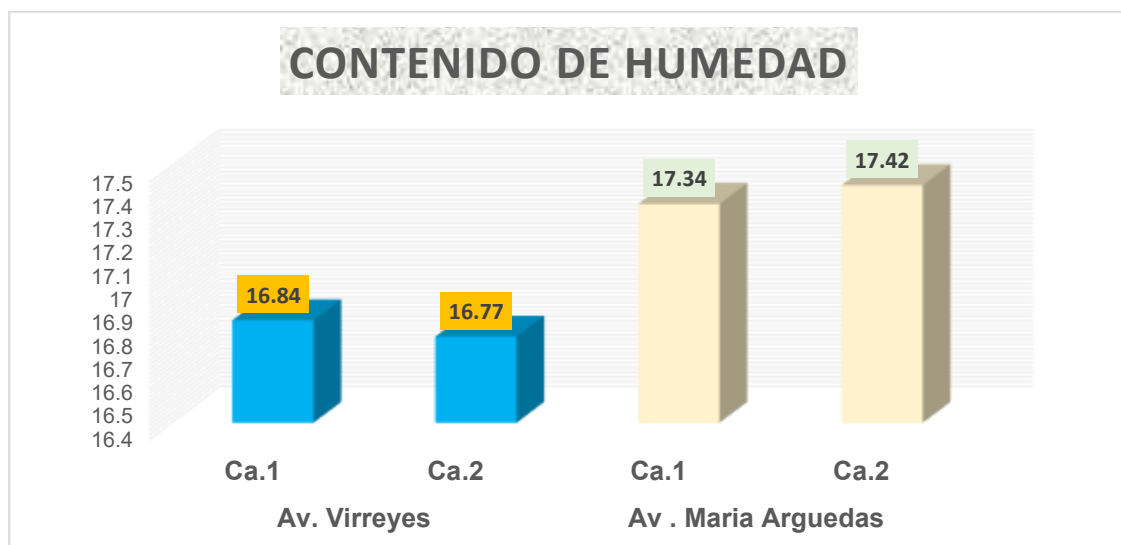
**Tabla 15**

*Resultados de la humedad del suelo a nivel de subrasante*

Detalle	Muestras	Humedad (%)	Promedio
Av. Virreyes	Cal.1	16.84	16.81
	Cal.2	16.77	
Av. María Arguedas	Cal.1	17.34	17.38
	Cal.2	17.42	

**Figura 11**

*Humedad*



Se muestra los valores de humedad (%) obtenidos en las muestras de subrasante de las dos zonas diferentes zonas: Avenida Virreyes y Avenida María Arguedas. Los promedios de humedad registrados son 16.81% para la av. Virreyes y de 17.38 para la avenida María Arguedas, A continuación, se presenta la granulometría de obtenida mediante tamizados de las muestras recogidas de las calicatas 01-02 pertenecientes a la subrasante de la Av. Virreyes.

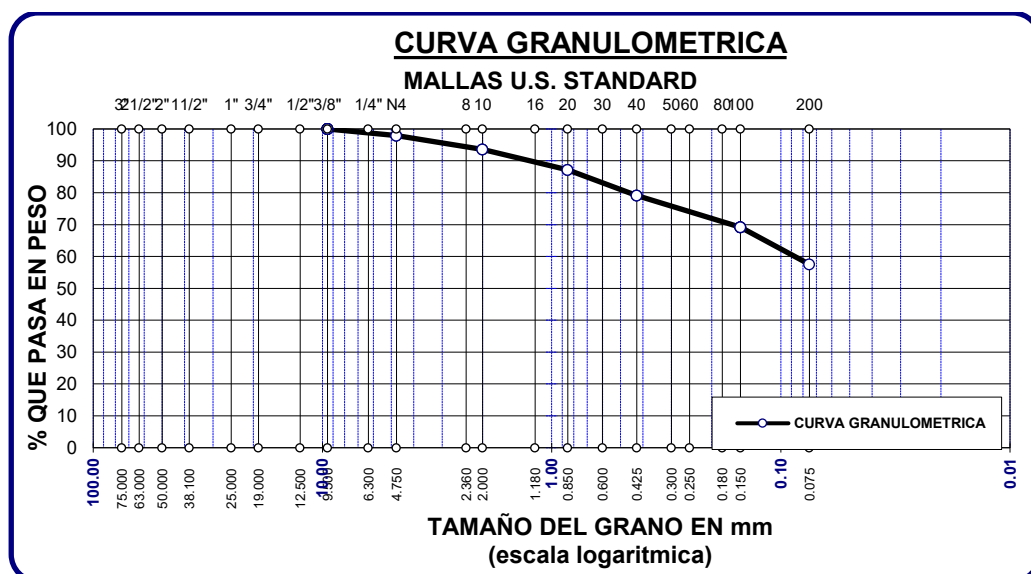
**Tabla 16**

*Gradación en la Avenida Virreyes-Cal-1*

Tamices	Retenido	%Retenido	% Acumulado	% Pasante
3/8"	0.000	0.000	0.000	100.000
No4	5.118	2.07	2.07	97.93
No10	10.88	4.35	6.42	93.58
No20	16.02	6.41	12.88	87.17
No40	20.12	8.05	20.88	79.12
No 50	20.410	8.164	28.572	71.428
No100	24.85	9.94	30.82	69.18
No200	29.14	11.66	42.48	57.52
Base	143.81	57.52	100.000	0.000
Total	250.000	100.000		
% Perdida	57.52			

**Figura 12**

*Gradación en la Avenida Virreyes-Cal-1*



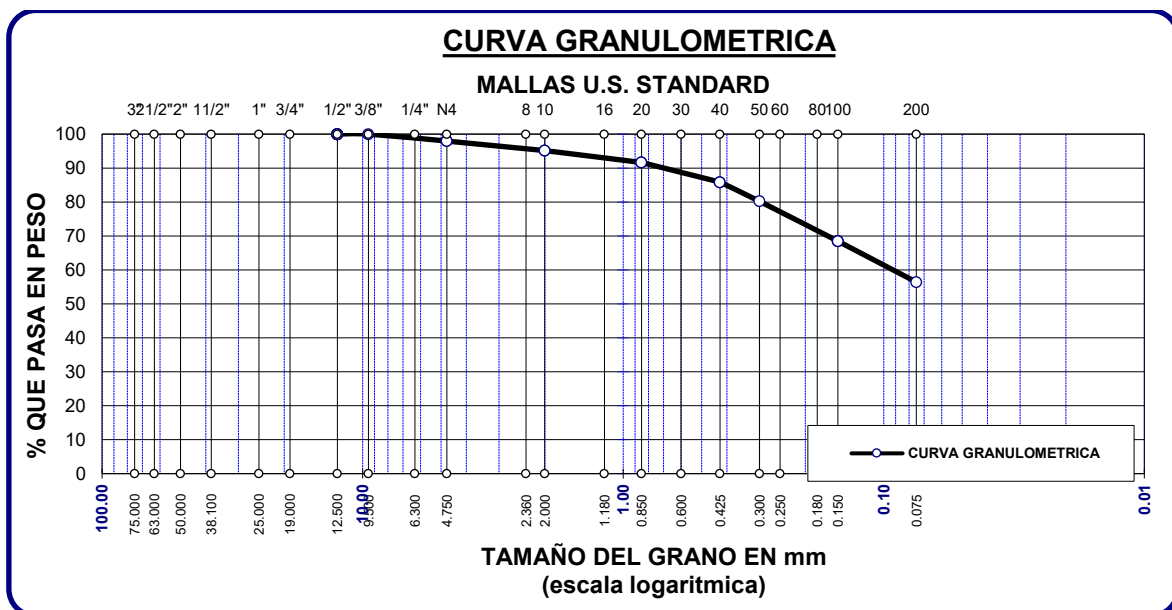
**Tabla 17**

*Gradación en la Avenida Virreyes-Cal-2*

Tamices	Retenido	%Retenido	% Acumulado	% Pasante
3/8"	0.000	0.000	0.000	100.000
No4	5.14	2.06	2.06	97.94
No10	6.98	2.79	4.85	95.15
No20	8.78	3.51	8.36	91.64
No40	14.44	5.78	14.14	85.86
No 50	19.25	7.70	19.78	80.22
No100	24.22	9.69	31.52	68.48
No200	30.12	12.05	43.57	56.43
Base	141.07	56.43	100.000	0.000
Total	250.000	100.000		
% Perdida	56.43			

**Figura 13**

*Gradación en la Avenida Virreyes-Cal-2*



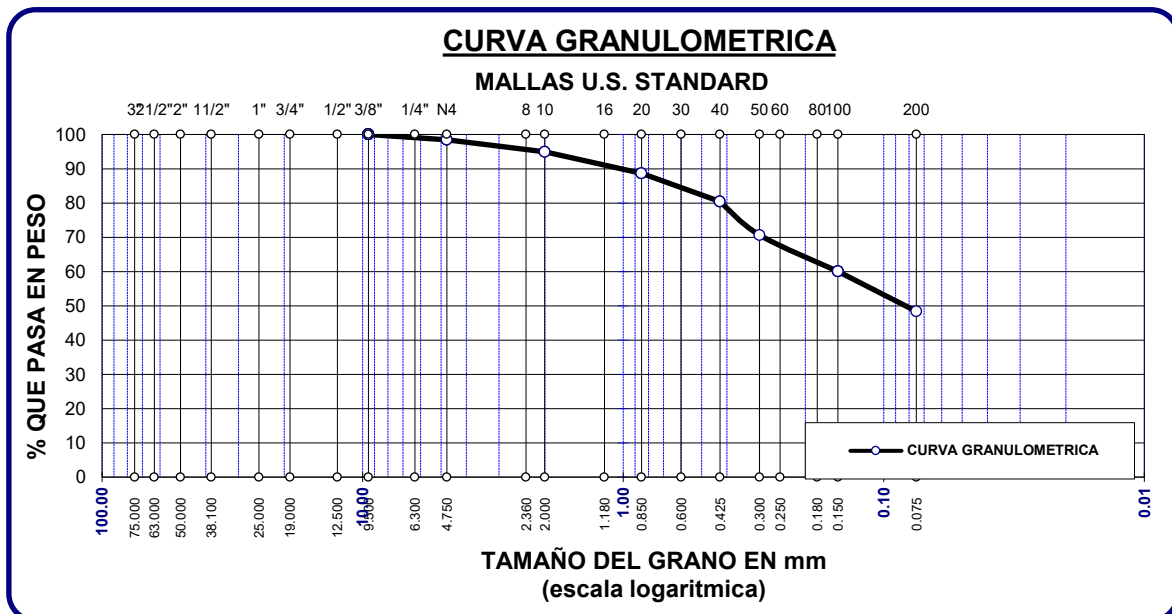
**Tabla 18**

*Gradación en la Avenida María Arguedas-Cal-1*

Tamices	Retenido	%Retenido	% Acumulado	% Pasante
3/8"	0.000	0.000	0.000	100.000
No4	3.89	1.56	1.56	98.44
No10	8.74	3.50	5.05	94.95
No20	15.74	6.30	11.35	88.65
No40	20.56	8.22	19.57	80.43
No 50	24.42	9.77	29.34	70.66
No100	26.54	10.62	39.96	60.04
No200	29.15	11.66	51.62	48.38
Base	120.96	48.38	100.000	0.000
Total	250.000	100.000		
% Perdida	48.38			

**Figura 14**

*Gradación en la Avenida María Arguedas-Cal-1*



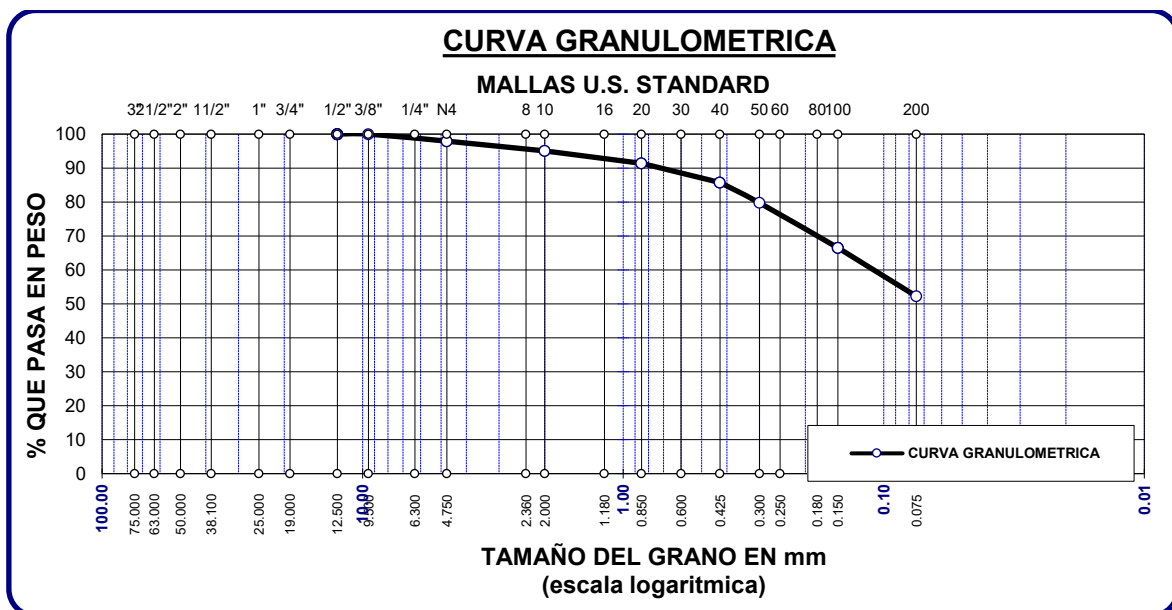
**Tabla 19**

*Gradación en la Avenida Maria Arguedas-Cal-2*

Tamices	Retenido	%Retenido	% Acumulado	% Pasante
3/8"	0.000	0.000	0.000	100.000
No4	5.18	2.07	2.07	97.93
No10	7.18	2.87	4.94	95.06
No20	9.18	3.67	8.62	91.38
No40	14.11	5.64	14.26	85.74
No 50	20.13	8.05	20.24	79.76
No100	27.91	11.16	33.48	66.52
No200	35.68	14.27	47.75	52.25
Base	130.63	52.25	100.000	0.000
Total	250.000	100.000		
% Perdida	52.25			

**Figura 15**

*Gradación en la Avenida María Arguedas-Cal-2*



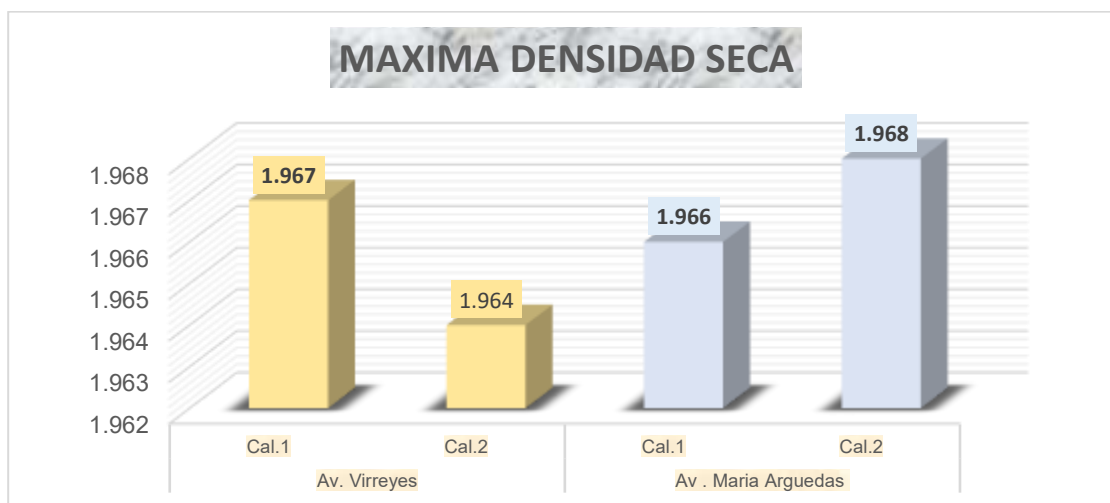
**Tabla 20**

*Proctor-DMS*

Detalle	Muestras	MDS (g/cm <sup>3</sup> )	Promedio
Av. Virreyes	Cal.1	1.967	1.965
	Cal.2	1.964	
Av. María Arguedas	Cal.1	1.966	1.967
	Cal.2	1.968	

**Figura 16**

*Proctor-DMS*



Se presenta los valores de Densidad Máxima Seca (DMS) obtenidos a partir del ensayo Proctor en dos zonas: Avenida Virreyes y la Maria Arguedas. Los promedios registrados son 1.965 g/cm<sup>3</sup> para Avenida Virreyes, 1.967 g/cm<sup>3</sup> para Av. Maria Arguedas. Se puede apreciar que este aspecto es casi similar.

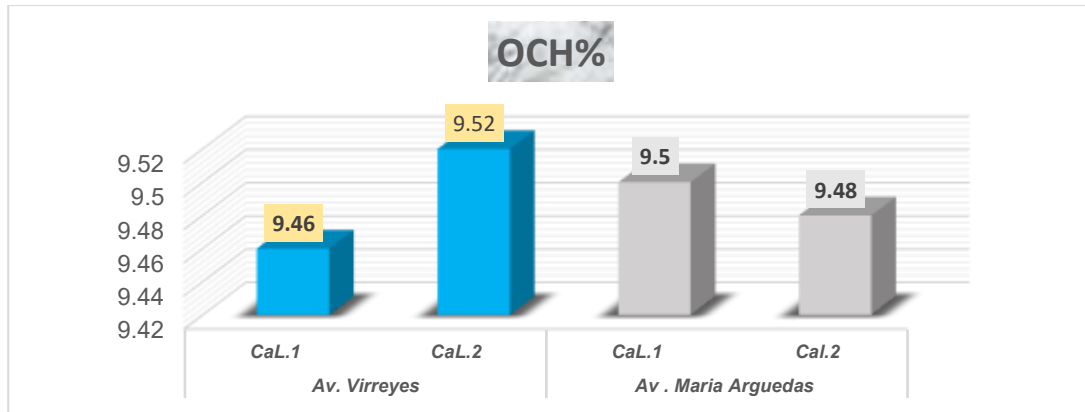
**Tabla 21**

*Proctor-OCH*

Detalle	Muestras	OCH (%)	Promedio
Av. Virreyes	CaL.1	9.46	9.49
	CaL.2	9.52	
Av. María Arguedas	CaL.1	9.50	9.49
	CaL.2	9.48	

**Figura 17**

*Proctor-OCH*



Se muestra los valores de Contenido de Humedad Óptima (OCH) obtenidos a través del ensayo Proctor en las zonas: Avenida Virreyes y la Av. María Arguedas. Los promedios registrados son 9.49 % para ambas vías

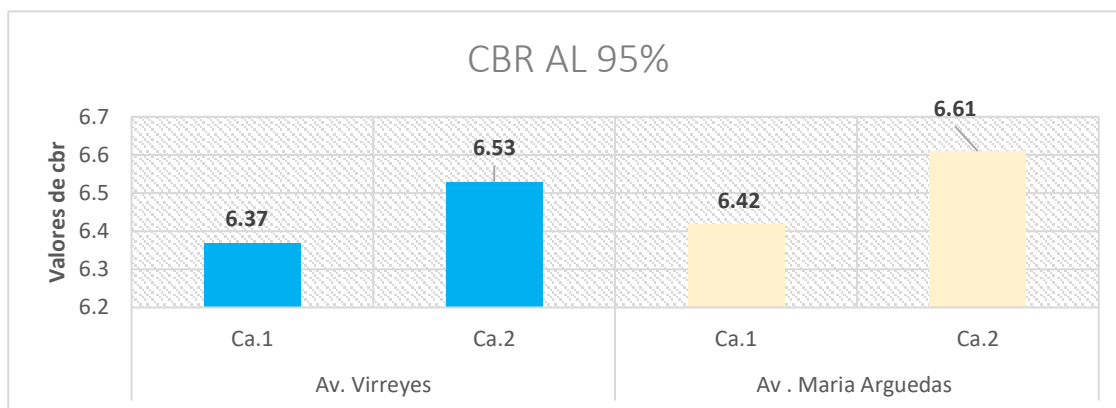
**Tabla 22**

*CBR*

Detalle	Muestras	CBR al 95%	Promedio
Av. Virreyes	Ca.1	6.37	6.45
	Ca.2	6.53	
Av. María Arguedas	Ca.1	6.42	6.52
	Ca.2	6.61	

**Figura 18**

*CBR*



Se presenta los valores del Índice de Soporte California (CBR) al 95% de compactación obtenidos para las dos ubicaciones: Avenida Virreyes y va Maria Arguedas los cuales en ambos casos no superan un valor de 7

### 4.1.4 Propuesta de mejoramiento de la subrasante de vías en la provincia de San Román

En lo que a este aspecto se refiere de las diversas opciones que hoy en día se presenta se seleccionó como elemento de mejora la ceniza de origen vegetal en porcentajes de 10 y 15 % respectivamente entonces una vez desarrollado los respectivos ensayos con la adición de este elemento. se obtuvo los siguientes resultados en las propiedades citadas

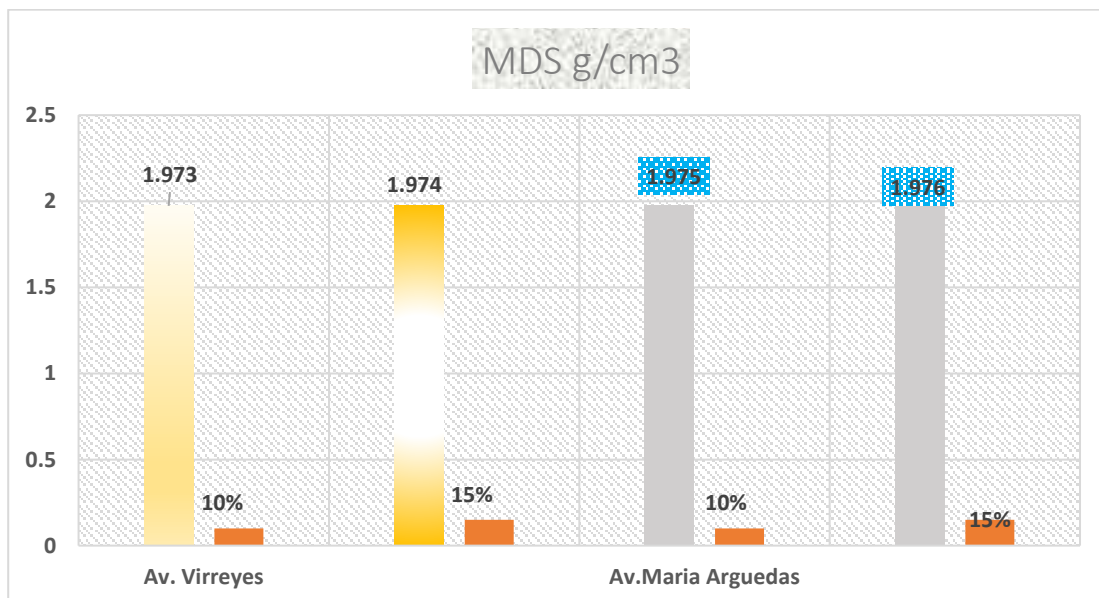
**Tabla 23**

*Proctor-DMS*

Detalle	% de Ceniza vegetal	MDS g/cm <sup>3</sup>
Av. Virreyes	10%	1.973
	15%	1.974
Av. María Arguedas	10%	1.975
	15%	1.976

**Figura 19**

*Proctor-DMS*



La figura anterior muestra los resultados obtenidos mediante la adición de ceniza vegetal en porcentajes de 10 y 15% respectivamente. Mostrando que en este aspecto el comportamiento es directamente proporcional, es decir a mayor porcentaje más será la máxima densidad.

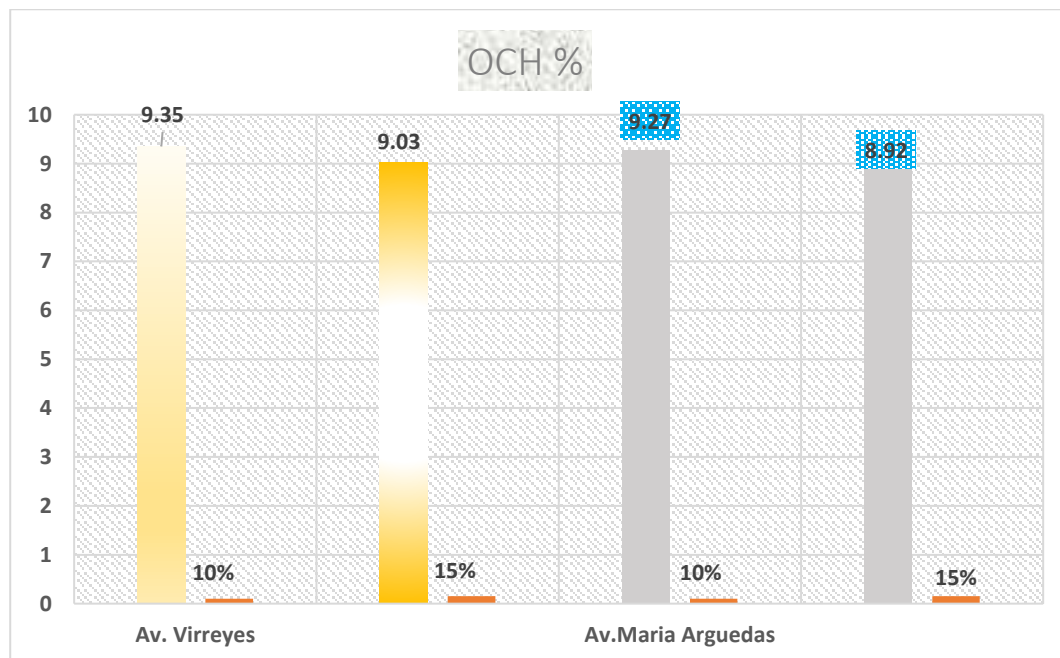
**Tabla 24**

*Proctor-OCH*

Detalle	% de Ceniza vegetal	OCH (%)
Av. Virreyes	10%	9.35
	15%	9.03
Av. María Arguedas	10%	9.27
	15%	8.92

**Figura 20**

*Proctor-OCH*



La tabla anterior muestra los valores de OCH El cual según los resultados es inversamente proporcional es decir a mayo adición de ceniza vegetal menor OCH.

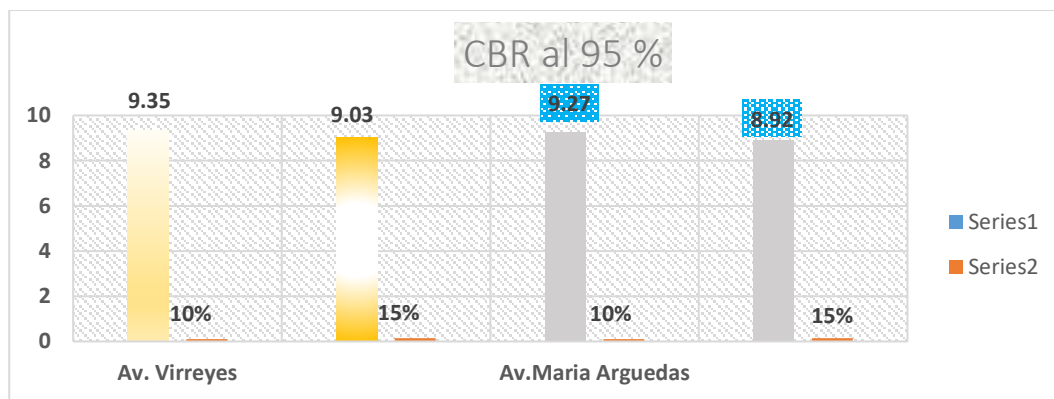
**Tabla 25**

CBR

Detalle	% de Ceniza vegetal	CBR (%)
Av. Virreyes	10%	7.12
	15%	9.03
Av. María Arguedas	10%	7.15
	15%	9.07

**Figura 21**

CBR



La tabla y figura muestra que los valores de CBR en ambas vías tienen un mejor resultado al adicionar el 15% de ceniza vegetal obteniendo valores de CBR de 9.03 y 9.07 respectivamente.

**Tabla 26**

*Comparativo del CBR con la adición de ceniza de origen vegetal*

Detalle	% de Ceniza vegetal adicionada	CBR (%) estabilidad	CBR de subrasante	Incremento porcentual
Av. Virreyes	10%	8.09	6.45	25.42%
	15%	10.18		57.89%
Av. María Arguedas	10%	8.18	6.52	25.46%
	15%	10.27		57.51%

Se presenta un comparativo del (CBR) obtenido con la adición de diferentes porcentajes de ceniza de origen vegetal (10% y 15%) en suelos de subrasante de las vías Avenida



Virreyes y la avenida María Arguedas, se incluye el valor inicial del CBR de la subrasante en estado natural

En caso de la av. Virreyes el CBR inicial de 6.45% con la adición de los porcentajes mencionados, alcanzando un CBR de 8.09% y 10.18% lo que denota un incremento de 25.42% y 57.89% respectivamente lo que es un resultado positivo.

En el Caso de la a Av. María Arguedas se puede evidencia tan bien un incremento en el CBR sustancial de 25.46 % y 57.51 con los porcentajes de 10 y 15% respectivamente.

## 4.2 Discusión de resultados

Se presenta a continuación la discusión de resultados según los objetivos trazados líneas arriba

En lo que al primer objetivo se refiere este ha sido evaluado según la profundidad es decir se evaluó las propiedades de los suelos en profundidades de 0.50, 1.00 1.50 y 2.00 m. respectivamente. A una profundidad de 0.50m se tiene la presencia del 57% de CL arcilla de baja plasticidad y en segundo lugar de un porcentaje sumado de 15% de suelos del tipo arenas con lo que se sostiene que se tiene la presencia en su gran mayoría de suelos del tipo arcilloso. A una profundidad de 1.00 m se tiene la presencia del 33% de CL arcilla de baja plasticidad seguido de 18% de ML Limo de baja plasticidad seguido por las arenas que en total hacen un 19%. A una profundidad 1.50 m el comportamiento es más abierto es decir se tiene la presencia variable, pero en jerarquías esta con 18% el suelo de SM, se puede apreciar que en este estrato se tiene mayor presencia de arenas. A una profundidad de 2.0 se tiene la presencia de 29% de SP y 29% de CL, asimismo se puede apreciar que se tiene en conjunto la presencia de un suelo arenoso. En cuanto al contenido de humedad y los límites estos presentan un comportamiento variable.

En cuanto al segundo objetivo que está relacionado el comportamiento de la capacidad portante a diferentes profundidades este presenta un comportamiento variable



en su mayoría presenta resistencias superiores a  $1\text{kg/cm}^2$  y esta va aumentando en una progresión discreta según la profundidad oscilando valores desde a una profundidad de:

SPT Nro. 1 – Profundidad de 1.00 una resistencia de  $1.647\text{ kg/cm}^2$

SPT Nro. 1 – Profundidad de 2.00 una resistencia de  $1.647\text{ kg/cm}^2$

SPT Nro. 1 – Profundidad de 3.00 una resistencia de  $1.742\text{ kg/cm}^2$

SPT Nro. 1 – Profundidad de 4.00 una resistencia de  $1.742\text{ kg/cm}^2$

SPT Nro. 1 – Profundidad de 5.00 una resistencia de  $1.832\text{ kg/cm}^2$

SPT Nro. 1 – Profundidad de 6.00 una resistencia de  $1.647\text{ kg/cm}^2$

SPT Nro. 2 – Profundidad de 1.00 una resistencia de  $0.889\text{ kg/cm}^2$

SPT Nro. 2 – Profundidad de 2.00 una resistencia de  $1.079\text{ kg/cm}^2$

SPT Nro. 2 – Profundidad de 3.00 una resistencia de  $0.889\text{ kg/cm}^2$

SPT Nro. 2 – Profundidad de 4.00 una resistencia de  $0.984\text{ kg/cm}^2$

SPT Nro. 2 – Profundidad de 5.00 una resistencia de  $0.984\text{ kg/cm}^2$

SPT Nro. 2 – Profundidad de 6.00 una resistencia de  $0.984\text{ kg/cm}^2$

SPT Nro. 3 – Profundidad de 1.00 una resistencia de  $0.700\text{ kg/cm}^2$

SPT Nro. 3 – Profundidad de 2.00 una resistencia de  $0.889\text{ kg/cm}^2$

SPT Nro. 3 – Profundidad de 3.00 una resistencia de  $1.079\text{ kg/cm}^2$

SPT Nro. 3 – Profundidad de 4.00 una resistencia de  $0.984\text{ kg/cm}^2$

SPT Nro. 3 – Profundidad de 5.00 una resistencia de  $0.984\text{ kg/cm}^2$

SPT Nro. 3 – Profundidad de 6.00 una resistencia de  $1.079\text{ kg/cm}^2$

SPT Nro. 4 – Profundidad de 1.00 una resistencia de  $0.795\text{ kg/cm}^2$

SPT Nro. 4 – Profundidad de 2.00 una resistencia de  $0.795\text{ kg/cm}^2$

SPT Nro. 4 – Profundidad de 3.00 una resistencia de  $0.984\text{ kg/cm}^2$

SPT Nro. 4 – Profundidad de 4.00 una resistencia de  $0.889\text{ kg/cm}^2$

SPT Nro. 4 – Profundidad de 5.00 una resistencia de  $0.70\text{ kg/cm}^2$



SPT Nro. 4 – Profundidad de 6.00 una resistencia de 0.984 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 5 – Profundidad de 1.00 una resistencia de 0.795 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 5 – Profundidad de 2.00 una resistencia de 0.795 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 5 – Profundidad de 3.00 una resistencia de 0.984 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 5 – Profundidad de 4.00 una resistencia de 0.889 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 5 – Profundidad de 5.00 una resistencia de 0.70 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 5 – Profundidad de 6.00 una resistencia de 0.984 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 6 – Profundidad de 1.00 una resistencia de 1.079 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 6 – Profundidad de 2.00 una resistencia de 1.268 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 6 – Profundidad de 3.00 una resistencia de 1.458 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 6 – Profundidad de 4.00 una resistencia de 1.363 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 6 – Profundidad de 5.00 una resistencia de 1.363 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 6 – Profundidad de 6.00 una resistencia de 1.363 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 7 – Profundidad de 1.00 una resistencia de 1.742 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 7 – Profundidad de 2.00 una resistencia de 1.647 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 7 – Profundidad de 3.00 una resistencia de 1.742 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 7 – Profundidad de 4.00 una resistencia de 1.647 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 7 – Profundidad de 5.00 una resistencia de 1.742 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 7 – Profundidad de 6.00 una resistencia de 1.647 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 8 – Profundidad de 1.00 una resistencia de 1.647 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 8 – Profundidad de 2.00 una resistencia de 1.647 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 8 – Profundidad de 3.00 una resistencia de 1.647 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 8 – Profundidad de 4.00 una resistencia de 1.837 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 8 – Profundidad de 5.00 una resistencia de 1.932 kg/cm<sup>2</sup>



SPT Nro. 8 – Profundidad de 6.00 una resistencia de 1.742 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 9 – Profundidad de 1.00 una resistencia de 1.647 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 9 – Profundidad de 2.00 una resistencia de 1.647 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 9 – Profundidad de 3.00 una resistencia de 1.742 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 9 – Profundidad de 4.00 una resistencia de 1.742 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 9 – Profundidad de 5.00 una resistencia de 1.932 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 9 – Profundidad de 6.00 una resistencia de 1.647 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 10 – Profundidad de 1.00 una resistencia de 1.647 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 10 – Profundidad de 2.00 una resistencia de 1.647 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 10 – Profundidad de 3.00 una resistencia de 1.742 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 10 – Profundidad de 4.00 una resistencia de 1.742 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 10 – Profundidad de 5.00 una resistencia de 1.832 kg/cm<sup>2</sup>

SPT Nro. 10 – Profundidad de 6.00 una resistencia de 1.647 kg/cm<sup>2</sup>

Según estos resultados el comportamiento de los suelos es variables según la profundidad oscilando entre los rangos a una profundidad 1 presenta resistencia que están entre 0.70 - 1.647 kg/cm<sup>2</sup>, a una profundidad de 2m de 0.795 - 1.647 kg/mc<sup>2</sup> a una profundidad de 3 m de 0.889 - 1.742 kg/cm<sup>2</sup>, a una profundidad de 4 m de 0.984 -1.837 kg/cm<sup>2</sup>, a una profundidad de 5 m de 0.70 - 1.932 kg/cm<sup>2</sup> aun profundidad de 6m de 0.984 -1.932 kg/cm<sup>2</sup>. En cuanto a las propiedades de la subrasante de las vías evaluadas presentan un suelo del tipo CL en ambas vías. Con un contenido de humedad que oscila de 16.81% y 17.38%, con una MDS de 1.965 y 1.967 g/cm<sup>3</sup> respectivamente con un OCH de 9.49% en ambos casos presentando un CBR al 95% de 6.45% y 6.52 respectivamente.



En cuanto a la propuesta de mejora se empleó ceniza de origen del tipo vegetal presentándose resultados favorables en porcentajes de 10% y 15% respectivamente.

Se tuvo un descenso del contenido de humedad con lo cual La MDS subió con valores de 1.973, 1.974 g/cm<sup>3</sup> en la primera vía y de 1.75 y 1.976 g/cm<sup>3</sup> para la segunda vía, el contenido óptimo de agua presentó un descenso en valores de 9.35, 9.03 para la primera vía y de 9.27 y 8.92 para la segunda vía lo cual originó un resultado positivo en el CBR en ambas vías con valores 7.12, 9.03 para la primera vía y de 7.15 y 9.07 para la segunda vía, incrementando este valor en 25.42% y 57.89% para la primera vía y de 25.46% y de 57.51% para la segunda vía.

Los resultados obtenidos en esta investigación pueden ser analizados y contrastados con los antecedentes disponibles, los cuales muestran similitudes y diferencias significativas en cuanto al impacto de los materiales vegetales en la mejora de las propiedades de los suelos de subrasante. En términos de incremento del Índice de Soporte California (CBR), varios estudios, como el de Gonzales Ortega (2023), evidenciaron mejoras importantes al usar ceniza de hoja de eucalipto, alcanzando incrementos de hasta 14.80% con un 7.5% de adición. Este hallazgo es consistente con lo reportado por Rodrigo & Yucra (2022), quienes observaron incrementos en el CBR del 6.33% con el uso de ceniza del fruto de eucalipto. Sin embargo, Reyna (2024) obtuvo los mejores resultados al utilizar ceniza de cáscara de naranja al 3%, optimizando significativamente el CBR, mientras que Guía (2021) reportó incrementos aún mayores con ceniza de quinua al 8%. Estas diferencias reflejan la importancia de seleccionar el material adecuado según las características del suelo y la dosificación.

En cuanto a la reducción del Índice de Plasticidad (IP), los resultados muestran una tendencia general de mejora en la trabajabilidad del suelo. Rodrigo & Yucra (2022) reportaron reducciones del IP desde un 13.82% a un 9.71% con el uso de ceniza del fruto de eucalipto, mientras que Gonzales Ortega (2023) encontró una disminución similar al



usar ceniza de hoja de eucalipto, llegando a un IP de 9.00%. Por otro lado, Guía (2021) encontró un incremento leve en el IP al usar ceniza de quinua, lo que contrasta con los demás estudios. A pesar de este aumento, el suelo mantuvo su clasificación como de plasticidad media, siendo aún adecuado para su uso como subrasante. Este comportamiento podría estar relacionado con las interacciones químicas específicas entre el material vegetal y los minerales del suelo.

Respecto a la mejora en la compactación, los resultados son consistentes entre los diferentes estudios. Reyna (2024) y Rodrigo & Yucra (2022) destacaron que la adición de cenizas vegetales incrementa significativamente la densidad seca máxima (DSM). En el caso de Rodrigo & Yucra, el uso de ceniza del fruto de eucalipto al 3% incrementó la DSM de 1.81 g/cm<sup>3</sup> a 1.92 g/cm<sup>3</sup>. Por su parte, Canihua (2023) reportó mejoras similares al emplear ceniza de tallo de avena en porcentajes crecientes, alcanzando una mejora óptima con un 15% de adición. Sin embargo, Guía (2021) encontró que la ceniza de quinua incrementó la DSM, aunque en menor magnitud que los otros materiales estudiados. Estas diferencias refuerzan la idea de que la composición química y las propiedades iniciales del suelo influyen significativamente en la efectividad de los estabilizadores.

En conclusión, los resultados obtenidos en esta investigación son consistentes con los antecedentes revisados, destacando la eficacia de los materiales vegetales para mejorar las propiedades físico-mecánicas de los suelos de subrasante. Las diferencias entre los estudios reflejan la influencia de las características iniciales del suelo, las proporciones de los estabilizadores y el material utilizado. Sin embargo, todos los autores coinciden en que estas técnicas representan una alternativa sostenible y económicamente viable para proyectos de infraestructura vial.



## CONCLUSIONES

**General**, el comportamiento de suelos utilizando el ensayo de penetración estándar mostró que primeramente las características de los suelos varían según la profundidad, encontrándose suelos con mayor predominancia de suelos arcillosos, seguido de suelos arenosos y limosos; asimismo, la capacidad portante del suelo es variable según la profundidad pero que en general presenta valores que oscilan entre 0.70 - 1.932 kg/cm<sup>2</sup>, la propuesta de mejoramiento de suelos estuvo enmarcada en el empleo de cenizas de origen vegetal las cuales mostraron resultados óptimos generando un incremento sustancial mayor al 25 % del mismo en la capacidad de soporte del mismo con porcentajes de 10% y 15% respectivamente.

**Primera**, las propiedades físicas que presenta los suelos a diferentes profundidades en la provincia de San Román son variables, a una profundidad de 0.50 se tiene mayor presencia de suelos del tipo CL con un 57% Seguidos de 15% de suelos arenosos, a una profundidad de 1.00 se tiene una mayor presencia en un 33% de CL, seguido de 18% de un suelo ML, a una profundidad de 1.50 se presenta un comportamiento más diverso presentándose con una mayor incidencia el suelo SM con un 18% y aun profundidad de 2 metros se tiene la presencia de suelos en 29% de SP Y CL seguido de suelos arenosos.

**Segunda**, el comportamiento de la capacidad portante a diferentes profundidades de los suelos presenta un comportamiento variable en su mayoría presenta resistencias superiores a 1.0 kg/cm<sup>2</sup> y ésta va aumentando en una progresión discreta según la profundidad, a una profundidad de 1 m. se tiene resistencias que están entre 0.70 - 1.647 kg/cm<sup>2</sup>, a una profundidad de 2 m. de 0.795 - 1.647 kg/cm<sup>2</sup>, a una profundidad de 3 m. de 0.889 - 1.742 kg/cm<sup>2</sup>, a una profundidad de 4 m. de 0.984 - 1.837 kg/cm<sup>2</sup>, a una profundidad de 5 m. de 0.70 - 1.932 kg/cm<sup>2</sup>, y a una profundidad de 6 m. de 0.984 - 1.932 kg/cm<sup>2</sup>.



**Tercera**, las propiedades de la subrasante de las vías evaluadas presentan un suelo del tipo CL en ambas vías, con un contenido de humedad que oscila de 16.81% y 17.38%, con una MDS de 1.965 gr/cc. y 1.967 gr/cc. respectivamente con un OCH de 9.49% en ambos casos, presentando un CBR al 95% de 6.45% y 6.52% en promedio respectivamente.

**Cuarta**, la propuesta de mejoramiento de la subrasante de vías en la provincia de San Román estuvo dada a través de la aplicación de ceniza de origen vegetal en porcentajes de 10% y 15 % los cuales generaron mejoras significativas en las propiedades de la subrasante. El CBR aumentó progresivamente con proporciones de 10% y 15% de ceniza de origen vegetal, en la Av. Virreyes, el CBR pasó de 6.45% en el suelo no tratado a 8.09% con 10% y de 6.45% a 10.18% con un porcentaje de 15%, presentado un incremento de 25.42% y 57.89% para los valores de ceniza de 10% y 15% respectivamente, en caso de la Av. María Arguedas el CBR pasó de 6.52% en el suelo no tratado a 8.18% con 10% y de 6.52% a 10.27% con un porcentaje de 15% presentado un incremento de 25.46% y 57.51 % para los valores de ceniza de 10% y 15% respectivamente.



## RECOMENDACIONES

**Primera,** Ampliar el mencionado tema con futuras investigaciones que puedan abarcar un mayor rango de suelos.

**Segunda,** Desarrollar una zonificación de suelos para las diferentes zonas de la provincia de San Román y así poder tener un instrumento de mayor precisión que nos permita identificar la tipología de suelos.

**Tercera,** Implementar este tipo de metodologías vale decir ensayos SPT en otras zonas de la provincia de San Román con la intención de poder conocer a mayor profundidad el comportamiento mecánico de suelos en las distintas zonas.

**Cuarta,** Evaluar otras vías a nivel de subrasante para poder conocer las propiedades que están presentando para poder proponer alguna propuesta de intervención.

**Quinta,** Desarrollar o implementar otras opciones de elementos no tradicionales para la mejora de las propiedades del suelo a nivel de subrasantes.



## REFERENCIAS

- Acevedo Trujillo, C. A., & Henao Torres, L. F. (2017). *Determinacion del modulo de reaccion(K) para el conjuntos de capa triturada y sub-rasante*. Colombia: Universidad de Cartagena.
- Agromonte, M. y. (2022). *Analisis y evaluacion de los parametros geotecnicos del suelo arcilloso para una pripuesta de un tio de cimentacion de la edificaciones*. Apurimac.
- Alarcon Guerra, D. E. (2020). *RELACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN DE*. Huancayo: Universidad Peruana los Andes.
- Bañon Blázquez, L. (2000). *Manual de Carreteras Volumen II*. Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A.
- Baquerizo, C. (2015). *Estudio geotenico de suelos para la construccion del complejo deportivo Piura Pampa, Distrito de Chineros Urubamba Cusco*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Becerrit Diaz, Z. (2018). *Conceptos basicos de pavimentos*. Caracas, Venezuela.
- Bowles, J. E. (1981). *Manual de Laboratorio de Suelos en Ingenieria Civil*. Mexico: Mexico S.A.
- Calsin, A. M. (s.f.). *Analisis del comportamioento y mecanico de base y sub base estabilizados con emulsion*.
- CAMPOS, E. (2017). *Determinación de las Propiedades Físico Mecánicas de los suelos despues de la extraccion in-situ*. CAJAMARCA: REPOSITORIO. UNC.
- Castillo, M. (2017). *Estudio de zonificacion en base a la determinacion de la capacidad portante del suelo en las cimentaciones( tesis de pregrado)*. Ambato, Ecuador: Universidad Tecnica de Ambato.
- COMITE ACI 116. (2018). *Terminologías y tipos de suelo*.



- Cortes Mena, J. G. (2010). *Estudio exploratorio para la determinación del coeficiente de balasto a partir de ensayos en laboratorio para suelos cohesivos*. Costa Rica: Tecnológico de Costa Rica.
- Das, B. M. (2003). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. California: State University, Sacramento.
- Das, B. M. (2004). *Principio de Ingeniería de Cimentaciones* (Quinta Edición ed.). Mexico.
- Das, B. M. (2021). *Fundamentos de Ingeniería geotécnica*. State University, Sacramento.
- Gonzales, N. (2018). *Microzonificación geotécnica y diseño de cimentaciones superficiales en el sector Taquilla de las Delicias, distrito de Moche, provincia de Trujillo - La Libertad*. Trujillo, Peru : Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo .
- Gonzalo Duque, E., & Enrique Escobar, C. (2002). *Mecánica de los suelos*.
- GUZMAN, ZAMBRANO & ZAVALA, A. (2014). *Análisis de Calidad Físico y Mecánico de los Agregados Pétreos para Concreto, de los Principales Bancos de Materiales de la Zona Oriental de El Salvador*. EL SALVADOR: EL SALVADOR.
- Juarez Badillo, E. &. (2019). *Mecánica de Suelos Tomo I Fundamentos de la Mecánica de Suelos*. Mexico: LIMUSA.
- Laura, S. (2016). *Evaluación de la capacidad predictiva de los métodos de estimación del comportamiento mecánico*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Molina, E. (2016). *Caracterización geotécnica de la universidad de Barranquilla Colombia*. Universidad de Autónoma de Puebla, Colombia.
- Montes de Oca, C. (2009). *Análisis geotécnico y propuesta de cimentaciones para el hospital Stamedica*. Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Núñez. (2018). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE MODELACIÓN DE PILOTES CON MÉTODOS DE COEFICIENTES DE BALASTO Y ELEMENTOS FINITOS*. Chile: Universidad Austral.
- Pajuelo, A. (2018). *Diseño geotécnico de la cimentación del mercado modelo Villas de Ancon , Distrito de Ancon*. Lima, Peru: Universidad de San Martín Porres .



- Pantoja Arboleda, P. V., & Suarez Suarez, j. A. (2015). *Estudio sobre la relación entre el ensayo de penetración estándar y el coeficiente de balasto (k) para suelos derivados de cenizas volcánicas en la zona de expansión urbana de Cerritos - Pereira*. Colombia: Universidad Libre.
- Socualaya Cardenas, K. (2017). *Caracterización de suelos para la obtención de coeficiente de balasto*. Distrito San Agustin de Cajas: Universidad Nacional del Centro del Peru.
- Ahmad, K. S., Jaffri, S. B., & Jabeen, A. (2024). Nanotools-Coupled Phytoremediation: Auspicious Technology for the Detoxification of Contaminated Pedospheric Matrices. En *Nano-phytoremediation and Environmental Pollution*. CRC Press.
- Alfonso, B. M., Eusebio, M. O., Carlos, & Flavio, M. O., Juan. (2020). *Metodología de la investigación. Métodos y técnicas*. Grupo Editorial Patria.
- Arabani, M., Shalchian, M. M., & Haghsheno, H. (2024). The impact of guar gum biopolymer on mechanical characteristics of soil reinforced with palm fiber. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 84(1), 30. <https://doi.org/10.1007/s10064-024-04064-3>
- Arias, F. G. (2012). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica*. 6ta. Edición. Editorial Episreme.
- Azam, F. A. A., Che Omar, R., Roslan, R., Baharudin, I. N. Z., & Razman, M. Z. (2024). Mechanical behavior, compressibility, and microstructural analysis of problematic soil through a green soil stabilization approach. *Results in Engineering*, 24, 103524. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103524>
- Baena, G. M. E. B. (2017). *Metodología de la Investigación*. Grupo Editorial Patria.
- Bulgaru, V., Ntreba, N., & Ghendov-Mosanu, A. (2025). Pre-Treatment of Vegetable Raw Materials (Sorghum Oryzoidum) for Use in Meat Analog Manufacture. *Applied Sciences*, 15(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/app15010349>
- Canihua Aquise, B. A. (2023). Influencia de ceniza de tallo de avena en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante, prolongación Av. Tacna, Juliaca – 2023.





- Cajamarca 2023. *Repositorio Institucional* - UCV.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/143082>
- Guia Yucra, M. J. (2021). Mejoramiento de subrasante mediante la adición de Ceniza de Quinoa en la carretera PE-38B, Provincia Chucuito, Puno, 2021. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/63841>
- Harran, R., Terzis, D., & Laloui, L. (2023). Mechanics, Modeling, and Upscaling of Biocemented Soils: A Review of Breakthroughs and Challenges. *International Journal of Geomechanics*, 23(9), 03123004.  
<https://doi.org/10.1061/IJGNAL.GMENG-8446>
- Inazumi, S., Chao, K. C., Iida, T., & Yamada, T. (2025). Efficient Urban Soil Improvement Using Soil Squeezing Technology for Constrained Environments. *Sustainability*, 17(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/su17010317>
- Khandani, F. S., Atapour, H., Rad, M. Y., & Khosh, B. (2023). An experimental study on the mechanical properties of underground mining backfill materials obtained from recycling of construction and demolition waste. *Case Studies in Construction Materials*, 18, e02046. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02046>
- Li, M., Pu, Y., Thomas, V. M., Yoo, C. G., Ozcan, S., Deng, Y., Nelson, K., & Ragauskas, A. J. (2020). Recent advancements of plant-based natural fiber-reinforced composites and their applications. *Composites Part B: Engineering*, 200, 108254. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2020.108254>
- Lorente, D., Duarte Serna, S., Betoret, E., & Betoret, N. (2023). 2—Opportunities for the valorization of waste generated by the plant-based milk substitutes industry. En A. Basile, A. Cassano, & C. Conidi (Eds.), *Advanced Technologies in Wastewater Treatment* (pp. 25-66). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-88510-2.00004-X>
- Mendoza Flores, T. N., & Villegas Choque, Y. J. (2024). Influencia de la emulsión asfáltica y cemento Portland en las propiedades físico-mecánicas del afirmado para la



- carretera MO107 Moquegua 2023. *Repositorio Institucional - UCV*.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/154672>
- Pantigozo Amao, L. A. (2023). *Mejoramiento de la capacidad de soporte (CBR) de suelos grava arcillosas con polímeros y cemento para uso como afirmado en carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito*.  
<http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/6259>
- Pequeña Huanuco, J. P., & Sanchez Perez, J. C. (2024). Diseño del pavimento afirmado adicionando cenizas de tallo de quinua y de aserrín a la subrasante, carretera Crucero-Oscoroque, Puno 2023. *Repositorio Institucional - UCV*.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/140651>
- Petka, K., & Topolska, K. (2025). Vegetable-Enriched Brownies: A Healthier Twist on a Classic Treat. *Nutrients*, 17(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/nu17010184>
- Rahman, S. S., Siddiqua, S., & Cherian, C. (2022). Sustainable applications of textile waste fiber in the construction and geotechnical industries: A retrospect. *Cleaner Engineering and Technology*, 6, 100420. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100420>
- Reyna Aguilar, J. C. (2024). *Influencia de la ceniza de cáscara de naranja para mejorar el CBR, contenido de humedad y grado de compactación del afirmado para subrasante en la estabilización de suelos. Lima Norte 2022*.
- Rodrigo Rojas, C., & Yucra Segundo, M. (2022). Comparación de la adición de ceniza del fruto de eucalipto y cemento para mejorar la subrasante, carretera Raqayraqayniyuq—Huacoto, Cusco—2022. *Repositorio Institucional - UCV*.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/92038>
- Sravan Rao, T., Lokesh, U., Suresh, K., Ranadeep, B., & Thangamani, K. (2023). Strength properties of soil stabilization with banana leaves ash. *Materials Today: Proceedings*, 92, 955-959. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.04.558>
- Valdivia Zeballos, R. J. (2022). Aplicación del cloruro de sodio en las propiedades del material de afirmado para la carretera vecinal EMP.MO 534 El Hueso, Ilo-



Moquegua, 2021. *Repositorio Institucional* - UCV.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/88955>

Vijayan, D. S., & Parthiban, D. (2020). Effect of Solid waste based stabilizing material for strengthening of Expansive soil- A review. *Environmental Technology & Innovation*, 20, 101108. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101108>



## ANEXOS



### 1. Matriz de Consistencia

Título de tesis: <b>EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024</b>						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	INST. DE MEDICIÓN
¿Cómo evaluar el comportamiento de los suelos utilizando el ensayo de penetración estándar y desarrollar una propuesta de mejoramiento de los suelos de subrasante en la provincia de San Román 2024?	Evaluar el comportamiento de los suelos utilizando el ensayo de penetración estándar y desarrollar una propuesta de mejoramiento de los suelos de subrasante en la provincia de San Román 2024.	El comportamiento de los suelos utilizando el ensayo de penetración estándar mostrara que las características físicas son variables y que la capacidad portante es variables presentando un ligero incremento según la profundidad, la propuesta de mejoramiento de los suelos de subrasante estará dada por aplicabilidad de alternativas no tradicionales.	Variable Independiente  Comportamiento de suelos	Capacidad portante del suelo	Capacidad admisible	Equipo SPT
<b>PROBLEMA ESPECIFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>HIPOTESIS ESPECIFICAS</b>		Grado de compactación	Máxima densidad seca y Óptimo contenido de humedad	Equipos de proctor modificado
¿Cuáles son las propiedades físicas a diferentes profundidades que presenta los suelos en la provincia de San Román?	Determinar las propiedades físicas a diferentes profundidades que presenta los suelos en la provincia de San Román	Las propiedades físicas a diferentes profundidades que presenta los suelos en la provincia de San Román son variables y regulares.	Variable Dependiente  Propuesta de Mejoramiento	Capacidad relativa de soporte CBR	CBR	Equipos de CBR
¿Cómo es el comportamiento de la capacidad portante de los suelos a diferentes profundidades según el desarrollo del ensayo de penetración estándar en la provincia de San Román?	Evaluar el comportamiento de la capacidad portante de los suelos a diferentes profundidades según el desarrollo del ensayo de penetración estándar en la provincia de San Román.	El comportamiento de la capacidad portante de los suelos a diferentes profundidades según el desarrollo del ensayo de penetración estándar en la provincia de San Román muestra que esta presenta un ligero incremento según la profundidad		Aplicación de ceniza de vegetal	Proporciones de 10% y 15% de ceniza vegetal	Granulometría Límites de consistencia Proctor Ensayo de CBR
¿Cuáles son las características físicas y de capacidad de soporte relativo que presentan la subrasante de vías en la provincia de San Román?	Determinar las características físicas y de capacidad de soporte relativo que presentan la subrasante de vías en la provincia de San Román	Las características físicas y de capacidad de soporte relativo que presentan la subrasante de vías en la provincia de San Román son variables y regulares				
¿Cuál será la propuesta de mejoramiento de la subrasante de vías en la provincia de San Román?	Desarrollar una propuesta de mejoramiento de la subrasante de vías en la provincia de San Román	La propuesta de mejoramiento de la subrasante de vías en la provincia de San Román estará dada por la aplicabilidad de estabilizadores no tradicionales.				



### ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

TESIS	: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024
SOLICITANTE	: MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JULIACA
MUESTRA	: SUBRASANTE +15% DE CENIZA VEGETAL - AVENIDA MARIA ARGUEDAS
FECHA	: 23 DE JULIO DEL 2025

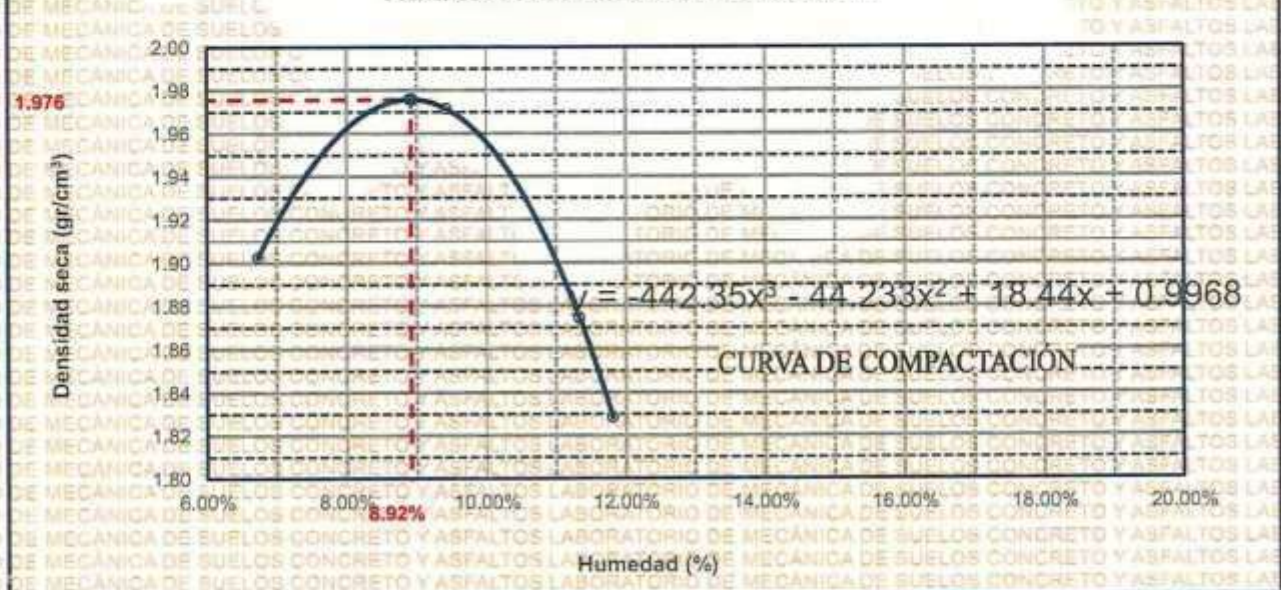
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2130 cm <sup>3</sup>
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 25 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10175	10445	10295	10205
Peso del Molde	gr.	5850	5850	5850	5850
Peso del Suelo Humedo	gr/cm <sup>3</sup> .	4325	4595	4445	4355
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm <sup>3</sup> .	2.031	2.157	2.087	2.045

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	69.15	69.20	69.35	69.57	72.05	71.45	74.00	74.41
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	66.15	66.00	65.10	65.30	65.48	67.54	68.07	68.89
Peso del Agua	gr.	3.00	3.20	4.25	4.27	6.57	3.91	5.93	5.52
Peso de la Capsula	gr.	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Peso del Suelo Seco	gr.	46.15	46.00	45.10	45.30	45.48	47.54	48.07	48.89
% de Humedad	%	6.50%	6.96%	9.42%	9.43%	14.45%	8.22%	12.34%	11.29%
Promedio de Humedad	%	6.73%		9.42%		11.34%		11.81%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.903		1.971		1.874		1.829	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.976 gr/cm <sup>3</sup>
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 8.92%

#### RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



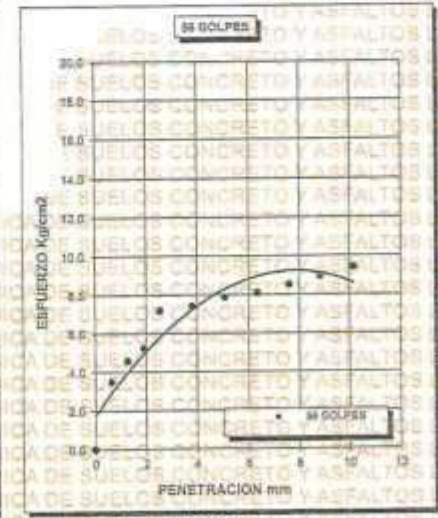
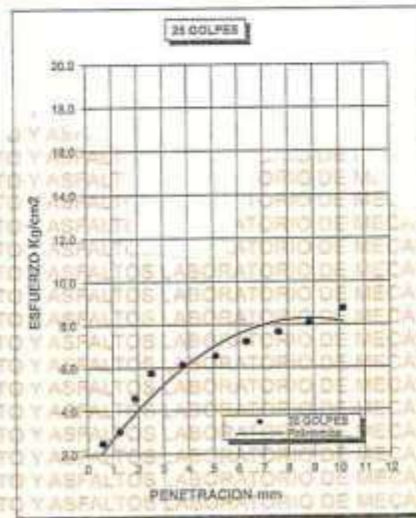
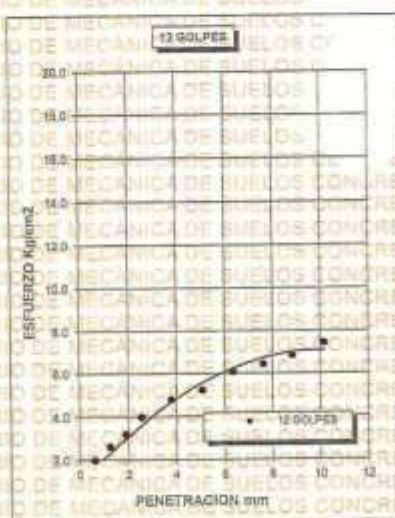
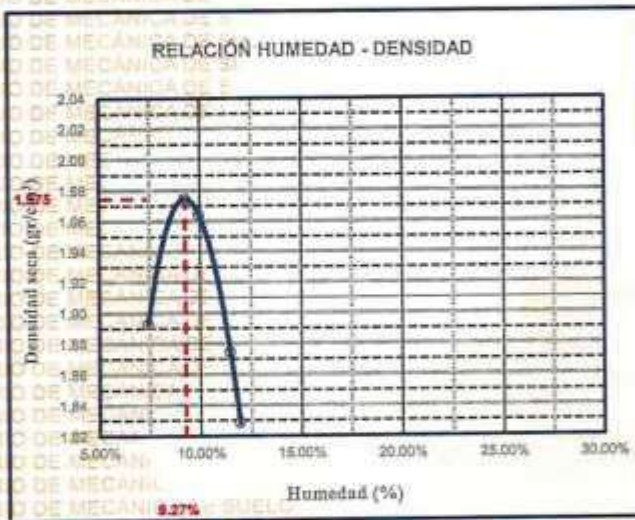
  
 INGENIERO NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
 RCP - CAP INGENIERÍA CIVIL  
  
 LABORATORIO  
 M.S.C.A  
 JEFATURA  
 Dr. Arnaldo Yanez Torres



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO :	EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION - ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> ) : 1.975
UBICACIÓN :	DISTRITO DE JULIACA	HUMEDAD OPTIMA (%) : 9.27%
PROGRESIVA :	—	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) : 10.24
MUESTRA :	SUBRASANTE +10% DE CENIZA VEGETAL -AV. MARIA ARGUEDAS	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) : 8.18
FECHA :	23 DE JULIO DEL 2025	CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-7-6
		EMBEBIDO : 4 DIAS



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS  
LABORATORIO M.S.C.A. JULIACA  
Dr. Arnaldo Yana Torres  
CIP 103257



### ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

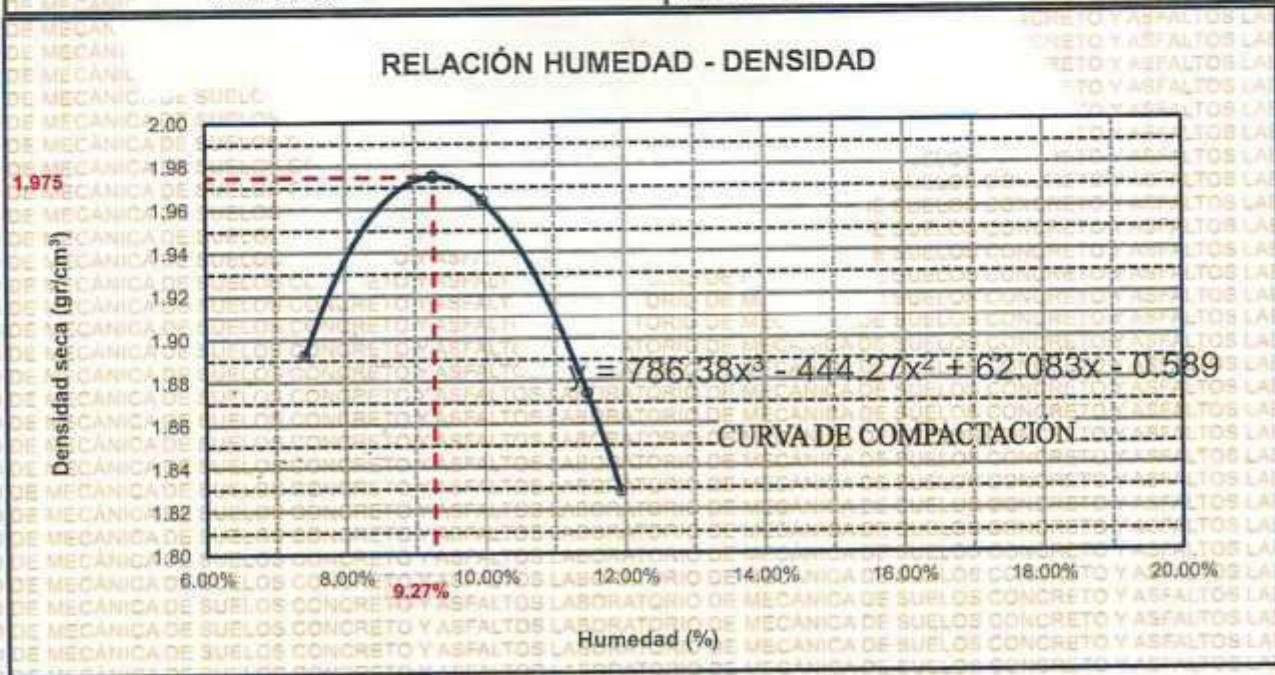
<b>TESIS</b>	: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024
<b>SOLICITANTE</b>	: MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO DE JULIACA
<b>MUESTRA</b>	: SUBRASANTE +10% DE CENIZA VEGETAL- AVENIDA MARIA ARGUEDAS
<b>FECHA</b>	: 23 DE JULIO DEL 2025

<b>MOLDE No</b>	: 1	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	: CONCRETO 2130 cm <sup>3</sup>
<b>No DE CAPAS</b>	: 5	<b>GOLPES POR CAPA</b>	: CONCRETO 25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10180	10450	10300	10210
Peso del Molde	gr.	5850	5850	5850	5850
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm <sup>3</sup> .	4330	4600	4450	4360
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm <sup>3</sup> .	2.033	2.160	2.089	2.047

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	69.15	69.20	69.35	69.57	72.05	71.45	74.00	74.41
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	65.92	65.64	64.94	65.01	65.47	67.44	68.05	66.60
Peso del Agua	gr.	3.23	3.56	4.41	4.56	6.58	4.01	5.95	5.61
Peso de la Capsula	gr.	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Peso del Suelo Seco	gr.	45.92	45.64	44.94	45.01	45.47	47.44	48.05	46.60
% de Humedad	%	7.03%	7.80%	9.81%	10.13%	14.47%	8.45%	12.38%	11.50%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	7.42%		9.97%		11.46%		11.94%	
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	1.892		1.964		1.874		1.829	

<b>METODO:</b>	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA</b>	: 1.975 gr/cm <sup>3</sup> .
		<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	: 9.27%



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS  
M.S.C.A. JEFATURA  
Dr. Arnaldo Yana Torres  
CIP. 103257



### ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

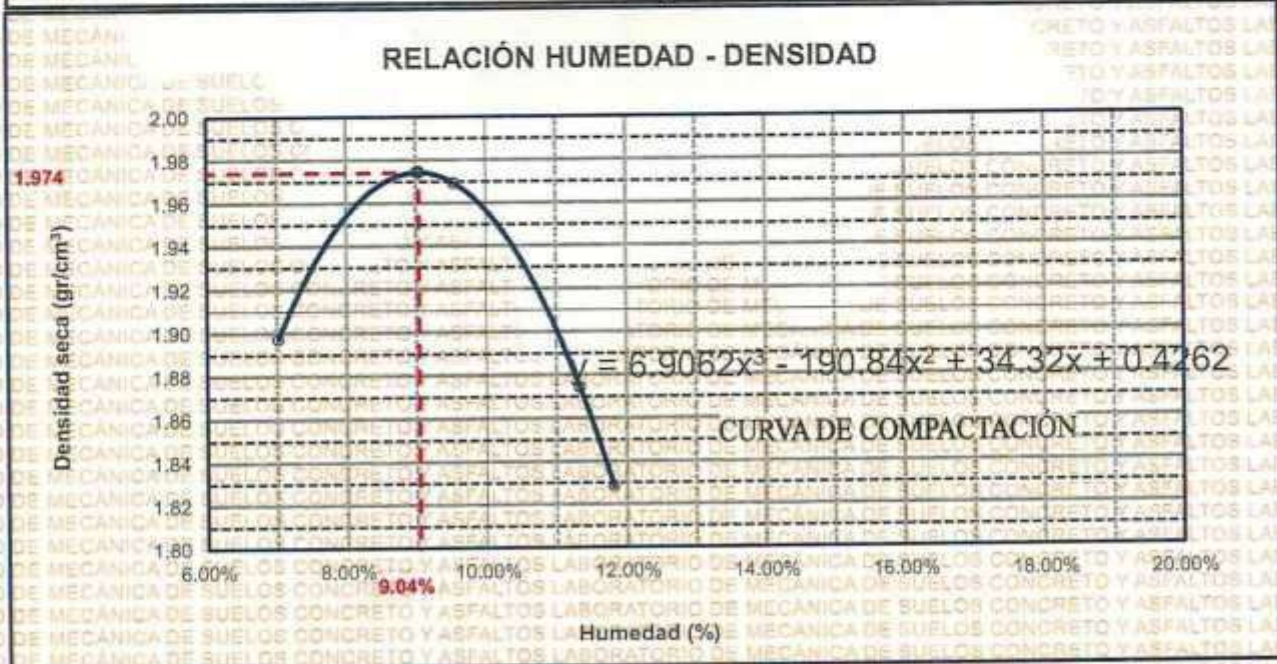
TESIS:	EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024		
SOLICITANTE:	MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO		
UBICACIÓN:	DISTRITO DE JULIACA		
MUESTRA:	SUBRASANTE +15% DE CENIZA VEGETAL - AVENIDA VIRREYES		
FECHA:	23 DE JULIO DEL 2025		

MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	2130 cm <sup>3</sup>
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10175	10445	10295	10205
Peso del Molde	gr.	5850	5850	5850	5850
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm <sup>3</sup> .	4325	4595	4445	4355
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm <sup>3</sup> .	2.031	2.157	2.087	2.045

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	69.15	69.20	69.35	69.57	72.05	71.45	74.00	74.41
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	66.10	65.80	65.00	65.30	65.48	67.54	68.07	68.89
Peso del Agua	gr.	3.05	3.40	4.35	4.27	6.57	3.91	5.93	5.52
Peso de la Capsula	gr.	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Peso del Suelo Seco	gr.	46.10	45.80	45.00	45.30	45.48	47.54	48.07	48.89
% de Humedad	%	6.62%	7.42%	9.67%	9.43%	14.45%	8.22%	12.34%	11.29%
Promedio de Humedad	%	7.02%		9.55%		11.34%		11.81%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.897		1.969		1.874		1.829	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	1.974 gr/cm <sup>3</sup>
		HUMEDAD OPTIMA	9.04%



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO M.S.C.A. JEPATUJA  
Dr. Arnaldo Yana Torres



### ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

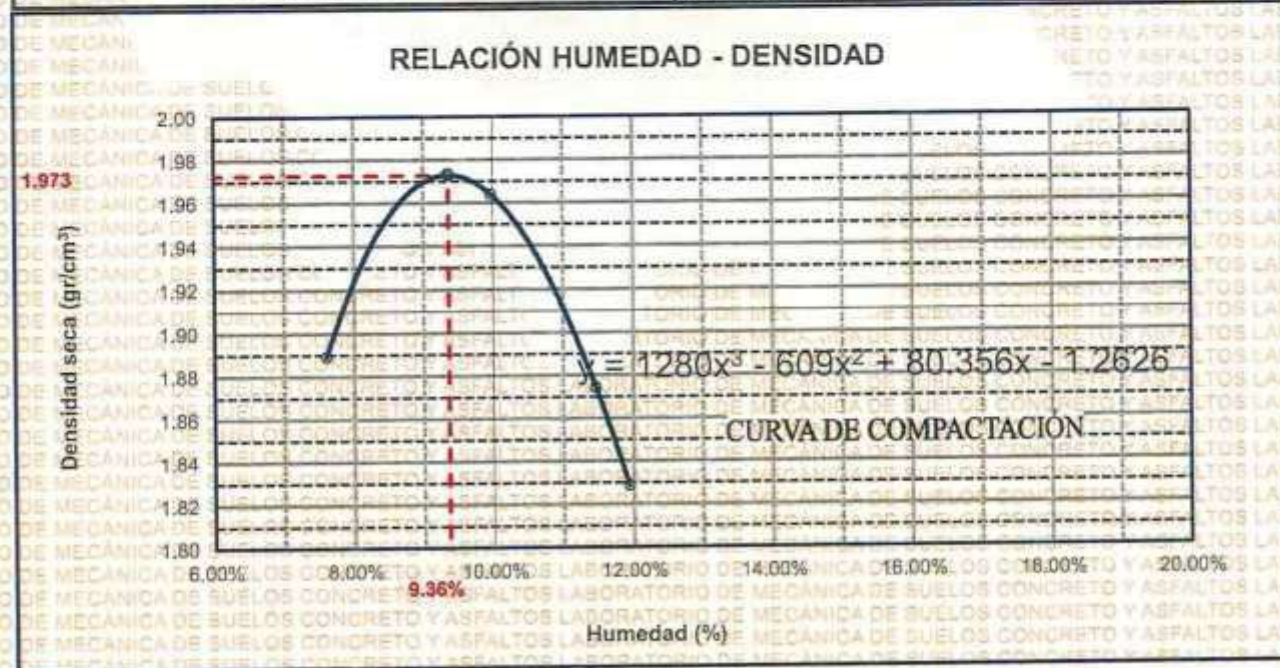
<b>TESIS</b>	: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024
<b>SOLICITANTE</b>	: MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO DE JULIACA
<b>MUESTRA</b>	: SUBRASANTE +10% DE CENIZA VEGETAL- AVENIDA VIRREYES
<b>FECHA</b>	: 23 DE JULIO DEL 2025

<b>MOLDE No</b>	: 1	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	: 2130 cm <sup>3</sup>
<b>No DE CAPAS</b>	: 5	<b>GOLPES POR CAPA</b>	: 25 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10180	10450	10300	10210
Peso del Molde	gr.	5850	5850	5850	5850
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm <sup>3</sup> .	4330	4600	4450	4360
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm <sup>3</sup> .	2.033	2.160	2.089	2.047

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	69.15	69.20	69.35	69.57	72.05	71.45	74.00	74.41
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	65.81	65.59	64.94	65.01	65.47	67.44	68.05	68.60
Peso del Agua	gr.	3.34	3.61	4.41	4.56	5.58	4.01	5.95	5.81
Peso de la Capsula	gr.	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Peso del Suelo Seco	gr.	45.81	45.59	44.94	45.01	45.47	47.44	48.05	48.60
% de Humedad	%	7.29%	7.92%	9.81%	10.13%	14.47%	8.45%	12.38%	11.50%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	7.60%		9.97%		11.46%		11.94%	
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	1.889		1.964		1.874		1.829	

<b>METODO:</b>	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA</b>	: 1.973 gr/cm <sup>3</sup>
		<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	: 9.36%



LABORATORIO M.S.C. JULIACA  
 Dr. Arnaldo Yana Torres  
 CIP. 103257



### ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

<b>TESIS</b>	: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024
<b>SOLICITANTE</b>	: MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO DE JULIACA
<b>MUESTRA</b>	: CALICATA 2 - SUBRASANTE - AVENIDA MARIA ARGUEDAS
<b>FECHA</b>	: 23 DE JULIO DEL 2025

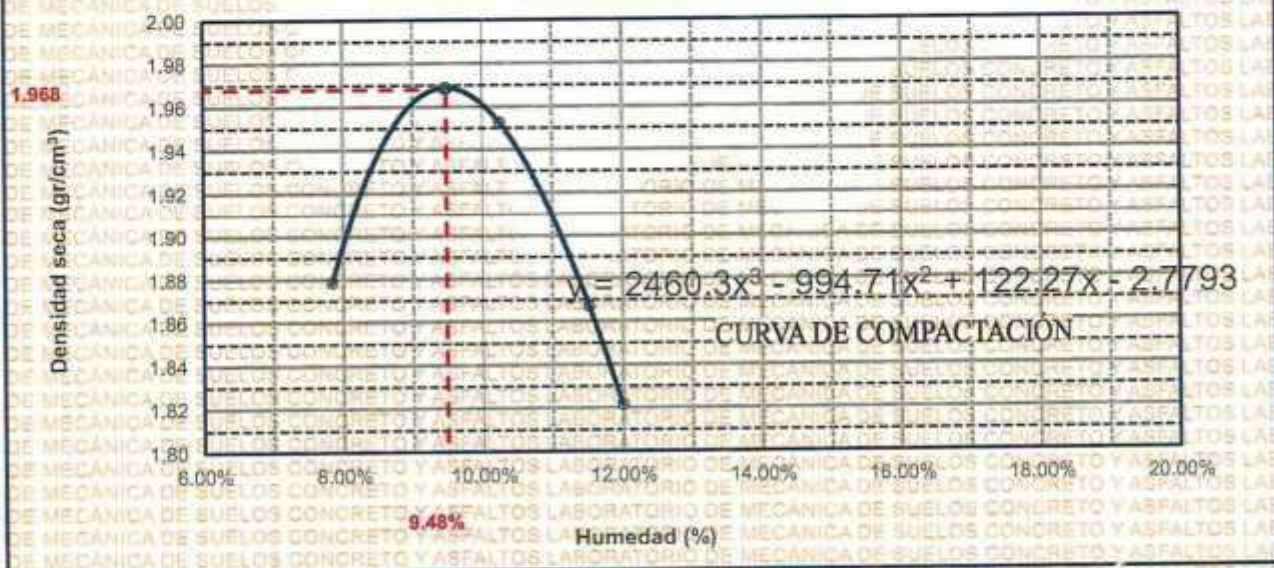
<b>MOLDE No</b>	: 1	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	: 2130 cm <sup>3</sup>
<b>No DE CAPAS</b>	: 5	<b>GOLPES POR CAPA</b>	: 25 golpes

<b>Peso Suelo Húmedo + Molde</b>	gr.	10165	10435	10285	10195
<b>Peso del Molde</b>	gr.	5850	5850	5850	5850
<b>Peso del Suelo Húmedo</b>	gr/cm <sup>3</sup> .	4315	4585	4435	4345
<b>Densidad del Suelo Húmedo</b>	gr/cm <sup>3</sup> .	2.026	2.153	2.082	2.040

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	69.15	69.20	69.35	69.57	72.05	71.45	74.00	74.41
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	65.69	65.51	64.74	64.98	65.45	67.41	68.01	68.79
Peso del Agua	gr.	3.46	3.69	4.61	4.59	6.60	4.04	5.99	5.62
Peso de la Capsula	gr.	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Peso del Suelo Seco	gr.	45.69	45.51	44.74	44.98	45.45	47.41	48.01	48.79
% de Humedad	%	7.57%	8.11%	10.30%	10.20%	14.52%	8.52%	12.48%	11.52%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	7.84%		10.25%		11.52%		12.00%	
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	1.879		1.952		1.867		1.821	

<b>METODO:</b>	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA</b>	: 1.968 gr/cm <sup>3</sup>
		<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	: 9.48%

#### RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
M.S.C.A. JEFATURA  
Dr. Arnaldo Yana Torres  
C.I.P. 103257



### ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

TESIS	: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024
SOLICITANTE	: MARCO ANTONIO AQUIVIRI AVEDAÑO
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JULIACA
MUESTRA	: CALICATA 1 - SUBRASANTE - AVENIDA MARIA ARGUEDAS
FECHA	: 23 DE JULIO DEL 2025

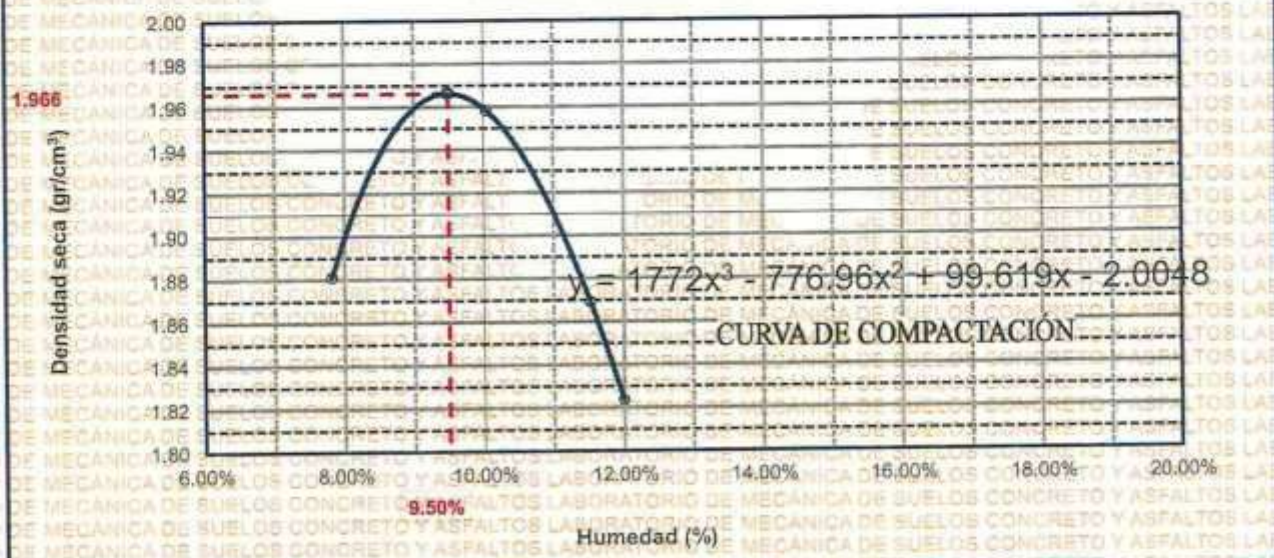
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2130 cm <sup>3</sup>
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 25 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10170	10440	10290	10200
Peso del Molde	gr.	5850	5850	5850	5850
Peso del Suelo Humedo	gr/cm <sup>3</sup> .	4320	4590	4440	4350
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm <sup>3</sup> .	2.028	2.155	2.085	2.042

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	69.15	69.20	68.35	69.57	72.05	71.45	74.00	74.41
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	65.71	65.51	64.91	64.98	65.45	67.41	68.01	68.79
Peso del Agua	gr.	3.44	3.69	4.44	4.59	6.60	4.04	5.99	5.62
Peso de la Capsula	gr.	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Peso del Suelo Seco	gr.	45.71	45.51	44.91	44.98	45.45	47.41	48.01	48.79
% de Humedad	%	7.53%	8.11%	9.89%	10.20%	14.52%	8.52%	12.48%	11.52%
Promedio de Humedad	%	7.82%		10.05%		11.52%		12.00%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.881		1.958		1.869		1.823	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.966 gr/cm <sup>3</sup> .
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 9.50%

#### RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS  
M.S.C. (PURA)  
JULIACA - PERÚ

Dr. Arnaldo Yana Torres  
CIP. 102257



## ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

TESIS	: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024
SOLICITANTE	: MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JULIACA
MUESTRA	: CALICATA 2 - SUBRASANTE - AVENIDA VIRREYES
FECHA	: 23 DE JULIO DEL 2025

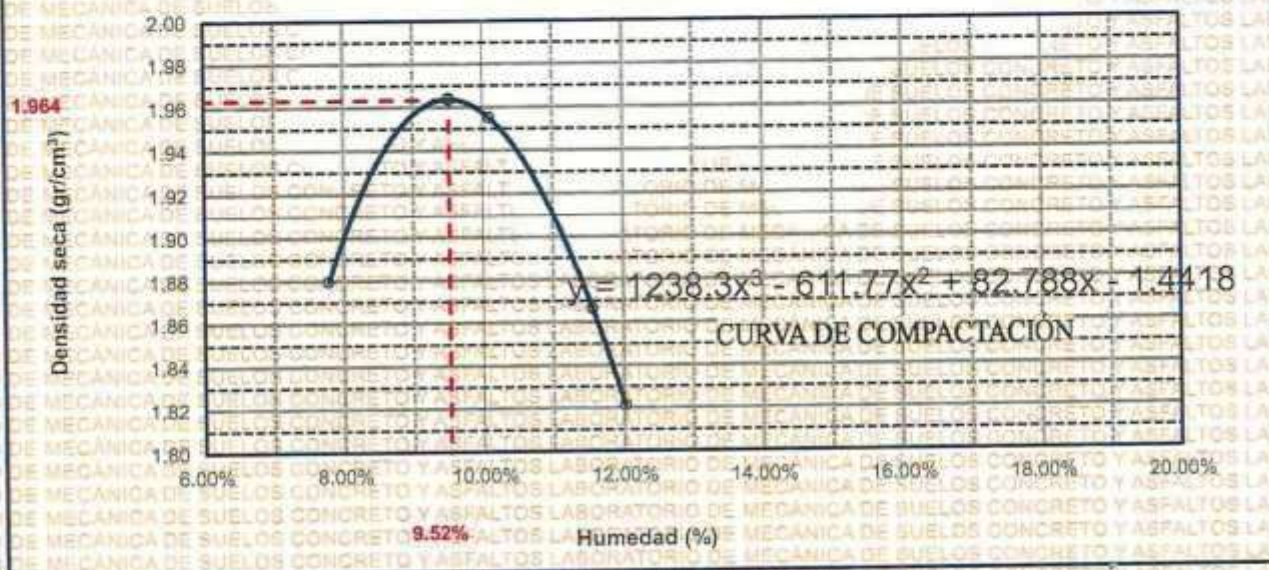
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2130 cm <sup>3</sup>
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 25 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10165	10435	10285	10195
Peso del Molde	gr.	5850	5850	5850	5850
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	4315	4585	4435	4345
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.026	2.153	2.082	2.040

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	69.15	69.20	69.35	69.57	72.05	71.45	74.00	74.41
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	65.76	65.49	64.89	64.96	66.43	67.40	68.00	66.78
Peso del Agua	gr.	3.39	3.71	4.46	4.61	5.62	4.05	6.00	5.63
Peso de la Capsula	gr.	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Peso del Suelo Seco	gr.	45.76	45.49	44.89	44.96	45.43	47.40	48.00	48.78
% de Humedad	%	7.41%	8.16%	9.94%	10.25%	14.57%	8.54%	12.50%	11.54%
Promedio de Humedad	%	7.78%		10.09%		11.56%		12.02%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.880		1.955		1.866		1.821	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.964 gr/cm <sup>3</sup>
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 9.52%

### RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



INVESTIGADOR RESPONSABLE  
FCP - GRUPO INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

JEFATURA



### ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

TESIS	: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024
SOLICITANTE	: MARCO ANTONIO ADEVIRI AVEDAÑO
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JULIACA
MUESTRA	: CALICATA 1 - SUBRASANTE - AVENIDA VIRREYES
FECHA	: 23 DE JULIO DEL 2025

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2130 cm <sup>3</sup>
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 25 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10170	10440	10290	10200
Peso del Molde	gr.	5850	5850	5850	5850
Peso del Suelo Humedo	gr/cm <sup>3</sup>	4320	4590	4440	4350
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.028	2.155	2.085	2.042

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	69.15	69.20	69.35	69.57	72.05	71.45	74.00	74.41
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	65.77	65.51	64.91	64.98	65.45	67.41	69.01	68.79
Peso del Agua	gr.	3.38	3.69	4.44	4.59	6.60	4.04	5.99	5.62
Peso de la Capsula	gr.	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Peso del Suelo Seco	gr.	45.77	45.51	44.91	44.98	45.45	47.41	49.01	48.79
% de Humedad	%	7.38%	8.11%	9.99%	10.20%	14.52%	8.52%	12.48%	11.52%
Promedio de Humedad	%	7.75%		10.05%		11.52%		12.00%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.882		1.958		1.869		1.823	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.967 gr/cm <sup>3</sup>
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 9.46%



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

*Dr. Arnaldo Yana Torres*  
CIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024

**SOLICITANTE** : MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO

**UBICACIÓN** : AVENIDA MARIA ARGUEDAS -DISTRITO DE JULIACA

**MUESTRA** : C-2

**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m

**FECHA** : 23 DE JULIO DEL 2025

### CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	163.04
SUELO SECO + TARRO	gr	145.60
PESO DEL TARRO	gr	45.01
PESO DEL AGUA	gr	17.44
PESO DEL SUELO SECO	gr	100.59
HUMEDAD %	%	17.34

### LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LIMITE LIQUIDO			
TARRO N°	A	B	
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	48.91	48.98
SUELO SECO + TARRO	gr	40.51	41.06
PESO DEL TARRO	gr	18.18	18.54
PESO DEL AGUA	gr	8.40	7.92
PESO DEL SUELO SECO	gr	22.33	22.52
HUMEDAD %	%	37.62	35.17
N° DE GOLPES		30	30

LIMITE PLASTICO	
6	7
17.68	17.80
15.53	16.09
6.00	6.00
2.15	1.71
9.53	10.09
22.56	16.95

**LIMITE LIQUIDO** : 37.20      **LIMITE PLASTICO** : 19.75

**INDICE PLASTICO** : 17.45

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LE = Limite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Numero de Golpes

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS  
LABORATORIO M.G.S. JEFATURA  
Dr. Arnaldo Yana Torres



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



### PROYECTO

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETR  
ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA  
PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024

### SOLICITANTE

: MARCO ANTONIO ADUMIRI AVEDAÑO

### UBICACIÓN

: AVENIDA MARIA ARGUEDAS -DISTRITO DE JULIACA

### MUESTRA

: C-1

### PROFUNDIDAD

: 0.00 - 1.50 m

### FECHA

: 23 DE JULIO DEL 2025

## CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	163.02
SUELO SECO + TARRO	gr	145.58
PESO DEL TARRO	gr	45.01
PESO DEL AGUA	gr	17.44
PESO DEL SUELO SECO	gr	100.57
HUMEDAD %	%	17.34

## LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

### LIMITE LIQUIDO

TARRO N°		A	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	48.91	48.98
SUELO SECO + TARRO	gr	40.45	40.96
PESO DEL TARRO	gr	18.18	18.54
PESO DEL AGUA	gr	8.46	8.02
PESO DEL SUELO SECO	gr	22.27	22.42
HUMEDAD %	%	37.99	35.77
N° DE GOLPES		30	30

### LIMITE PLASTICO

E	G
17.68	17.80
15.57	15.98
6.00	6.00
2.11	1.82
9.57	9.98
22.05	18.24

**LIMITE LIQUIDO** : 37.70      **LIMITE PLASTICO** : 20.14

**INDICE PLASTICO** : 17.56

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Limite Liquido

W<sub>n</sub> = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Numero de Golpes

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

Dr. Arnaldo Yana Torres  
CIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024

**SOLICITANTE** : MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO

**UBICACIÓN** : AVENIDA VIRREYES -DISTRITO DE JULIACA

**MUESTRA** : C-2

**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m

**FECHA** : 23 DE JULIO DEL 2025

### CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	163.02
SUELO SECO + TARRO	gr	146.07
PESO DEL TARRO	gr	45.01
PESO DEL AGUA	gr	16.95
PESO DEL SUELO SECO	gr	101.06
HUMEDAD %	%	16.77

### LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

#### LIMITE LIQUIDO

TARRO N°		A	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	48.91	48.98
SUELO SECO + TARRO	gr	40.59	41.06
PESO DEL TARRO	gr	18.18	18.54
PESO DEL AGUA	gr	8.32	7.92
PESO DEL SUELO SECO	gr	22.41	22.52
HUMEDAD %	%	37.14	35.17
N° DE GOLPES		30	30

#### LIMITE PLASTICO

6	7
17.68	17.80
15.57	16.06
6.00	6.00
2.11	1.74
9.57	10.06
22.05	17.30

**LIMITE LIQUIDO** : 36.96      **LIMITE PLASTICO** : 19.67

**INDICE PLASTICO** : 17.29

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$   
 Donde:  
 LL = Limite Liquido  
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)  
 N = Numero de Golpes

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
 RCP - OAP INGENIERIA CIVIL  
  
 Dr. Arnaldo Yana Torres  
 GIP: 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELASQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024

**SOLICITANTE** : MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO

**UBICACIÓN** : AVENIDA VIRREYES - DISTRITO DE JULIACA

**MUESTRA** : C-1

**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m

**FECHA** : 23 DE JULIO DEL 2025

### CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	163.02
SUELO SECO + TARRO	gr	146.01
PESO DEL TARRO	gr	45.01
PESO DEL AGUA	gr	17.01
PESO DEL SUELO SECO	gr	101.00
HUMEDAD %	%	16.84

### LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

#### LIMITE LIQUIDO

TARRO N°		A	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	48.91	48.98
SUELO SECO + TARRO	gr	40.49	40.96
PESO DEL TARRO	gr	18.18	18.54
PESO DEL AGUA	gr	8.42	8.02
PESO DEL SUELO SECO	gr	22.31	22.42
HUMEDAD %	%	37.74	35.77
N° DE GOLPES		30	30

#### LIMITE PLASTICO

E	G
17.68	17.80
15.57	16.01
6.00	6.00
2.11	1.79
9.57	10.01
22.05	17.88

**LIMITE LIQUIDO** : 37.58      **LIMITE PLASTICO** : 19.97

**INDICE PLASTICO** : 17.61

$$LL = Wn * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Limite Liquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

Nc = Numero de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELASQUEZ"  
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres  
GIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERDEIRO VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



### ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR

ASTM D-1586

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024

SOLICITANTE : MARCO ANTONIO ADOVIRI AVEDAÑO

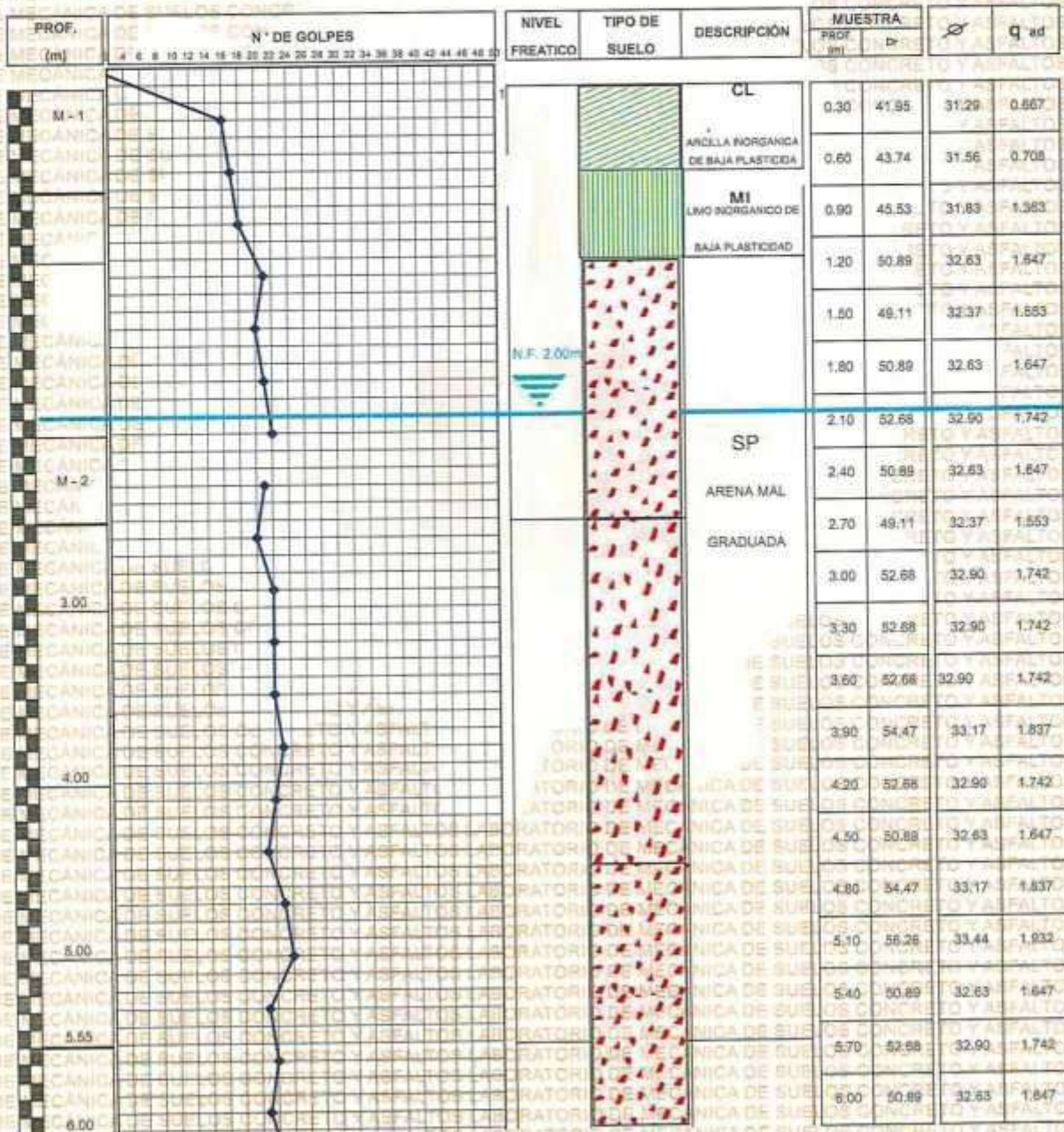
UBICACIÓN : URB. VILLA MANUELITA

MUESTRA : SPT N° 09

PROF. : 0.00 - 6.00 m

N.F. : 2.00 m

FECHA : 23 DE JULIO DEL 2025



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERDEIRO VELÁSQUEZ  
FICP / CAP INGENIERÍA CIVIL  
Dr. Arnaldo Yana Torres



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



### ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR

ASTM D-1586

**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

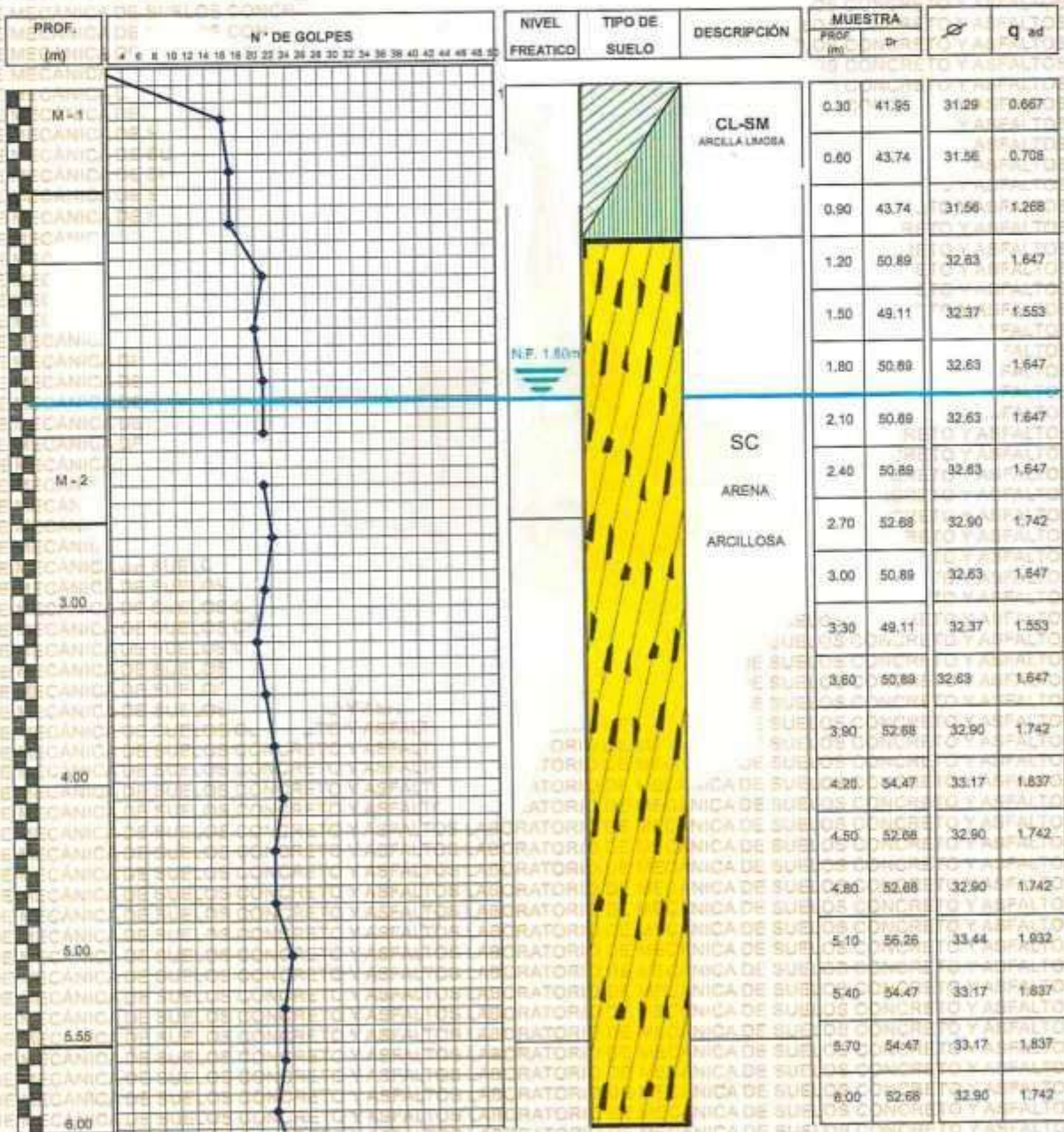
**SOLICITANTE** : MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO

**UBICACIÓN** : URB. CINCUENTENARIO CANCELLANI

**MUESTRA** : SPT N° 08

**PROF.** : 0.00 – 6.00 m **N.F.** : 1.80 m

**FECHA** : 23 DE JULIO DEL 2023



INGENIERO NESTOR CACERES VELASQUEZ  
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL

M.S.C.A.  
INGENIERO





UNIVERSIDAD ANÓNIMA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



### ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR

ASTM D-1586

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024

SOLICITANTE : MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO

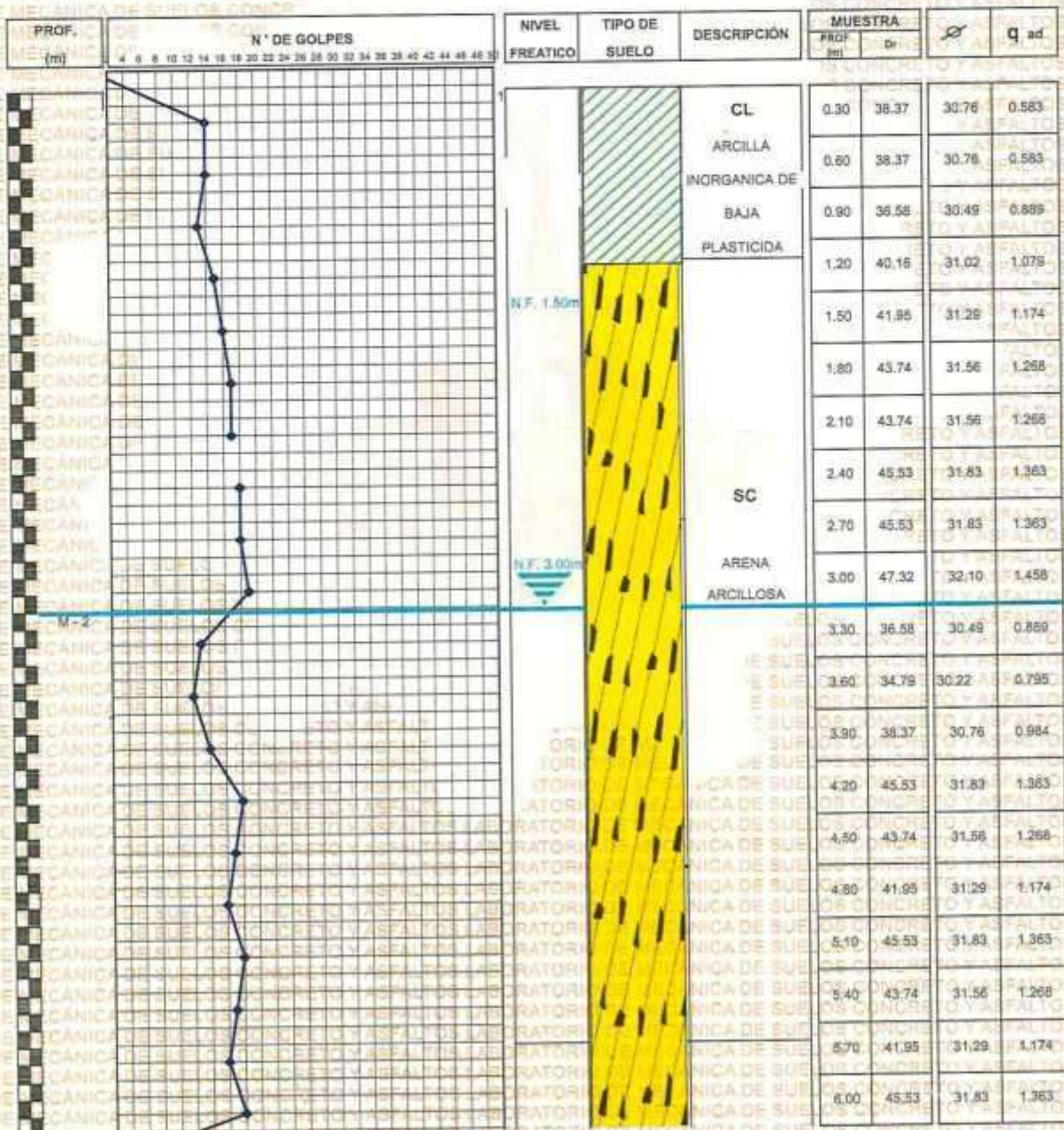
UBICACIÓN : BARRIO SANTA BARBARA

MUESTRA : SPT N° 06

PROF. : 0.00 – 6.00 m

N.F. : 3.00 m

FECHA : 23 DE JULIO DEL 2025



UNIVERSIDAD ANÓNIMA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

UNIVERSITARIO M.S.C.A.  
JEFATURA







UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERDA" VELASCO  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



### ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR

ASTM D-1586

**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024

**SOLICITANTE** : MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO

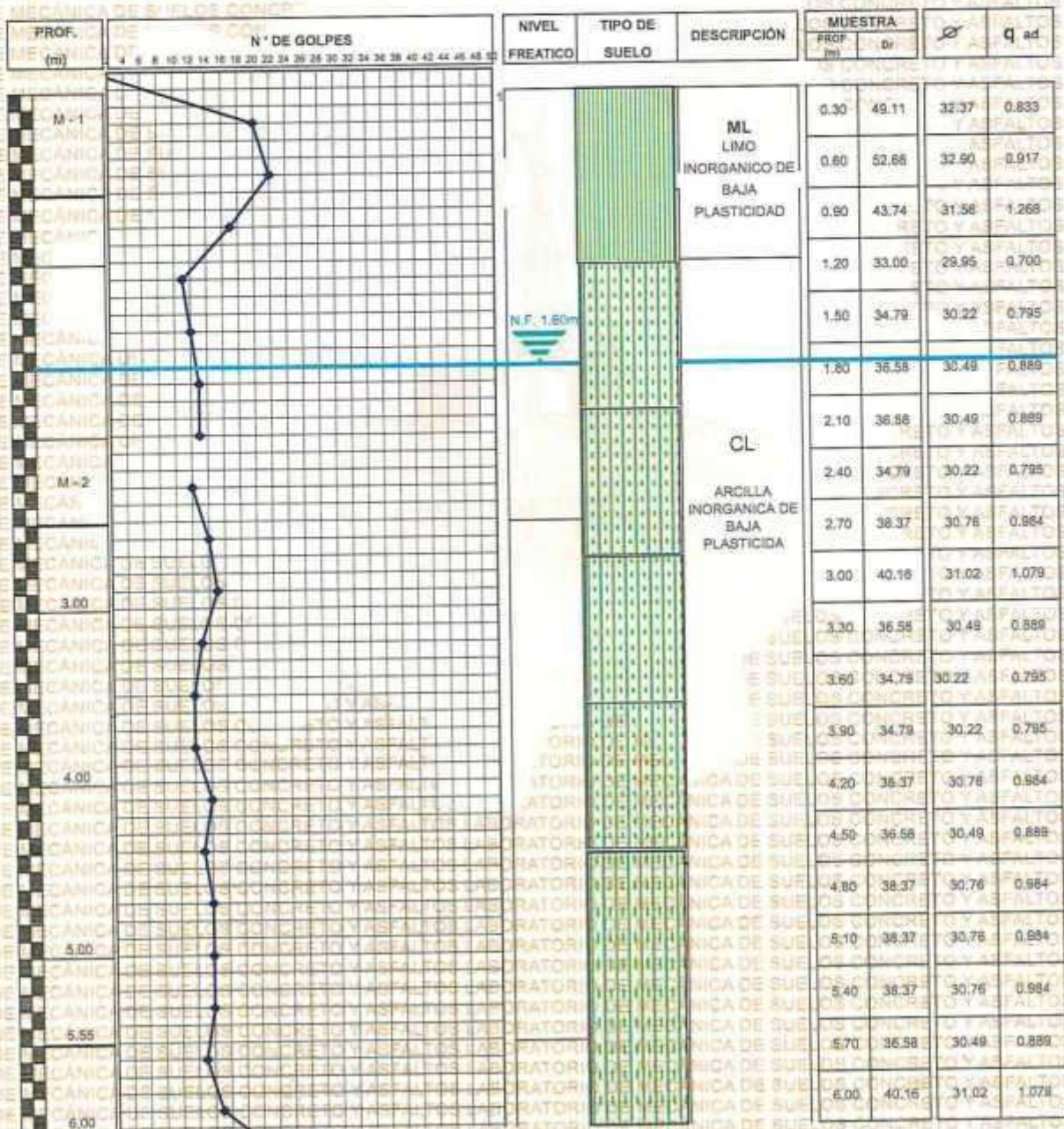
**UBICACIÓN** : URB. INDEPENDENCIA

**MUESTRA** : SPT N° 03

**PROF.** : 0.00 - 6.00 m

**N.F.** : 1.60 m

**FECHA** : 23 DE JULIO DEL 2025



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERDA" VELASCO  
LABORATORIO USCA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
PROF. CAP INGENIERIA CIVIL



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERÓN VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



### ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR

#### ASTM D-1586

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

SOLICITANTE : MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO

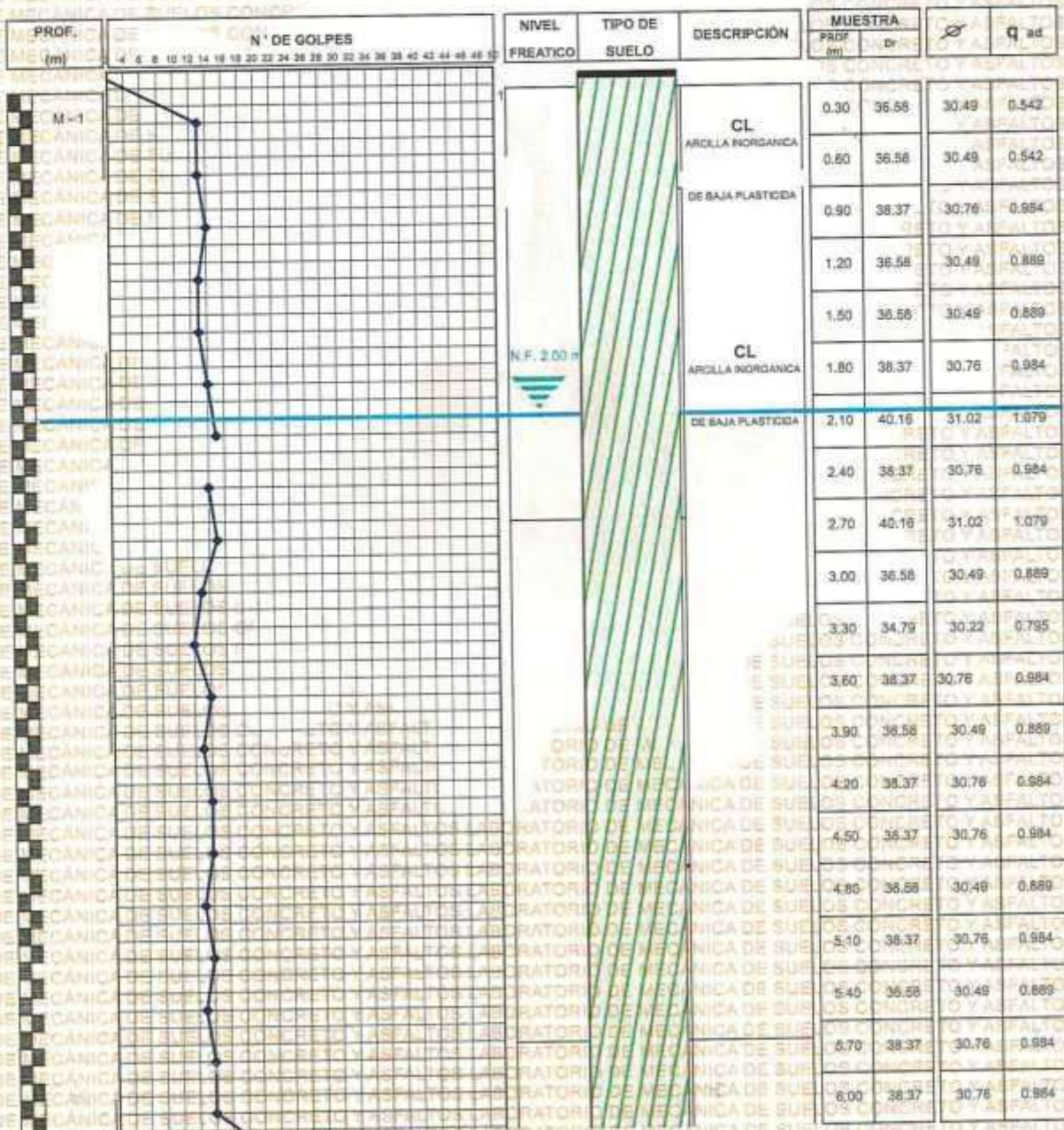
UBICACIÓN : URB. PUEBLO LIBRE

MUESTRA : SPT N° 02

PROF. : 0.00 - 6.00 m

N.F. : 2.00 m

FECHA : 23 DE JULIO DEL 2025



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERÓN VELÁSQUEZ  
FOP - CAP INGENIERÍA CIVIL

*[Signature]*  
Dr. Arnaldo Vera Torres



UNIVERSIDAD ANÓNIMA INCA GARCILASO DE LA VEGA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PÚBICAS  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



### ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR

ASTM D-1586

PROYECTO: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

SOLICITANTE: MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO

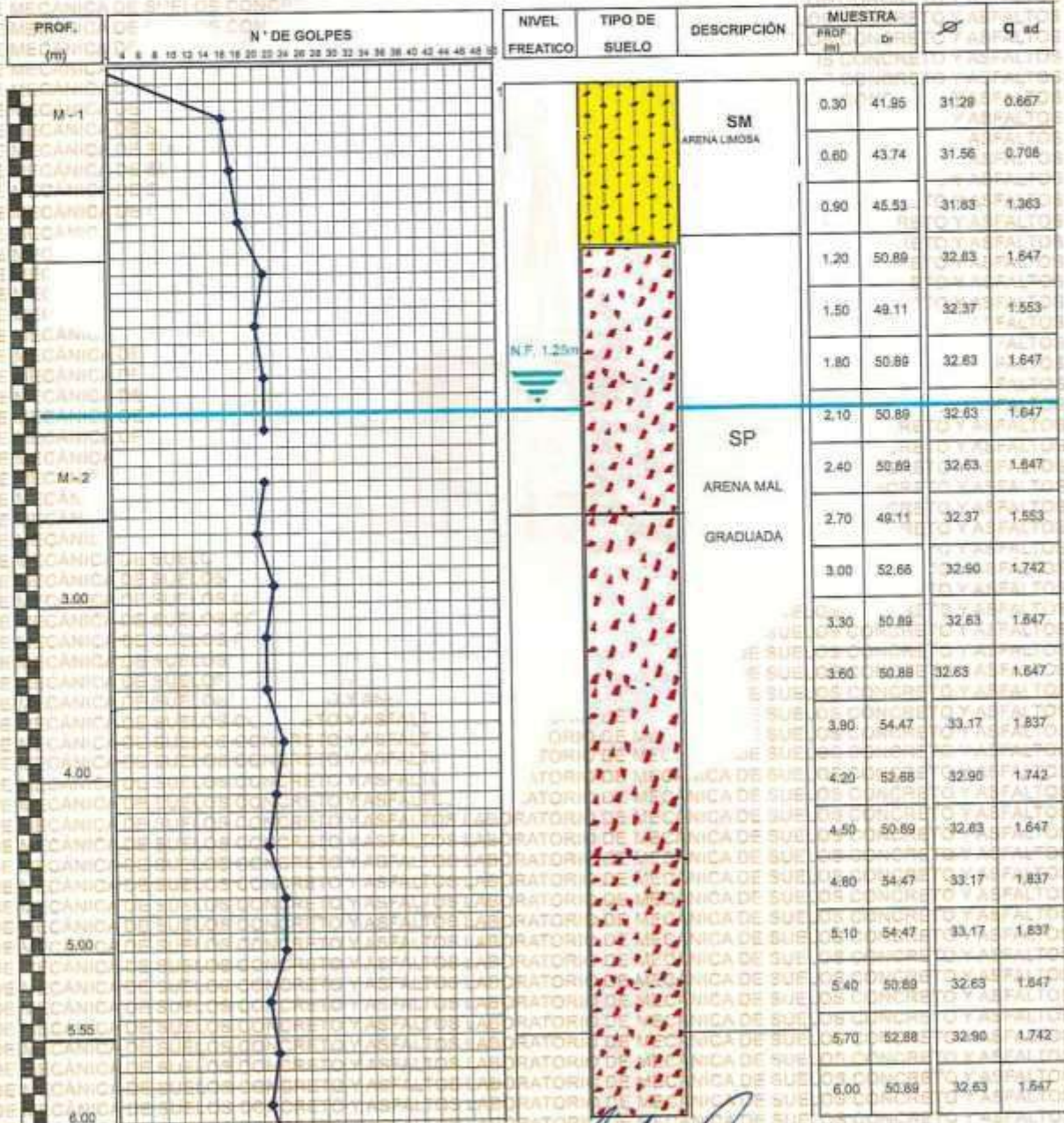
UBICACIÓN: URB. CAPILLA NATIVIDAD

MUESTRA: SPT N°01

PROF.: 0.00 – 6.00 m

N.F.: 2.00 m

FECHA: 23 DE JULIO DEL 2025



UNIVERSIDAD ANÓNIMA INCA GARCILASO DE LA VEGA  
LABORATORIO M.S.C.A. INCA GARCILASO DE LA VEGA  
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL  
Dr. Arnaldo Yana Torres  
CIP 102257



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024

**SOLICITANTE** : MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO

**UBICACIÓN** : URB. SEÑOR DE IMARRUCOS

**MUESTRA** : C-03 M-03

**PROFUNDIDAD** : 1.40 - 1.60 m

**FECHA** : 23 DE JULIO DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MAXIMO: DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						P.L.= 300.00
2 1/2"	63.500						P.L.= 6.64
2"	50.800						P.P.= 293.36
1 1/2"	38.100						% W = 28.51
1"	25.400						<b>LIMITES DE CONSISTENCIA:</b>
3/4"	19.050						L.L.= 48.21
1/2"	12.700						L.P.= 19.60
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00		I.P.= 28.62
1/4"	6.350						<b>CARACT. GRANULOMETRICAS:</b>
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00		D10= — Cu= —
No8	2.380						D30= — Cc= —
No10	2.000	0.84	0.28	0.28	99.72		D60= —
No16	1.190						<b>CLASIFICACION:</b>
No20	0.840	0.15	0.05	0.33	99.67		I.G. =
No30	0.590						SUSCS : CL
No40	0.420	0.21	0.07	0.40	99.60		ASSTHO :
No 50	0.300	1.67	0.56	0.96	99.04		<b>OBSERVACIONES:</b>
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	2.19	0.73	1.69	98.31		
No200	0.074	1.58	0.53	2.21	97.79		
BASE		293.36	97.79	100.00	0.00		
TOTAL		300.00	100.00				
% PERDIDA		97.79					



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
 FICP - CAP INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA

Dr. Arnaldo Yana Torres  
 CIP. 103257



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024

**SOLICITANTE** : MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO

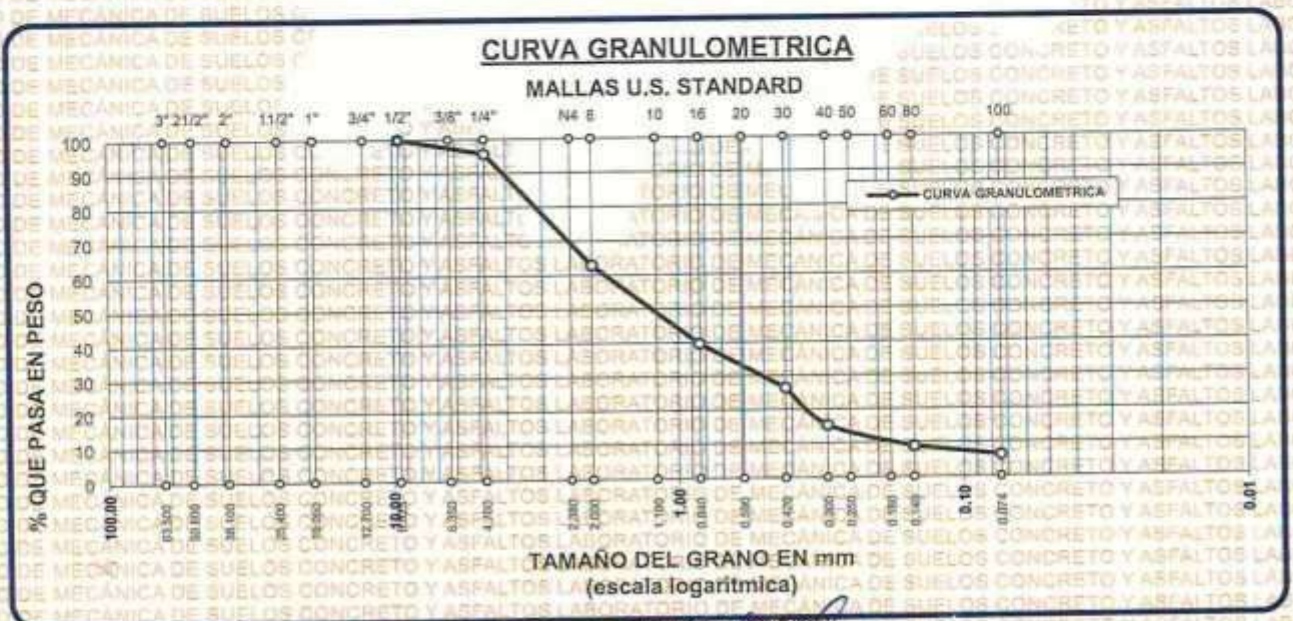
**UBICACIÓN** : URB. SEÑOR DE IMARRUCOS

**MUESTRA** : C-02 M-02

**PROFUNDIDAD** : 0.90 - 1.40 m

**FECHA** : 23 DE JULIO DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MAXIMO: DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						P.L.= 500.00
2 1/2"	63.500						P.L.= 469.05
2"	50.600						P.P.= 30.95
1 1/2"	38.100						%W = 5.76
1"	25.400						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.050						LL= NP
1/2"	12.700						LP= NP
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00		IP= NP
1/4"	6.350						CARACT. GRANULOMETRICAS:
No4	4.760	21.21	4.24	4.24	95.76		D10= 0.175 Cu= 10.6
No8	2.380						D30= 0.532 Cc= 0.87
No10	2.000	164.52	32.90	37.15	62.85		D60= 1.86
No16	1.190						CLASIFICACION:
No20	0.840	116.26	23.25	60.40	39.60		I.G. =
No30	0.590						SUSCS : SP-SM
No40	0.420	65.53	13.11	73.50	26.50		ASSTHO :
No 50	0.300	55.81	11.16	84.67	15.33		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	31.92	6.38	91.05	8.95		
No200	0.074	13.80	2.76	93.81	6.19		
BASE		30.95	6.19	100.00	0.00		
TOTAL		500.00	100.00				
% PERDIDA		6.19					



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS  
 M.S.C.A. JEFATURA  
 Dr. Arnaldo Yana Torres



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION ESTÁNDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024

**SOLICITANTE** : MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO

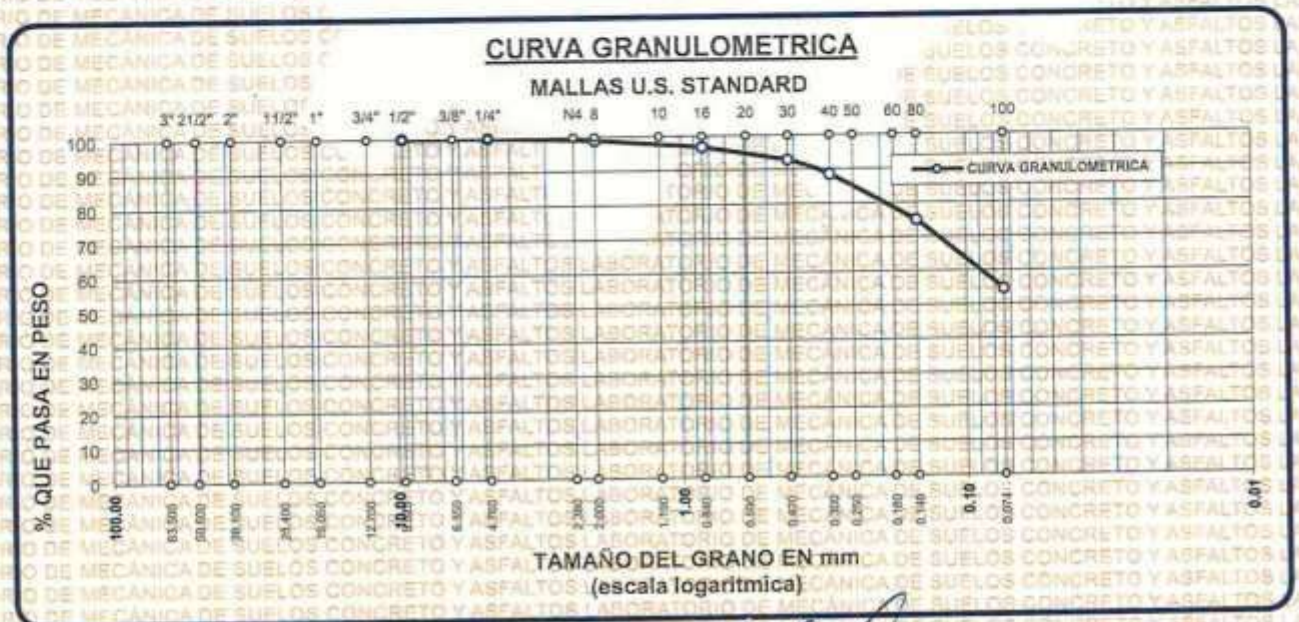
**UBICACIÓN** : URB. SEÑOR DE IMARRUCOS

**MUESTRA** : C-02 M-01

**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 0.90 m

**FECHA** : 23 DE JULIO DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	76.200						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.500						P.L.= 300.00
2"	50.800						P.L.= 136.20
1 1/2"	38.100						P.P.= 163.80
1"	25.400						% W = 15.39
3/4"	19.050						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.700						L.L.= 26.23
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00		L.P.= 20.54
1/4"	6.350						I.P.= 5.69
No4	4.760	0.40	0.13	0.13	99.87		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.380						D10= --- Cu= ---
No10	2.000	2.47	0.82	0.96	99.04		D30= --- Cc= ---
No16	1.190						D60= 0.09
No20	0.840	6.65	2.22	3.17	96.83		CLASIFICACION:
No30	0.590						I.G. =
No40	0.420	12.17	4.06	7.23	92.77		SUSCS : CL-ML
No 50	0.300	12.61	4.20	11.43	88.57		ASSTHO : ---
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.149	40.64	13.55	24.98	75.02		
No200	0.074	61.26	20.42	45.40	54.60		
BASE		163.80	54.60	100.00	0.00		
TOTAL		300.00	100.00				
% PERDIDA		54.60					



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERCO VELÁSQUEZ"  
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. MEJORA

*[Signature]*



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERERES VELASQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

**PROYECTO :** EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION ESTÁNDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

**SOLICITANTE :** MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO

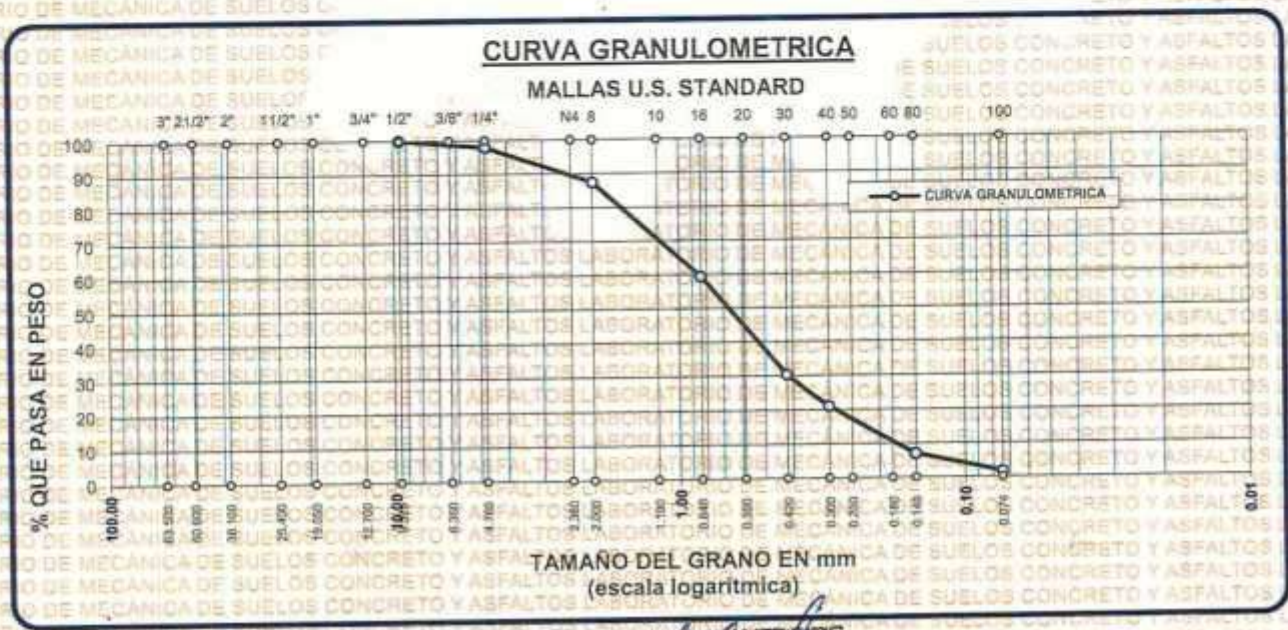
**UBICACIÓN :** URB. CAP NATIVIDAD

**MUESTRA :** C-01 M-03

**PROFUNDIDAD :** 1.20 - 6.00 m

**FECHA :** 23 DE JULIO DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	76.200						DESCRIPCION DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.500						P.I.= 500.00
2"	50.800						P.L.= 491.98
1 1/2"	38.100						P.P.= 8.02
1"	25.400						%w= 5.37
3/4"	19.050						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.700						L.L.= NP
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00		L.P.= NP
1/4"	6.350						I.P.= NP
No4	4.760	10.29	2.06	2.06	97.94		CARACT. GRANULOMETRICAS:
No8	2.380						D10= 0.182 Cu= 4.74
No10	2.000	52.50	10.50	12.56	87.44		D30= 0.415 Cc= 1.09
No16	1.190						D60= 0.86
No20	0.840	139.95	27.99	40.55	59.45		CLASIFICACION:
No30	0.590						I.G. =
No40	0.420	145.20	29.04	69.59	30.41		SUSCS : SP
No50	0.300	46.53	9.31	78.89	21.11		ASSTHO :
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.149	70.67	14.13	93.03	6.97		
No200	0.074	26.84	5.37	98.40	1.60		
BASE		8.02	1.60	100.00	0.00		
TOTAL		500.00	100.00				
% PERDIDA		1.60					



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERERES VELASQUEZ"  
 VICP - CAP INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO M.S.C.A.  
 JEFEATURA



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERERES VELASQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024

**SOLICITANTE** : MARCO ANTONIO ADEVIRI AVEDAÑO

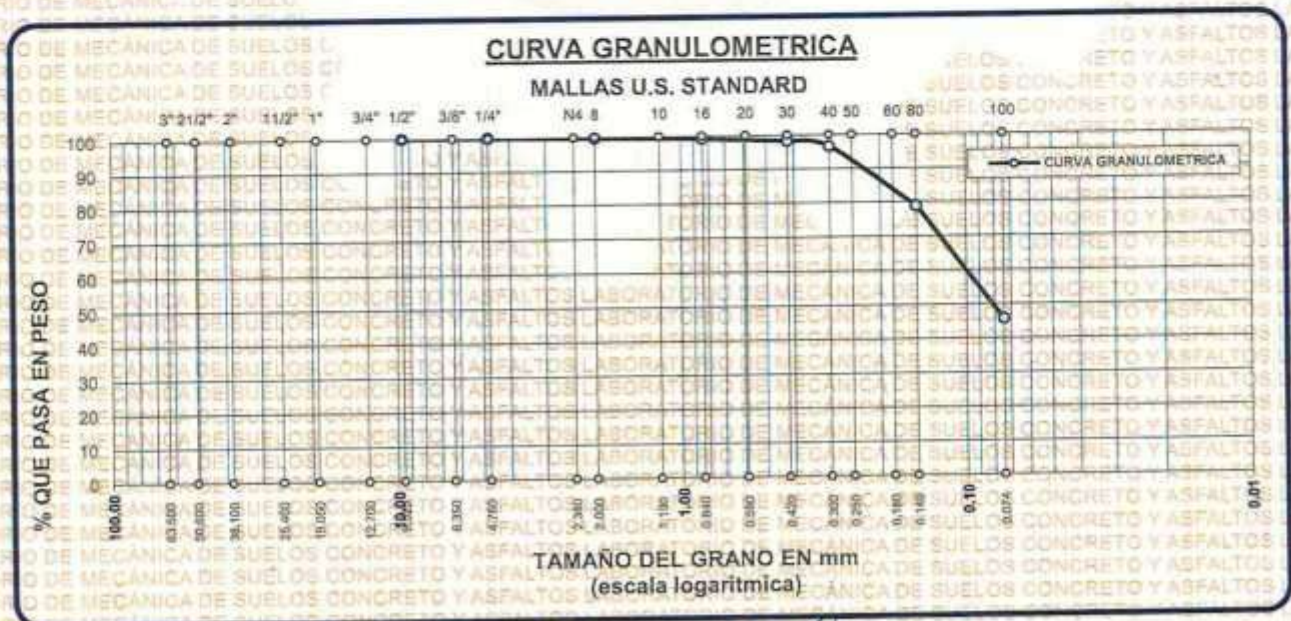
**UBICACIÓN** : URB. CAP NATIVIDAD

**MUESTRA** : C-01 M-02

**PROFUNDIDAD** : 0.90 - 1.20 m

**FECHA** : 23 DE JULIO DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	76.200						DESCRIPCION DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.500						P.L.= 300.00
2"	50.800						P.L.= 163.09
1 1/2"	38.100						P.P.= 136.91
1"	25.400						% W = 21.80
3/4"	19.050						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.700						L.L.= NP
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00		L.P.= NP
1/4"	6.350						I.P.= NP
No4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00		CARACT. GRANULOMETRICAS:
No8	2.380						D10= --- Cu= ---
No10	2.000	0.75	0.25	0.25	99.75		D30= --- Cc= ---
No16	1.190						D60= 0.11
No20	0.840	1.41	0.47	0.72	99.28		CLASIFICACION:
No30	0.590						I.G. =
No40	0.420	2.91	0.97	1.69	98.31		SUSCS : SM
No50	0.300	4.86	1.62	3.31	96.69		ASSTHO :
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.149	53.40	17.80	21.11	78.89		
No200	0.074	99.76	33.25	54.36	45.64		
BASE		136.91	45.64	100.00	0.00		
TOTAL		300.00	100.00				
% PERDIDA		45.64					



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERERES VELASQUEZ"  
 VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL  
 M.S.C.A.  
 Dr. Arnaldo Yana Torres  
 C.I.R. 102257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERDA VELASQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION ESTÁNDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024

**SOLICITANTE** : MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO

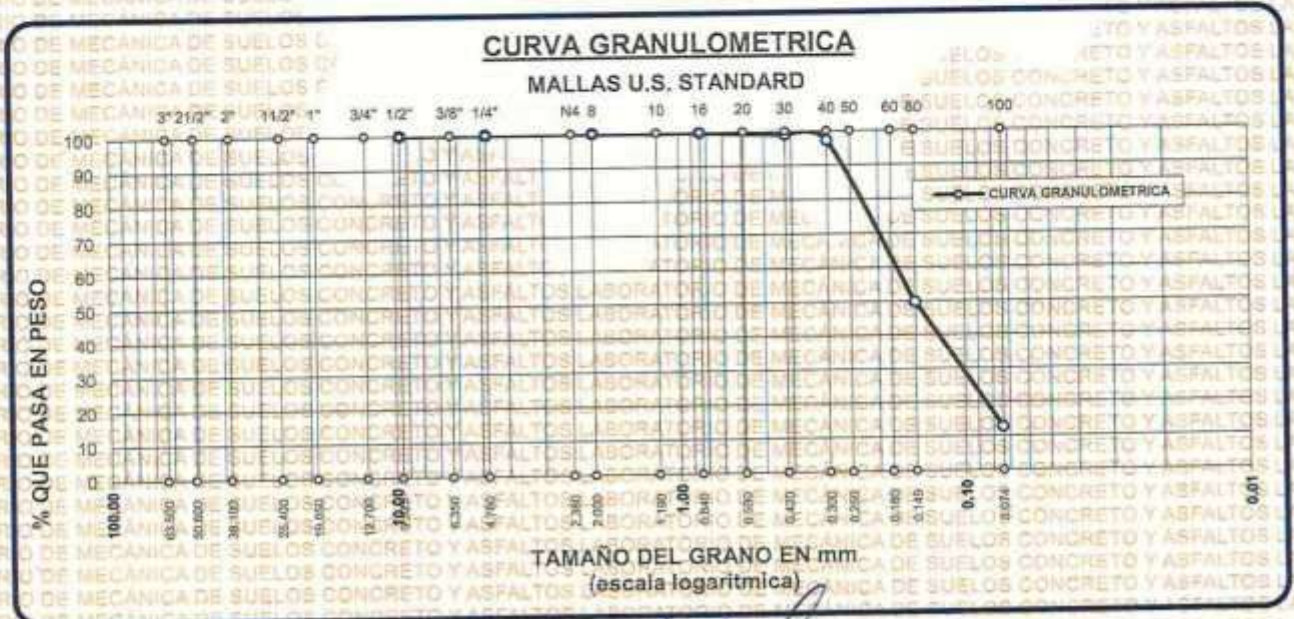
**UBICACIÓN** : URB. CAP NATIVIDAD

**MUESTRA** : C-01 M-01 (SPT Nro 1)

**PROFUNDIDAD** : 0.20 - 0.90 m

**FECHA** : 23 DE JULIO DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						P.I.= 300.00
2 1/2"	63.500						P.L.= 262.12
2"	50.800						P.P.= 37.88
1 1/2"	38.100						%W= 8.83
1"	25.400						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.050						LL= NP
1/2"	12.700						LP= NP
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00		IP= NP
1/4"	6.350						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00		D10= --- Cu= ---
No8	2.380						D30= 0.109 Cc= ---
No10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00		D60= 0.18
No16	1.190						CLASIFICACION:
No20	0.840	0.47	0.16	0.16	99.84		I.G. =
No30	0.590						SUSCS : SM
No40	0.420	2.41	0.80	0.96	99.04		ASSTHO :
No50	0.300	5.39	1.80	2.76	97.24		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	142.40	47.47	50.22	49.78		
No200	0.074	111.45	37.15	87.37	12.63		
BASE		37.88	12.63	100.00	0.00		
TOTAL		300.00	100.00				
% PERDIDA		12.63					



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERDA VELASQUEZ"  
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A.  
FIRMAPURA

Dr. Arnaldo Yana Torres  
GIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024

**SOLICITANTE** : MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO

**UBICACIÓN** : URB. CAP. NATIVIDAD

**MUESTRA** : C-01 M-01 (SPT Nro 1)

**PROFUNDIDAD** : 0.20 - 0.90 m

**FECHA** : 23 DE JULIO DEL 2025

**CONTENIDO DE HUMEDAD  
 ASTM - D - 2216 - MTC - E 108**

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	159.08
SUELO SECO + TARRO	gr	148.68
PESO DEL TARRO	gr	30.84
PESO DEL AGUA	gr	10.40
PESO DEL SUELO SECO	gr	117.84
HUMEDAD %	%	8.83

**LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD  
 ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90**

**LIMITE LIQUIDO**

TARRO N°		
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	
SUELO SECO + TARRO	gr	
PESO DEL TARRO	gr	
PESO DEL AGUA	gr	
PESO DEL SUELO SECO	gr	
HUMEDAD %	%	
N° DE GOLPES		

**LIMITE PLASTICO**


**LIMITE LIQUIDO** : NP **LIMITE PLASTICO** : NP

**INDICE PLASTICO** : NP

LL =  $W_p \cdot (N/25)^{0.121}$   
 Donde:  
 LL = Limite Liquido  
 $W_p$  = Contenido de Humedad Promedio (%)  
 N = Numero de Golpes

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
 FICP - CAP INGENIERIA CIVIL  
  
 Dr. Arnaldo Yana Torres  
 CIP: 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024

**SOLICITANTE** : MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO

**UBICACIÓN** : URB. CAP NATIVIDAD

**MUESTRA** : C-01 M-02

**PROFUNDIDAD** : 0.90 - 1.20 m

**FECHA** : 23 DE JULIO DEL 2025

### CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	159.05
SUELO SECO + TARRO	gr	134.78
PESO DEL TARRO	gr	23.43
PESO DEL AGUA	gr	24.27
PESO DEL SUELO SECO	gr	111.35
HUMEDAD %	%	21.80

### LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

#### LIMITE LIQUIDO

TARRO N°		
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	
SUELO SECO + TARRO	gr	
PESO DEL TARRO	gr	
PESO DEL AGUA	gr	
PESO DEL SUELO SECO	gr	
HUMEDAD %	%	
N° DE GOLPES		

#### LIMITE PLASTICO

TARRO N°		
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	
SUELO SECO + TARRO	gr	
PESO DEL TARRO	gr	
PESO DEL AGUA	gr	
PESO DEL SUELO SECO	gr	
HUMEDAD %	%	
N° DE GOLPES		

**LIMITE LIQUIDO** : NP **LIMITE PLASTICO** : NP

**INDICE PLASTICO** : NP

LL =  $W_n \cdot (N/25)^{0.121}$   
 Donde:  
 LL = Limite Liquido  
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)  
 N = Numero de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
 FICP - CAP INGENIERIA CIVIL  
 Dr. Arnaldo Yana Torres  
 CIP: 103257



**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION  
**ESTANDAR** Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA  
**PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024**

**SOLICITANTE** : MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO  
**UBICACIÓN** : URB. CAP NATIVIDAD  
**MUESTRA** : C-01 - M-03  
**PROFUNDIDAD** : 1.20 - 6.00 m  
**FECHA** : 23 DE JULIO DEL 2025

### CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	102.27
SUELO SECO + TARRO	gr	97.95
PESO DEL TARRO	gr	17.57
PESO DEL AGUA	gr	4.32
PESO DEL SUELO SECO	gr	80.38
HUMEDAD %	%	5.37

### LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

#### LIMITE LIQUIDO

TARRO N°		
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	
SUELO SECO + TARRO	gr	
PESO DEL TARRO	gr	
PESO DEL AGUA	gr	
PESO DEL SUELO SECO	gr	
HUMEDAD %	%	
N° DE GOLPES		

#### LIMITE PLASTICO


LIMITE LIQUIDO : NP LIMITE PLASTICO : NP

INDICE PLASTICO : NP

$LL = W_n \cdot (N/25)^{0.121}$   
 Donde:  
 LL = Limite Liquido  
 $W_n$  = Contenido de Humedad Promedio (%)  
 N = Numero de Golpes



UNIVERSIDAD ANÓNIMA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
 FICP - CAP INGENIERIA CIVIL  
 Dr. Arnaldo Yana Torres  
 CIP. 103257



### PROYECTO

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024

### SOLICITANTE

MARCO ANTONIO ADLIRI AVEDAÑO

### UBICACIÓN

URB. SEÑOR DE IMARRUCOS

### MUESTRA

C-02 M-01

### PROFUNDIDAD

0.00 - 0.90 m

### FECHA

23 DE JULIO DEL 2025

## CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	172.94
SUELO SECO + TARRO	gr	152.76
PESO DEL TARRO	gr	21.66
PESO DEL AGUA	gr	20.18
PESO DEL SUELO SECO	gr	131.10
HUMEDAD %	%	15.39

## LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

### LIMITE LIQUIDO

TARRO N°		5	6
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	39.56	38.98
SUELO SECO + TARRO	gr	37.66	37.19
PESO DEL TARRO	gr	30.46	30.39
PESO DEL AGUA	gr	1.90	1.79
PESO DEL SUELO SECO	gr	7.20	6.80
HUMEDAD %	%	26.39	26.32
N° DE GÓLPE		24	24
<b>LIMITE LIQUIDO</b>		<b>26.23</b>	<b>LIMITE PLASTICO : 20.54</b>

### LIMITE PLASTICO

D	G
13.02	13.36
11.85	12.15
6.16	6.25
1.17	1.21
5.89	5.80
20.58	20.51

**INDICE PLASTICO : 05.69**

LL =  $W_n \cdot (N/25)^{0.121}$   
 Donde:  
 LL = Límite Líquido.  
 $W_n$  = Contenido de Humedad Promedio (%)  
 N = Numero de Golpes

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
 FICP - CIVIL INGENIERIA CIVIL  
  
 Dr. Arnaldo Yana Torres  
 CIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024

**SOLICITANTE** : MARCO ANTONIO ADUVIR LAVEDAÑO

**UBICACIÓN** : URB. SEÑOR DE IMARRUCOS

**MUESTRA** : C-02 - M-02

**PROFUNDIDAD** : 0.90 - 1.40 m

**FECHA** : 23 DE JULIO DEL 2025

**CONTENIDO DE HUMEDAD  
 ASTM - D - 2216 - MTC - E 108**

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	204.14
SUELO SECO + TARRO	gr	194.29
PESO DEL TARRO	gr	23.43
PESO DEL AGUA	gr	9.65
PESO DEL SUELO SECO	gr	170.86
HUMEDAD %	%	5.76

**LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD  
 ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90**

**LIMITE LIQUIDO**

TARRO N°		
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	
SUELO SECO + TARRO	gr	
PESO DEL TARRO	gr	
PESO DEL AGUA	gr	
PESO DEL SUELO SECO	gr	
HUMEDAD %	%	
N° DE GOLPES		

**LIMITE PLASTICO**


**LIMITE LIQUIDO** : NP      **LIMITE PLASTICO** : NP

**INDICE PLASTICO** : NP

$LL = W_n \cdot (N/25)^{0.121}$   
 Donde:  
 LL = Limite-Líquido  
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)  
 N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
 FICP - CAR. INGENIERIA CIVIL  
 Dr. Arnaldo Yano Torres  
 CIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERERES VELASQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024

**SOLICITANTE** : MARCO ANTONIO ADEVIRI AVEDAÑO

**UBICACIÓN** : URB. SEÑOR DE MARRUCOS

**MUESTRA** : C-03 - M-03

**PROFUNDIDAD** : 1.40 - 1.60 m

**FECHA** : 23 DE JULIO DEL 2025

**CONTENIDO DE HUMEDAD  
 ASTM - D - 2216 - MTC - E 108**

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	162.44
SUELO SECO + TARRO	gr	133.11
PESO DEL TARRO	gr	30.23
PESO DEL AGUA	gr	29.33
PESO DEL SUELO SECO	gr	102.68
HUMEDAD %	%	28.51

**LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD  
 ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90**

**LIMITE LIQUIDO**

TARRO N°		3	4
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	42.58	40.25
SUELO SECO + TARRO	gr	38.66	37.05
PESO DEL TARRO	gr	30.66	30.51
PESO DEL AGUA	gr	3.92	3.20
PESO DEL SUELO SECO	gr	6.00	6.54
HUMEDAD %	%	49.00	48.93
N° DE GOLPES		22	22

**LIMITE PLASTICO**

A	B
11.67	10.29
10.79	9.61
6.28	6.17
0.88	0.68
4.53	3.44
19.43	19.77

**LIMITE LIQUIDO** : 48.21      **LIMITE PLASTICO** : 19.60

**INDICE PLASTICO** : 28.62

$LL = W_n \cdot (N/25)^{0.121}$   
 Donde:  
 LL = Limite Líquido  
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)  
 N = Numero de Golpes

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERERES VELASQUEZ"  
 FICP - CIVIL INGENIERIA CIVIL

Dr. Arnelo Yana Torres  
 CIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETR. ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024.

**SOLICITANTE** : MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO

**UBICACIÓN** : URB. CAPILLA NATIVIDAD

**MUESTRA** : SPT N°01

**PROFUNDIDAD** : 0.00 – 6.00 m

**FECHA** : 23 DE JULIO DEL 2025

### ENSAYO DE SPT ASTM D - 1586

PROF.	N° (SPT CORREGIDO)	Dr (%)	Ø	qu (Kg/Cm²)	Qud (Kg/Cm²)
0.00 - 0.30	16	41.95	31.29	2.00	0.667
0.30 - 0.60	17	43.74	31.56	2.13	0.708
0.60 - 0.90	18	45.53	31.83	4.09	1.363
0.90 - 1.20	21	50.89	32.63	4.94	1.647
1.20 - 1.50	20	49.11	32.37	4.66	1.553
1.50 - 1.80	20	49.11	32.37	4.94	1.647
1.80 - 2.10	21	50.89	32.63	4.94	1.647
2.10 - 2.40	21	50.89	32.63	4.94	1.647
2.40 - 2.70	20	49.11	32.37	4.66	1.553
2.70 - 3.00	22	52.68	32.90	5.23	1.742
3.00 - 3.30	22	52.68	32.63	4.94	1.647
3.30 - 3.60	21	50.89	32.63	4.94	1.647
3.60 - 3.90	21	50.89	32.63	4.94	1.647
3.90 - 4.20	23	54.47	33.17	5.51	1.837
4.20 - 4.50	23	54.47	32.90	5.23	1.742
4.50 - 4.80	22	52.68	32.63	4.94	1.647
4.80 - 5.10	21	50.89	32.63	4.94	1.647
5.10 - 5.40	22	52.68	32.90	5.23	1.742
5.40 - 5.70	22	52.68	32.63	4.94	1.647
5.70 - 6.00	21	50.89	32.63	4.94	1.647

INGENIERO INVESTIGADOR NESTOR CACERES VELASQUEZ  
 FICP - CAP INGENIERIA CIVIL

*(Firma)*

Dr. Arnaldo Yana Torres  
 CIP: 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETR. ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024.  
**SOLICITANTE** : MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO  
**UBICACIÓN** : URB. PUEBLO LIBRE  
**MUESTRA** : SPT N° 02  
**PROFUNDIDAD** : 0.00 – 6.00 m  
**FECHA** : 23 DE JULIO DEL 2025

### ENSAYO DE SPT ASTM D - 1586

PROF.	N° (SPT CORREGIDO)	Dr (%)	Ø	qu (Kg/Cm²)	Qu <sub>d</sub> (Kg/Cm²)
0.00 - 0.30	13	36.58	30.49	1.63	0.542
0.30 - 0.60	13	36.58	30.49	1.63	0.542
0.60 - 0.90	14	38.37	30.76	2.95	0.984
0.90 - 1.20	13	36.58	30.49	2.67	0.889
1.20 - 1.50	13	36.58	30.49	2.67	0.889
1.50 - 1.80	14	38.37	30.76	2.95	0.984
1.80 - 2.10	15	40.16	31.02	3.24	1.079
2.10 - 2.40	14	38.37	30.76	2.95	0.984
2.40 - 2.70	15	40.16	31.02	3.24	1.079
2.70 - 3.00	13	36.58	30.49	2.67	0.889
3.00 - 3.30	12	34.79	30.22	2.38	0.795
3.30 - 3.60	14	38.37	30.76	2.95	0.984
3.60 - 3.90	14	38.37	30.76	2.67	0.889
3.90 - 4.20	13	36.58	30.49	2.95	0.984
4.20 - 4.50	14	38.37	30.76	2.67	0.889
4.50 - 4.80	13	36.58	30.49	2.95	0.984
4.80 - 5.10	14	38.37	30.76	2.67	0.889
5.10 - 5.40	13	36.58	30.49	2.95	0.984
5.40 - 5.70	14	38.37	30.76	2.95	0.984
5.70 - 6.00	14	38.37	30.76	2.95	0.984

INVESTIGACIÓN NESTOR CERCERES VELÁSQUEZ  
FICP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yano Torres  
CIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELASQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**PROYECTO:** EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024  
**SOLICITANTE:** MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO  
**UBICACIÓN:** URB. INDEPENDENCIA  
**MUESTRA:** SPT N°03  
**PROFUNDIDAD:** 0.00 – 6.00 m  
**FECHA:** 23 DE JULIO DEL 2025

### ENSAYO DE SPT ASTM D - 1586

PROF.	N° (SPT CORREGIDO)	Dr (%)	Ø	qu (Kg/Cm²)	Qnd (Kg/Cm²)
0.00 - 0.30	20	49.11	32.37	2.50	0.833
0.30 - 0.60	22	52.68	32.90	2.75	0.917
0.60 - 0.90	17	43.74	31.56	3.81	1.268
0.90 - 1.20	11	33.00	29.95	2.10	0.700
1.20 - 1.50	12	34.79	30.22	2.38	0.795
1.50 - 1.80	13	36.58	30.49	2.67	0.889
1.80 - 2.10	13	36.58	30.49	2.67	0.889
2.10 - 2.40	12	34.79	30.22	2.38	0.795
2.40 - 2.70	14	38.37	30.76	2.95	0.984
2.70 - 3.00	15	40.16	31.02	3.24	1.079
3.00 - 3.30	13	36.58	30.49	2.67	0.889
3.30 - 3.60	12	34.79	30.22	2.38	0.795
3.60 - 3.90	12	34.79	30.22	2.38	0.795
3.90 - 4.20	14	38.37	30.76	2.95	0.984
4.20 - 4.50	13	36.58	30.49	2.67	0.889
4.50 - 4.80	14	38.37	30.76	2.95	0.984
4.80 - 5.10	14	38.37	30.76	2.95	0.984
5.10 - 5.40	14	38.37	30.76	2.95	0.984
5.40 - 5.70	13	36.58	30.49	2.67	0.889
5.70 - 6.00	15	40.16	31.02	3.24	1.079



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELASQUEZ"  
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL  
*Dr. Arnaldo Yana Torres*  
CIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERDEIRO VELASQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**PROYECTO:** EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024  
**SOLICITANTE:** MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEGAÑO  
**UBICACIÓN:** URB. JORGE CHAVEZ  
**MUESTRA:** SPT N° 04  
**PROFUNDIDAD:** 0.00 - 6.00 m  
**FECHA:** 23 DE JULIO DEL 2025

### ENSAYO DE SPT ASTM D - 1586

PROF.	N° (SPT CORREGIDO)	Dr (%)	Ø	qu (Kg/Cm²)	Qu <sub>d</sub> (Kg/Cm²)
0.00 - 0.30	14	38.37	30.76	1.75	0.583
0.30 - 0.60	14	38.37	30.76	1.75	0.583
0.60 - 0.90	13	36.58	30.49	2.67	0.889
0.90 - 1.20	12	34.79	30.22	2.38	0.795
1.20 - 1.50	13	36.58	30.49	2.67	0.889
1.50 - 1.80	14	38.37	30.76	2.95	0.984
1.80 - 2.10	12	34.79	30.22	2.38	0.795
2.10 - 2.40	13	36.58	30.49	2.67	0.889
2.40 - 2.70	13	36.58	30.49	2.67	0.889
2.70 - 3.00	14	38.37	30.76	2.95	0.984
3.00 - 3.30	13	36.58	30.49	2.67	0.889
3.30 - 3.60	12	34.79	30.22	2.38	0.795
3.60 - 3.90	11	33.00	29.95	2.10	0.700
3.90 - 4.20	13	36.58	30.49	2.67	0.889
4.20 - 4.50	13	36.58	30.49	2.67	0.889
4.50 - 4.80	12	34.79	30.22	2.38	0.795
4.80 - 5.10	12	34.79	30.22	2.38	0.795
5.10 - 5.40	11	33.00	29.95	2.10	0.700
5.40 - 5.70	12	34.79	30.22	2.38	0.795
5.70 - 6.00	14	38.37	30.76	2.95	0.984

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERDEIRO VELASQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS  
M.S.C.A.   
Dr. Arnaldo Yana Torres  
CIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETR  
 ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA  
 PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024  
**SOLICITANTE** : MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO  
**UBICACIÓN** : CERCADO  
**MUESTRA** : SPT N° 05  
**PROFUNDIDAD** : 0.00 – 8.00 m  
**FECHA** : 23 DE JULIO DEL 2025

### ENSAYO DE SPT ASTM D - 1586

PROF.	N° (SPT CORREGIDO)	Dr (%)	Ø	qu (Kg/Cm²)	Qud Kg/Cm²
0.00 - 0.30	14	38.37	30.76	1.75	0.583
0.30 - 0.60	14	38.37	30.76	1.75	0.583
0.60 - 0.90	13	36.58	30.49	2.67	0.889
0.90 - 1.20	12	34.79	30.22	2.38	0.795
1.20 - 1.50	13	36.58	30.49	2.67	0.889
1.50 - 1.80	14	38.37	30.76	2.95	0.984
1.80 - 2.10	12	34.79	30.22	2.38	0.795
2.10 - 2.40	13	36.58	30.49	2.67	0.889
2.40 - 2.70	13	36.58	30.49	2.67	0.889
2.70 - 3.00	14	38.37	30.76	2.95	0.984
3.00 - 3.30	13	36.58	30.49	2.67	0.889
3.30 - 3.60	12	34.79	30.22	2.38	0.795
3.60 - 3.90	11	33.00	29.95	2.10	0.700
3.90 - 4.20	13	36.58	30.49	2.67	0.889
4.20 - 4.50	12	34.79	30.22	2.38	0.795
4.50 - 4.80	12	34.79	30.22	2.38	0.795
4.80 - 5.10	11	33.00	29.95	2.10	0.700
5.10 - 5.40	12	34.79	30.22	2.38	0.795
5.40 - 5.70	12	34.79	30.22	2.38	0.795
5.70 - 6.00	14	38.37	30.76	2.95	0.984



INGENIERO NESTOR CACERES VELASQUEZ  
 FICP - CAP INGENIERIA CIVIL  
 Dr. Arnaldo Yana Torres  
 CIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERCO VELASQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETR. ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

**SOLICITANTE** : MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO

**UBICACIÓN** : BARRIO SANTA BARBARA

**MUESTRA** : SPT N°-06

**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 6.00 m

**FECHA** : 23 DE JULIO DEL 2025

### ENSAYO DE SPT ASTM D - 1586

PROF.	N' (SPT CORREGIDO)	Dr (%)	Ø	qu (Kg/Cm²)	Qud Kg/Cm²
0.00 - 0.30	14	38.37	30.76	1.75	0.583
0.30 - 0.60	14	38.37	30.76	1.75	0.583
0.60 - 0.90	13	36.58	30.49	2.67	0.889
0.90 - 1.20	15	40.16	31.02	3.24	1.079
1.20 - 1.50	16	41.95	31.29	3.52	1.174
1.50 - 1.80	17	43.74	31.56	3.81	1.268
1.80 - 2.10	17	43.74	31.56	3.81	1.268
2.10 - 2.40	18	45.53	31.83	4.09	1.363
2.40 - 2.70	18	45.53	31.83	4.09	1.363
2.70 - 3.00	19	47.32	32.10	4.37	1.458
3.00 - 3.30	13	36.58	30.49	2.67	0.889
3.30 - 3.60	12	34.79	30.22	2.38	0.795
3.60 - 3.90	14	38.37	30.76	2.95	0.984
3.90 - 4.20	18	45.53	31.83	4.09	1.363
4.20 - 4.50	17	43.74	31.56	3.81	1.268
4.50 - 4.80	16	41.95	31.29	3.52	1.174
4.80 - 5.10	18	45.53	31.83	4.09	1.363
5.10 - 5.40	17	43.74	31.56	3.81	1.268
5.40 - 5.70	16	41.95	31.29	3.52	1.174
5.70 - 6.00	18	45.53	31.83	4.09	1.363



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERCO VELASQUEZ"  
 FICP - CIVIL INGENIERIA CIVIL

*Dr. Arnaldo Yana Torres*  
 CIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERCO VELASQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETR. ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024  
**SOLICITANTE** : MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO  
**UBICACIÓN** : BARRIO SANTA BARBARA  
**MUESTRA** : SPT N° 07  
**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 6.00m  
**FECHA** : 23 DE JULIO DEL 2025

### ENSAYO DE SPT ASTM D - 1586

PROF.	N° (SPT CORREGIDO)	Dr (%)	Ø	qu (Kg/Cm²)	Qud (Kg/Cm²)
0.00 - 0.30	17	43.74	31.56	2.13	0.708
0.30 - 0.60	18	45.53	31.83	2.25	0.750
0.60 - 0.90	19	47.32	32.10	4.37	1.458
0.90 - 1.20	22	52.68	32.90	5.23	1.742
1.20 - 1.50	20	49.11	32.37	4.66	1.553
1.50 - 1.80	21	50.89	32.63	4.94	1.647
1.80 - 2.10	21	50.89	32.63	4.94	1.647
2.10 - 2.40	21	50.89	32.63	4.94	1.647
2.40 - 2.70	20	49.11	32.37	4.66	1.553
2.70 - 3.00	22	52.68	32.90	5.23	1.742
3.00 - 3.30	20	49.11	32.37	4.66	1.553
3.30 - 3.60	21	50.89	32.63	4.94	1.647
3.60 - 3.90	21	50.89	32.63	4.94	1.647
3.90 - 4.20	21	50.89	32.63	4.94	1.647
4.20 - 4.50	20	49.11	32.37	4.66	1.553
4.50 - 4.80	21	50.89	32.63	4.94	1.647
4.80 - 5.10	22	52.68	32.90	5.23	1.742
5.10 - 5.40	20	49.11	32.37	4.66	1.553
5.40 - 5.70	22	52.68	32.90	5.23	1.742
5.70 - 6.00	21	50.89	32.63	4.94	1.647



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERCO VELASQUEZ"  
FICOP - CIVIL INGENIERIA CIVIL  
*Dr. Arnaldo Yana Torres*  
CIP: 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024

**SOLICITANTE** : MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO

**UBICACIÓN** : URB. CINCUENTENARIO CANCELLANI

**MUESTRA** : SPT N° 08

**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 6.00 m

**FECHA** : 23 DE JULIO DEL 2025

### ENSAYO DE SPT ASTM D - 1586

PROF.	N° (SPT CORREGIDO)	Dr (%)	Ø	qu (Kg/Cm²)	Qu <sub>d</sub> (Kg/Cm²)
0.00 - 0.30	16	41.95	31.29	2.00	0.667
0.30 - 0.60	17	43.74	31.56	2.13	0.708
0.60 - 0.90	17	43.74	31.56	3.81	1.268
0.90 - 1.20	21	50.89	32.63	4.94	1.647
1.20 - 1.50	20	49.11	32.37	4.66	1.553
1.50 - 1.80	21	50.89	32.63	4.94	1.647
1.80 - 2.10	21	50.89	32.63	4.94	1.647
2.10 - 2.40	21	50.89	32.63	4.94	1.647
2.40 - 2.70	22	52.68	32.90	5.23	1.742
2.70 - 3.00	21	50.89	32.63	4.94	1.647
3.00 - 3.30	20	49.11	32.37	4.66	1.553
3.30 - 3.60	21	50.89	32.63	4.94	1.647
3.60 - 3.90	22	52.68	32.90	5.23	1.742
3.90 - 4.20	23	54.47	33.17	5.51	1.837
4.20 - 4.50	22	52.68	32.90	5.23	1.742
4.50 - 4.80	22	52.68	32.90	5.23	1.742
4.80 - 5.10	24	56.26	33.44	5.79	1.932
5.10 - 5.40	23	54.47	33.17	5.51	1.837
5.40 - 5.70	23	54.47	33.17	5.51	1.837
5.70 - 6.00	22	52.68	32.90	5.23	1.742



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
FICP - CAS INGENIERIA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres  
CIP-103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETR  
 ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA  
 PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024

**SOLICITANTE** : MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO

**UBICACIÓN** : URB.VILLA MANUELITA

**MUESTRA** : SPT N° 09

**PROFUNDIDAD** : 0.00 – 6.00 m

**FECHA** : 23 DE JULIO DEL 2025

### ENSAYO DE SPT ASTM D - 1586

PROF.	N° (SPT CORREGIDO)	Dr (%)	Ø	qu (Kg/Cm²)	Qud Kg/Cm²
0.00 - 0.30	16	41.95	31.29	2.00	0.667
0.30 - 0.60	17	43.74	31.56	2.13	0.708
0.60 - 0.90	18	45.53	31.83	4.09	1.363
0.90 - 1.20	21	50.89	32.63	4.94	1.647
1.20 - 1.50	20	49.11	32.37	4.66	1.553
1.50 - 1.80	21	50.89	32.63	4.94	1.647
1.80 - 2.10	22	52.68	32.90	5.23	1.742
2.10 - 2.40	21	50.89	32.63	4.94	1.647
2.40 - 2.70	20	49.11	32.37	4.66	1.553
2.70 - 3.00	22	52.68	32.90	5.23	1.742
3.00 - 3.30	22	52.68	32.90	5.23	1.742
3.30 - 3.60	22	52.68	32.90	5.23	1.742
3.60 - 3.90	23	54.47	33.17	5.51	1.837
3.90 - 4.20	22	52.68	32.90	5.23	1.742
4.20 - 4.50	21	50.89	32.63	4.94	1.647
4.50 - 4.80	23	54.47	33.17	5.51	1.837
4.80 - 5.10	24	56.26	33.44	5.79	1.932
5.10 - 5.40	21	50.89	32.63	4.94	1.647
5.40 - 5.70	22	52.68	32.90	5.23	1.742
5.70 - 6.00	21	50.89	32.63	4.94	1.647



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
 FICP - CAP INGENIERIA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres  
 CIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERÓN VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PÚBICAS  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



### ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR

#### ASTM D-1586

**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024

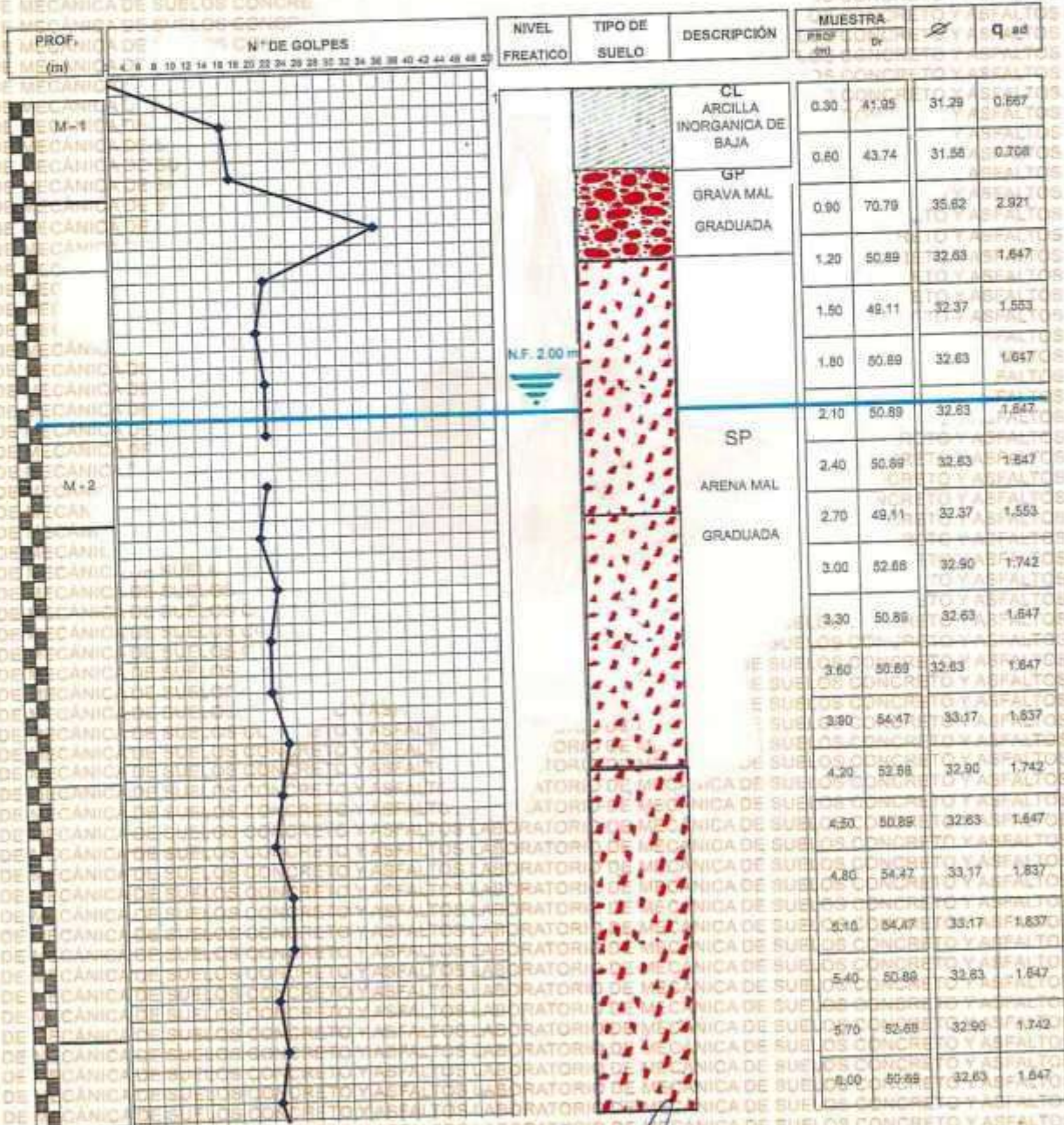
**SOLICITANTE** : MARCO ANTONIO ADVIRI AVEDAÑO

**UBICACIÓN** : URB. LOS GERANIOS

**MUESTRA** : SPT N° 10

**PROF.** : 0.00 - 6.00 m      **N.F.** : 2.00 m

**FECHA** : 23 DE JULIO DEL 2025



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERÓN VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PÚBICAS  
PÍCAP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL

**Dr. Arnaldo Yana Torres**

LABORATORIO M.S.C.A. DEPARTAMENTO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS  
 CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

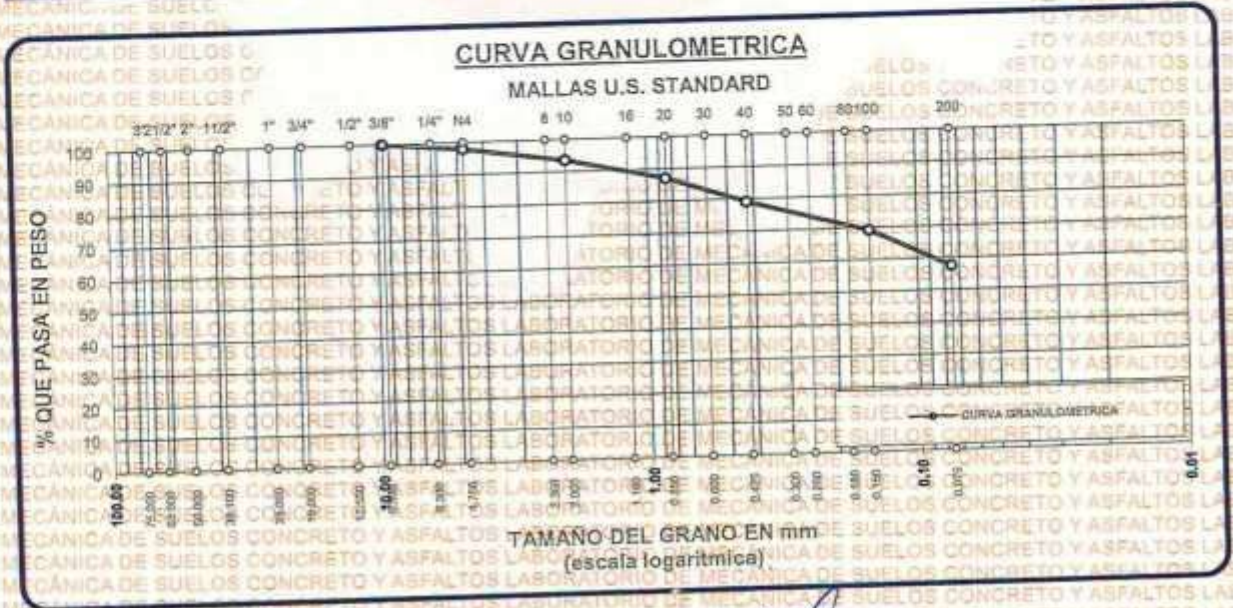
**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024

**SOLICITANTE** : MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO  
**UBICACION** : AVENIDA VIRREYES - DISTRITO DE JULIACA

**MUESTRA** : C-1  
**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m

**FECHA** : 23 DE JULIO DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMANO MAXIMO:
							<b>DESCRIPCION DE LA MUESTRA</b>
							P.L.= 250.00
							P.L.= 106.19
							P.P.= 143.81
							% w = 16.84
							<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>
							L.L.= 37.58
							L.P.= 19.97
							I.P.= 17.61
							<b>CARACT. GRANULOMETRICAS:</b>
							D10= --- Cu= ---
							D30= --- Cc= ---
							D60= 0.09
							<b>CLASIFICACION:</b>
							I.G. =
							<b>SUSCS</b> : CL
							<b>ASSTHO</b> :
							<b>OBSERVACIONES:</b>
BASE		143.81	57.52	100.00	0.00		
TOTAL		250.00	100.00				
% PERDIDA		57.52					



INVESTIGADORA NESTOR CACERES VELASQUEZ  
 FICP - CAP INGENIERIA CIVIL

M.S.C.A. EFATURA

Dr. Arnaldo Yana Torres  
 CIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

**PROYECTO** : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACI  
 ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA  
 PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024

**SOLICITANTE** : MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO

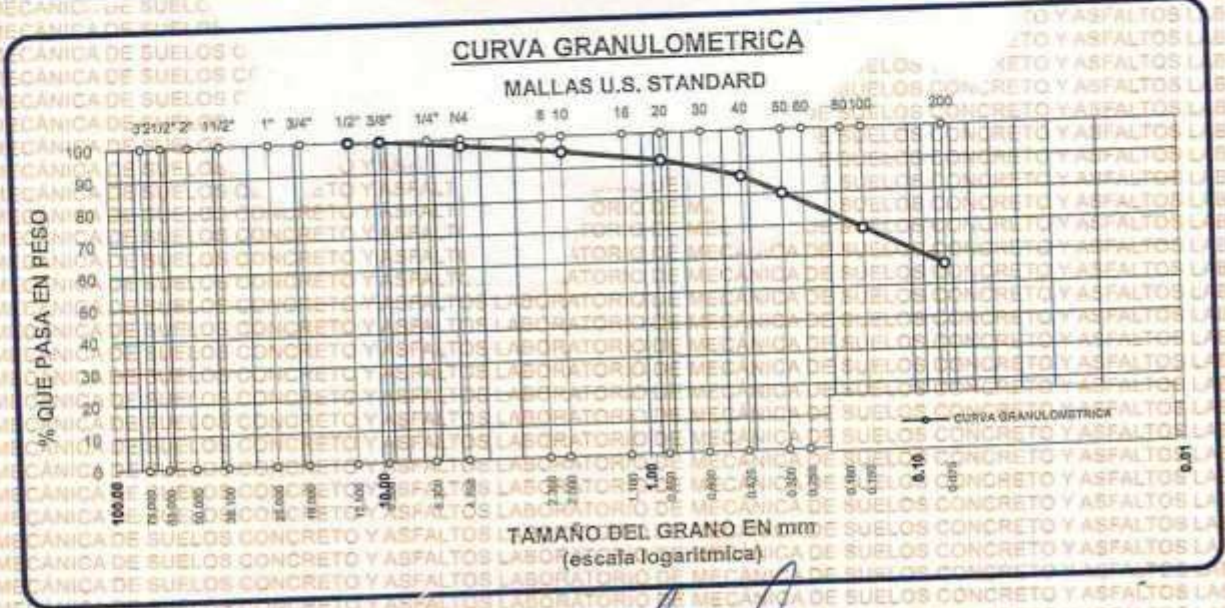
**UBICACIÓN** : AVENIDA VIRREYES - DISTRITO DE JULIACA

**MUESTRA** : C-2

**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m

**FECHA** : 23 DE JULIO DEL 2025

TAMIZES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMANO MAXIMO:	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000							P.L.= 250.00
2 1/2"	63.000							P.L.= 108.93
2"	50.000							P.P.= 141.07
1 1/2"	38.100							% W = 16.77
1"	25.000							LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000							LL = 36.96
1/2"	12.500							L.P. = 19.67
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00			I.P. = 17.29
1/4"	6.300							CARACT. GRANULOMETRICAS:
No4	4.750	5.14	2.06	2.06	97.94			D10 = — Cu = —
No8	2.360							D30 = — Ce = —
No10	2.000	6.98	2.79	4.85	95.15			D60 = 0.10
No16	1.180							CLASIFICACION:
No20	0.850	8.78	3.51	8.36	91.64			I.G. =
No30	0.600							SUSCS CL
No40	0.425	14.44	5.78	14.14	85.86			ASSTHO :
No50	0.300	19.25	7.70	19.78	80.22			OBSERVACIONES:
No60	0.250							
No60	0.180							
No100	0.150	24.22	9.69	31.52	68.48			
No200	0.075	30.12	12.05	43.57	56.43			
BASE		141.07	56.43	100.00	0.00			
TOTAL		250.00	100.00					
% PERDIDA		56.43						



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO M.S.C.A. JEFATUSA  
 JULIACA - PERU

Dr. Arnoldo Yana Torres  
 CIP. 103257



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

**PROYECTO:** EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

**SOLICITANTE:** MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO

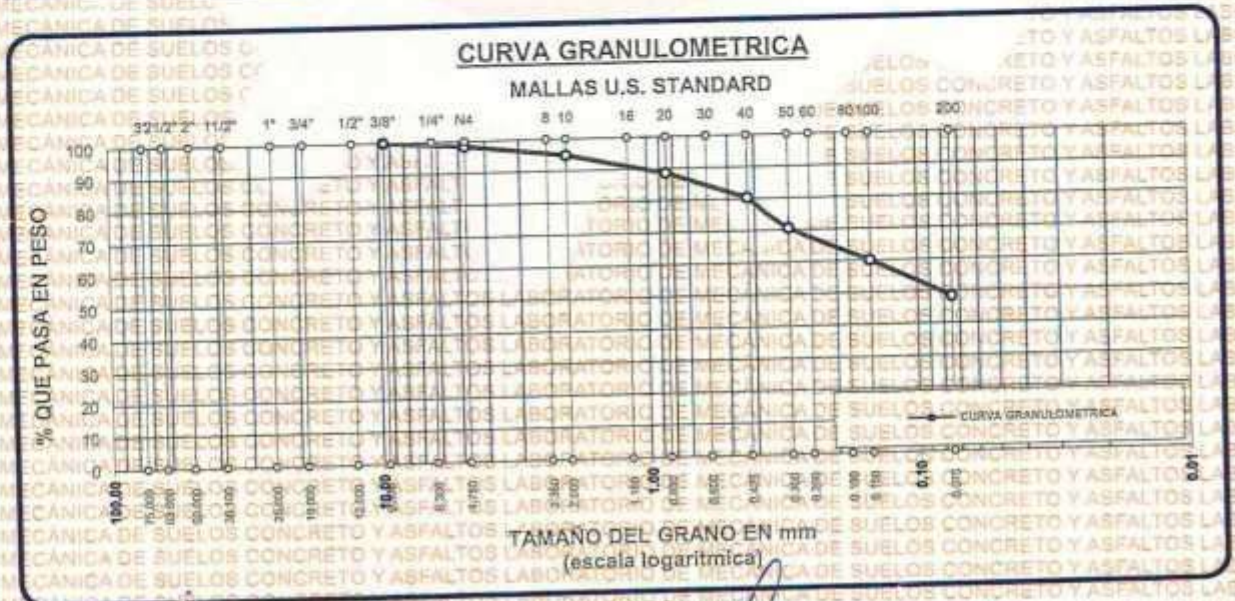
**UBICACIÓN:** AVENIDA MARIA ARGUEDAS - DISTRITO DE JULIACA

**MUESTRA:** C-1

**PROFUNDIDAD:** 0.00 - 1.50 m

**FECHA:** 23 DE JULIO DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.L.= 250.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 129.04
2"	50.000						P.P.= 120.96
1 1/2"	38.100						%w = 17.34
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						L.L.= 37.70
1/2"	12.500						L.P.= 20.14
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		I.P.= 17.56
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750	3.89	1.56	1.56	98.44		D10= --- Cu= ---
No8	2.360						D30= --- Cc= ---
No10	2.000	8.74	3.50	5.05	94.95		D60= 0.15
No16	1.180						CLASIFICACION:
No20	0.850	15.74	6.30	11.35	88.65		I.G. =
No30	0.600						SUSCS ; CL
No40	0.425	20.56	8.22	19.57	80.43		ASSTHO ;
No50	0.300	24.42	9.77	29.34	70.66		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	26.54	10.62	39.96	60.04		
No200	0.075	29.15	11.66	51.62	48.38		
BASE		120.96	48.38	100.00	0.00		
TOTAL		250.00	100.00				
% PERDIDA							



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERÓN VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

Dr. Arguedo Yano Torres  
 CIP. 103257



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

**PROYECTO** EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACI  
ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA  
PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

**SOLICITANTE** MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO

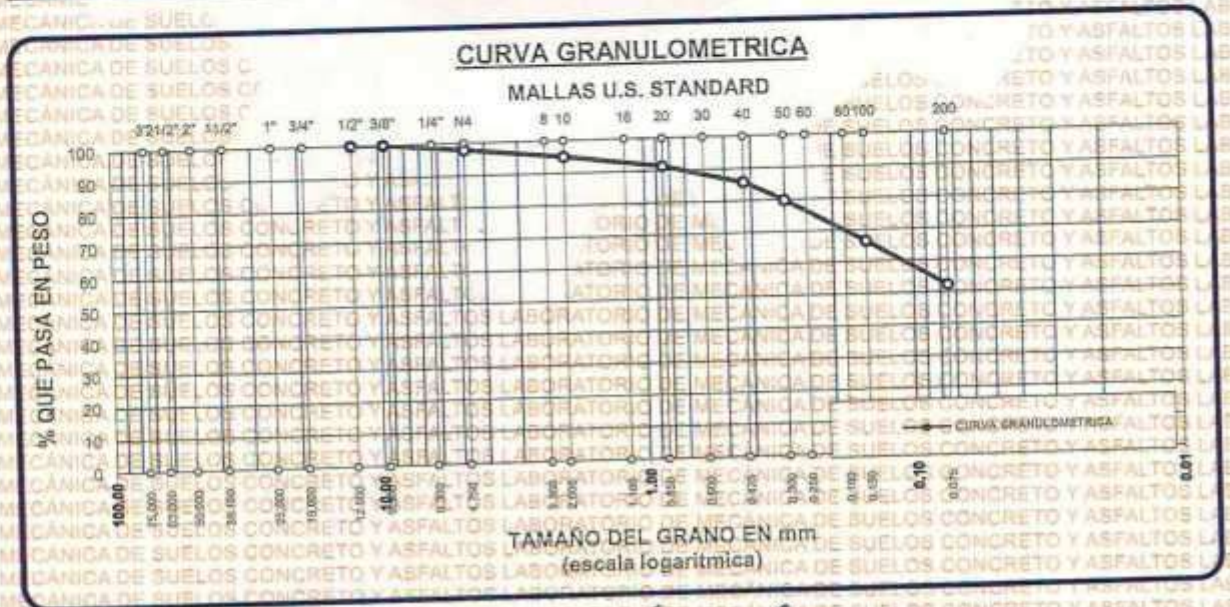
**UBICACIÓN** AVENIDA MARIA ARGUEDAS -DISTRITO DE JULIACA

**MUESTRA** C-2

**PROFUNDIDAD** 0.00 - 1.50 m

**FECHA** 23 DE JULIO DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MAXIMO. DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.L.= 250.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 119.37
2"	50.000						P.P.= 130.63
1 1/2"	38.100						%w= 17.34
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						L.L.= 37.20
1/2"	12.500						L.P.= 19.75
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		L.P.= 17.45
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMETRICAS:
No4	4.750	5.18	2.07	2.07	97.93		D10= --- Cu= ---
No8	2.360						D30= --- Cc= ---
No10	2.000	7.18	2.87	4.94	95.06		D60= 0.12
No16	1.180						CLASIFICACION:
No20	0.850	9.18	3.67	6.62	91.38		I.G. =
No30	0.600						SUSCS CL
No40	0.425	14.11	5.64	14.26	85.74		ASSTHO :
No 50	0.300	20.13	8.05	20.24	79.76		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	27.91	11.16	33.48	66.52		
No200	0.075	35.68	14.27	47.75	52.25		
BASE		130.63					
TOTAL		250.00	100.00				
% PERDIDA		52.25					



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
FICP - CIVIL INGENIERIA CIVIL

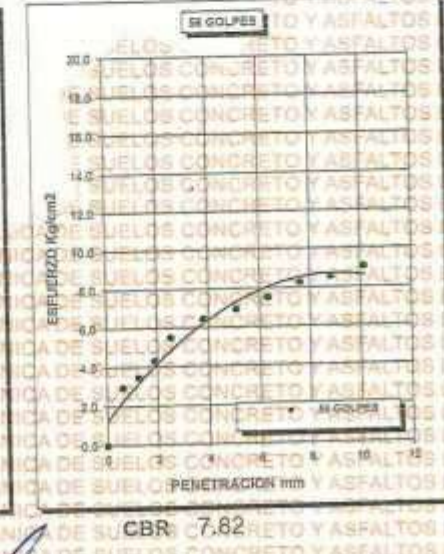
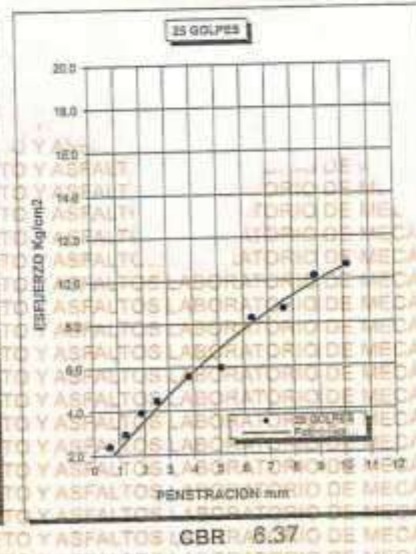
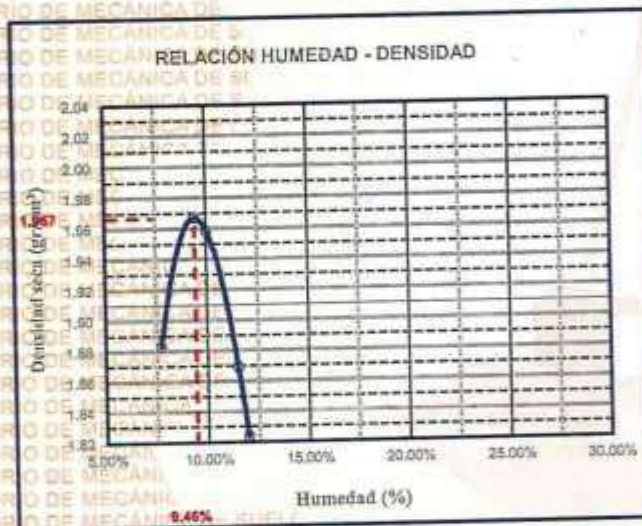
Dr. Arnaldo Yano Torres  
CIP: 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO :	EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> ) : 1.967
UBICACIÓN :	DISTRITO DE JULIACA	HUMEDAD OPTIMA (%) : 9.46%
PROGRESIVA :		CBR AL 100 DE M.D.S. (%) : 7.82
MUESTRA :	CALICATA 1 - SUBRASANTE -AV. VIRREYES	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) : 6.37
FECHA :	23 DE JULIO DEL 2025	CLASIFICACIÓN : CH
		AASHTO : A-7-6
		EMBEBIDO : 4 DIAS



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
 M&C  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS  
 JULIACA

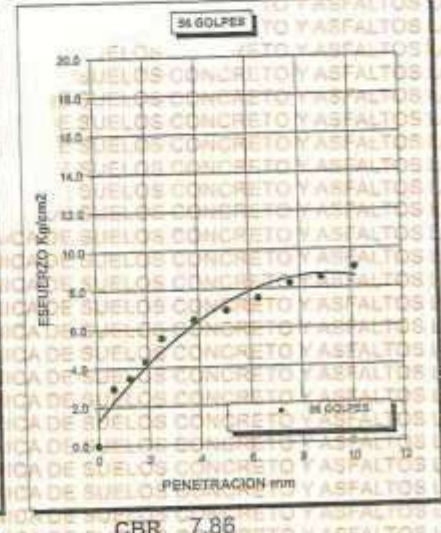
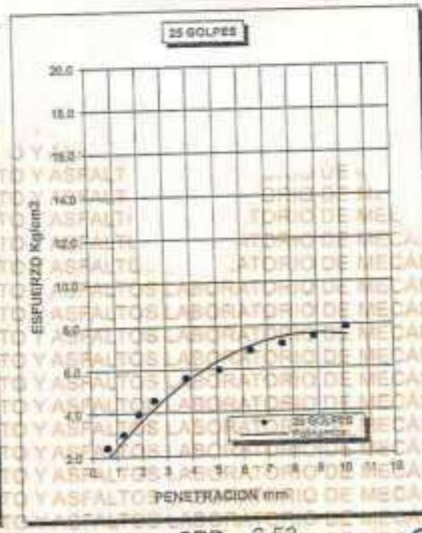
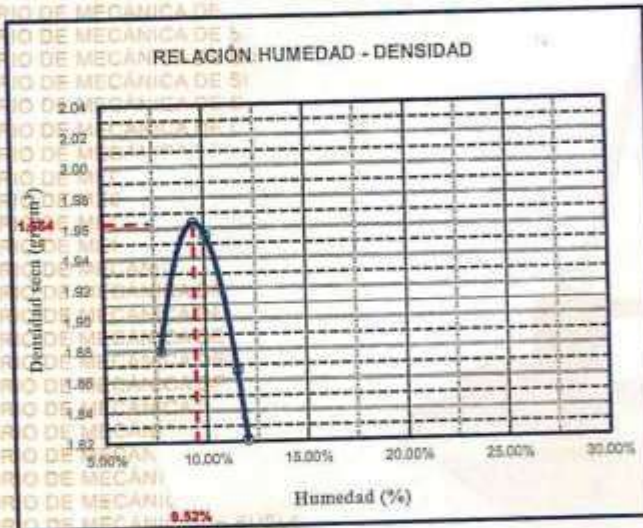
Dr. Arnaldo Yano Torres  
 CIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024.	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO : MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> .): 1.964
UBICACIÓN : DISTRITO DE JULIACA	HUMEDAD OPTIMA (%): 9.52%
PROGRESIVA : _____	CBR AL 100 DE M.D.S. (%): 7.86
MUESTRA : CALICATA 2 - SUBRASANTE -AV. VIRREYES	CBR AL 95% DE M.D.S. (%): 6.53
FECHA : 23 DE JULIO DEL 2025	CLASIFICACIÓN : CL
	AASHTO : A-7-6
	EMBEBIDO : 4 DIAS



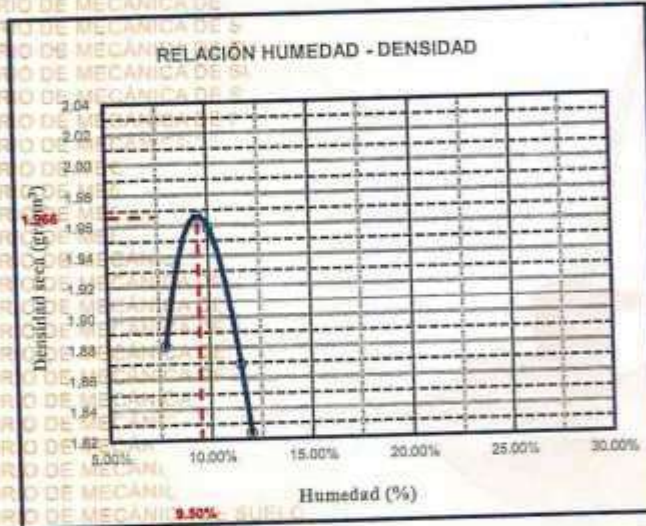
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FICP - CIVIL INGENIERIA CIVIL  
Dr. Arnaldo Yana Torres  
CIP. 103257



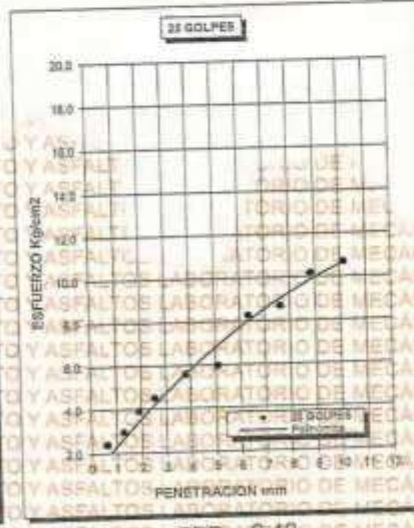
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



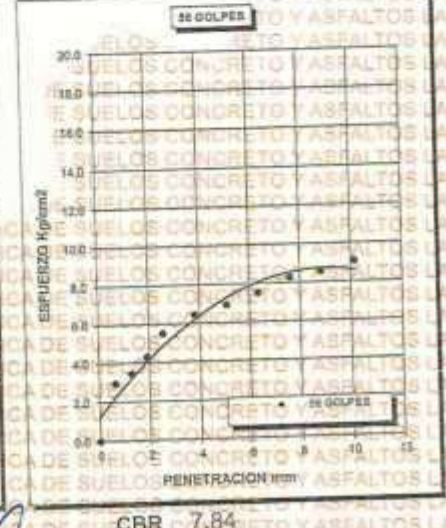
PROYECTO : EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACIÓN, ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO : MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> .): 1.966
UBICACIÓN : DISTRITO DE JULIACA	HUMEDAD OPTIMA (%): 9.50%
PROGRESIVA : _____	CBR AL 100 DE M.D.S. (%): 7.84
MUESTRA : CALICATA 1 - SUBRASANTE -AV. VIRREYES	CBR AL 95% DE M.D.S. (%): 6.42
FECHA : 23 DE JULIO DEL 2025	CLASIFICACIÓN : CH
	AASHTO : A-7-6
	EMBEBIDO : 4 DIAS



CBR 5.64



CBR 6.42



CBR 7.84



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

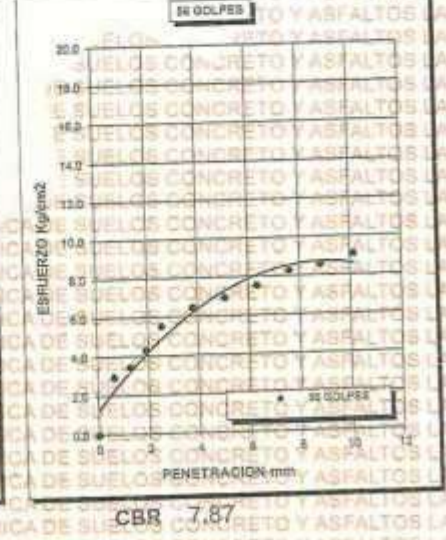
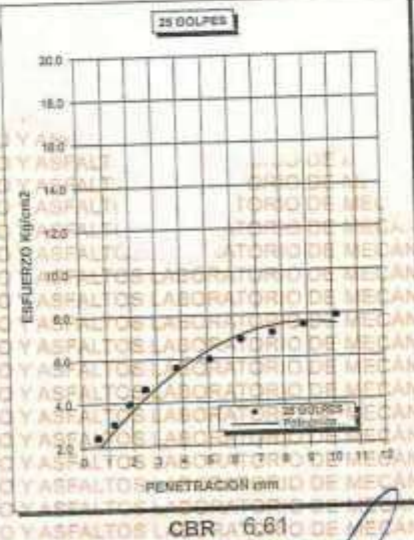
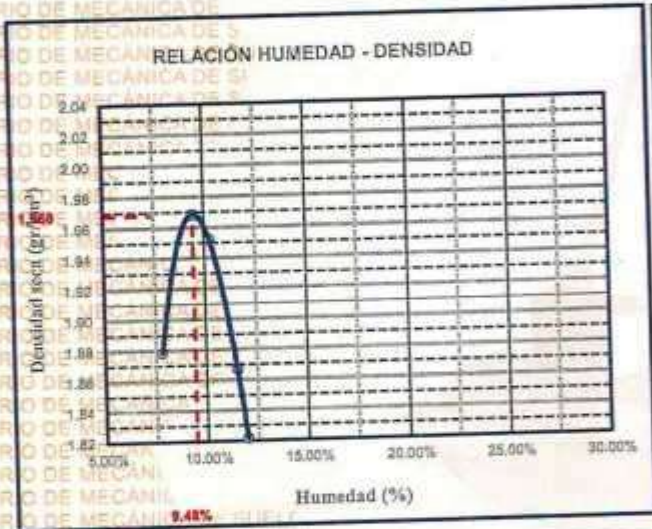
M<sup>ra</sup>. Arnelinda Yana Torres  
CIP: 103257



**UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS**



<b>PROYECTO :</b> EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR Y PROPIUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024	<b>METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91</b>
<b>SOLICITADO :</b> MARCO ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>.):</b> 1.968
<b>UBIGACIÓN :</b> DISTRITO DE JULIACA	<b>HUMEDAD OPTIMA (%):</b> 9.48%
<b>PROGRESIVA :</b> _____	<b>CBR AL 100 DE M.D.S. (%):</b> 7.87
<b>MUESTRA :</b> CALICATA 2 - SUBRASANTE -AV. VIRREYES	<b>CBR AL 95% DE M.D.S. (%):</b> 6.61
<b>FECHA :</b> 23 DE JULIO DEL 2025	<b>CLASIFICACIÓN :</b> CL
	<b>AASHTO :</b> A-7-6
	<b>EMBEBIDO :</b> 4 DIAS



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
 FICP - CAP / INGENIERÍA CIVIL

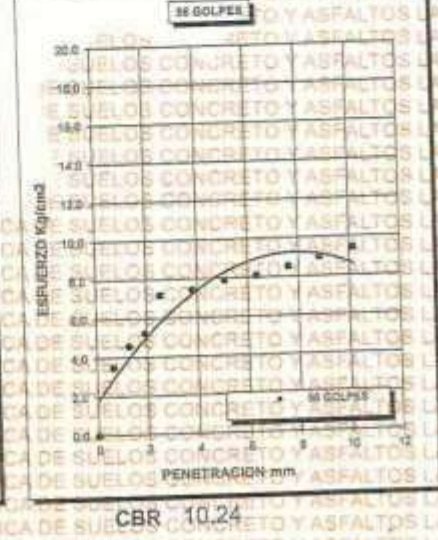
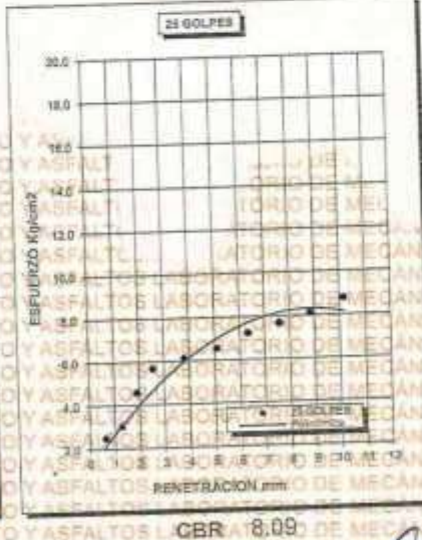
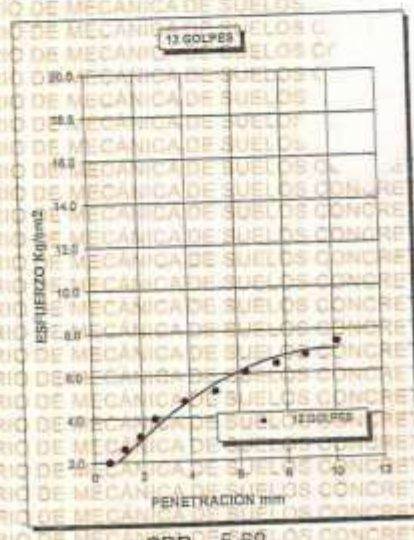
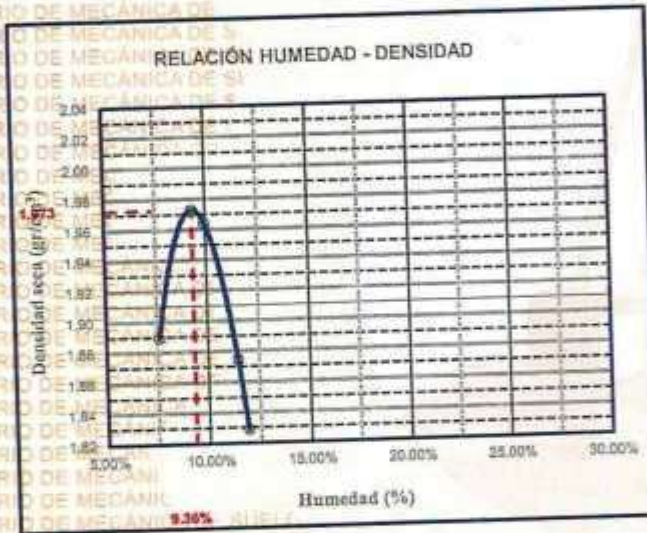
**Dr. Arnaldo Yana Torres**  
 CIP: 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PÚRAS  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



<b>PROYECTO :</b> EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION. ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024	<b>METODO DE COMPACTACION ASTM D1557-91</b>
<b>SOLICITADO :</b> MARCO-ANTONIO ADUVIRI AVEDAÑO	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)</b> 1.973
<b>UBICACION :</b> DISTRITO DE JULIACA	<b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b> 9.36%
<b>PROGRESIVA :</b> _____	<b>CBR AL 100 DE M.D.S. (%)</b> 10.24
<b>MUESTRA :</b> SUBRASANTE +10% DE CENIZA VEGETAL -AV. MIRREYES	<b>CBR AL 95% DE M.D.S. (%)</b> 8.09
<b>FECHA :</b> 23 DE JULIO DEL 2025	<b>CLASIFICACION :</b> CL
	<b>AASHTO :</b> A-7-6
	<b>EMBEBIDO :</b> 4 DIAS



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FICP - CARRERA INGENIERIA CIVIL

**LABORATORIO M.S.C.A. JULIACA**

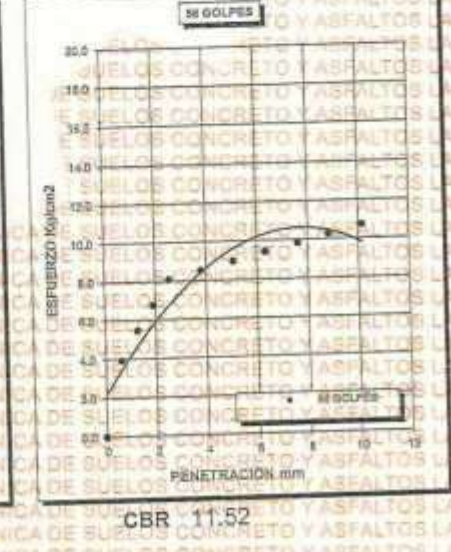
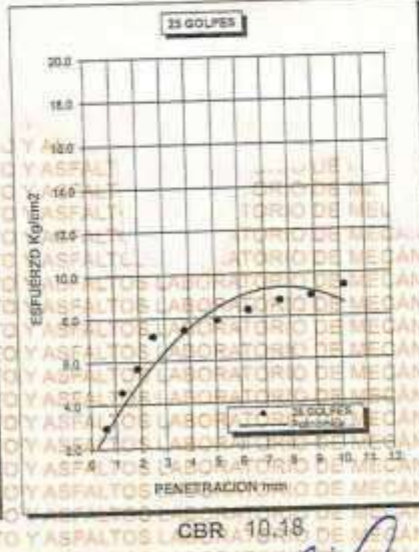
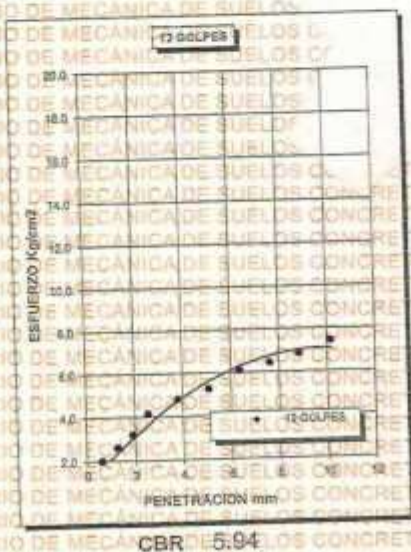
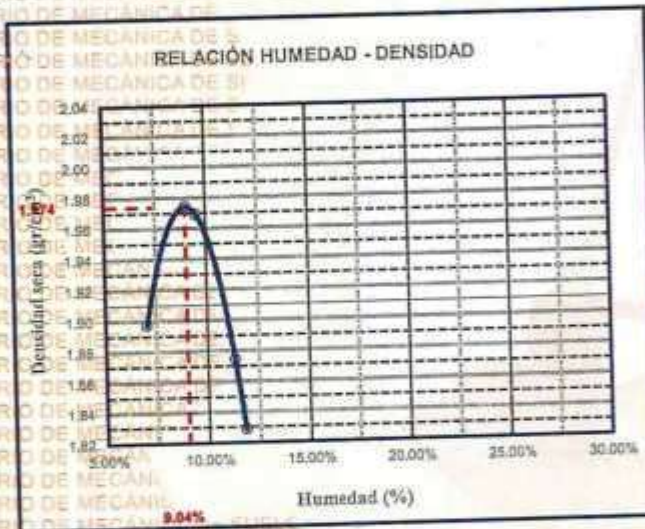
*Dr. Amalindo Yana Torres*  
CIP 103267



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO :	EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION, ESTANDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN 2024	METODO DE COMPACTACION ASTM D1557-91
SOLICITADO :	MARCO ANTONIO ADEVIRI AVEDAÑO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> ) : 1.974
UBICACIÓN :	DISTRITO DE JULIACA	HUMEDAD OPTIMA (%) : 9.04%
PROGRESIVA :		CBR AL 100 DE M.D.S. (%) : 11.52
MUESTRA :	CALICATA 1 - SUBRASANTE +15% DE GENIZA VEGETAL-AV. VIRREYES	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) : 10.18
FECHA :	23 DE JULIO DEL 2025	CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-7-6
		EMBEBIDO : 4 DIAS



LABORATORIO M.S.C.A. ESPARTECO JULIACA  
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FICP - CARR. INGENIERÍA CIVIL  
Dr. Arnaldo Yana Torres  
CIP: 103257



ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS  
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN  
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 17/10/2025

I. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: MARCO ANTONIO ADUVIRI AVENDAÑO

Dirección: COM. CONDORIRI SECTOR CALACHIA OCCOMANI

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 43107518

Teléfono: 973 515 593 email: \_\_\_\_\_

Nombres y Apellidos: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_ email: \_\_\_\_\_

Facultad y/o Escuela de Posgrado: ESCUELA DE POSGRADO

Escuela Profesional o Mención: GEOTECNIA Y TRANSPORTES

Título o Grado Académico a optar: MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL

Asesor: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS UTILIZANDO EL ENSAYO DE

PENETRACIÓN ESTÁNDAR Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE

EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): PENETRACIÓN ESTÁNDAR, PROPUESTA DE MEJORAMIENTO, SUBRASANTE

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV <sup>1, 2?</sup>

1

<sup>1</sup> Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

<sup>2</sup> Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

Bachiller     Titulo     2da Especialidad     Maestría     Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

**Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.**

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

**Autorizo su publicación (marque con una X)**

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): \_\_\_\_\_
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

**¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?**

**Sí:** significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

**No:** significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



**Jurisdicción de su Licencia**

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral. Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50

Firma de Autor



huella digital

17-10-2025

Fecha