



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS
PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE
DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA
CIUDAD DE JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. UBER MAMANI VARGAS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS
PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE
DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE
LA CIUDAD DE JULIACA

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. UBER MAMANI VARGAS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:

Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR

PRIMER MIEMBRO

:

Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA

SEGUNDO MIEMBRO

:

Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ASESOR DE TESIS

:

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



RESOLUCIÓN DECANAL N° 215-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 09 de abril del 2025

VISTO: El expediente N° 2025- CU-004681 presentado por el (la) Bachiller: UBER MAMANI VARGAS estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. UBER MAMANI VARGAS, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. - APROBAR, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
- * **1er Miembro** : Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
- * **2do Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, Dr. MILTHON QUISPE HUANCA.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: UBER MAMANI VARGAS; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Miércoles 16 de abril del 2025
- * **HORA** : 11:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 406 - FICP

ARTÍCULO CUARTO. - DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Mgtr. WALTER J. LIZARRAGA ARMAZA
DECANO (e)
CIP. 70808



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Fruto Willy Dugmont Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 772-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 12 de agosto del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 5780 por el señor (a): **UBER MAMANI VARGAS** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 751 - 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 145 - 2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **UBER MAMANI VARGAS**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 145 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **UBER MAMANI VARGAS**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), Dr. **MILTHON QUISPE HUANCA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



[Signature]
MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
C.I.P. 47790



[Signature]
Dr. Efraín Patricio Soza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 094-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 22 de marzo del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU-01174, presentado por el señor (a) UBER MAMANI VARGAS solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 103-2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 35-2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) estudiante: UBER MAMANI VARGAS ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 35-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el o (la) Bachiller: UBER MAMANI VARGAS, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente Dr. MILTHON QUISPE HUANCA.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

cc.
Archivo 2024
Interesado (s)



INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

14%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS


1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	12%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Ecuador - PUCE Trabajo del estudiante	1%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1%



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	UBER MAMANI VARGAS
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41780933
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0008-2191-1045
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02424528
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-4219-1007
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02441152
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02371550
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	02442876
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Localidad: Juliaca Latitud: S 15° 29' 27" Longitud: O 70° 07' 37"  https://maps.app.goo.gl/XhxiD4nuohWRCsvD
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Marzo 2024 – Abril 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00 Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03



INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA Y DE INNOVACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Fritz Willy Maman Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo UBER MAMANI VARGAS, identificado con DNI Nro. 41780933, en mi condición de egresado de:

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

INGENIERÍA CIVIL

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

INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS PROPIEDADES

DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA

AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA

Asesorado por: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

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 09 de junio del 2025

Firma del Asesor
(obligatoria)

Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A todos los que han desempeñado un papel importante en mi vida y mi carrera, gracias de todo corazón.

Estoy eternamente agradecida a mis padres por quererme a pesar de todo y creer en mí desde el principio. Debo mis logros a su desinterés y a su inquebrantable aliento.

A mi querido hijo, que me ha inspirado a seguir adelante incluso cuando las cosas son difíciles, y a seguir mis sueños.



AGRADECIMIENTO

Dios, te agradezco que hayas estado conmigo y con mi trabajo desde el principio y me hayas dado la fortaleza para seguir adelante.

Gracias también a mis padres, que nunca han dejado de creer en mí y de animarme mientras me esforzaba por alcanzar mis objetivos académicos y personales.

Doy gracias a Dios por bendecirme con una familia a la que puedo querer y apreciar. Estoy agradecido a la vida misma por la belleza y la justicia que puede ofrecer. Y estoy muy agradecido a mi familia por apoyarme mientras trabajaba incansablemente para desarrollar mi tesis hasta su máximo potencial. Su fe en mí es muy apreciada.

Gracias a vuestra generosidad, amor, tremenda compasión y apoyo, el camino hacia este objetivo ha sido menos duro, pero aun así no ha sido sencillo. Por favor, sabed cuánto os aprecio y os aprecio a todos, a mi encantadora familia y, en particular, a mi hijo, que me ha inspirado a perseverar.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	xii

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Análisis de la Situación Problemática.....	14
1.2. Planteamiento del Problema.....	15
1.2.1. Problema General.....	15
1.2.2. Problemas Específicos.....	15
1.3. Objetivos de la Investigación.....	16
1.3.1. Objetivo General.....	16
1.3.2. Objetivos Específicos.....	16
1.4. Justificación de la Investigación.....	16
1.4.1. Justificación Técnica.....	17
1.4.2. Justificación ambiental.....	17
1.4.3. Justificación Económica.....	17
1.4.4. Justificación Social.....	17
1.5. Hipótesis de la Investigación.....	18
1.5.1. Hipótesis General.....	18
1.5.2. Hipótesis Específicas.....	18
1.6. Variables e Indicadores.....	18
1.6.1. Variable Independiente.....	18
1.6.2. Variable Dependiente.....	19



1.6.3. Operacionalización de Variables.....	20
---	----

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación	21
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	21
2.1.2. Antecedentes Nacionales	22
2.1.3. Antecedentes Regionales	24
2.2. Bases teóricas.....	25
2.2.1. Incidencia del polímero acrílico sobre las propiedades del suelo de subrasante.....	25
2.2.2. Estabilización de Suelos.....	28
2.2.3. Pavimentos.....	32
2.2.4. Propiedades de un Suelo	34
2.3. Marco Conceptual	37

CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de la Investigación.....	40
3.1.1. Enfoque de la Investigación.....	41
3.1.2. Nivel de la Investigación	41
3.1.3. Diseño de la Investigación	41
3.1.4. Método de la Investigación	42
3.2. Técnicas e Instrumentos	42
3.2.1. Técnicas	42
3.2.2. Instrumentos.....	42
3.3. Población y Muestra.....	43
3.3.1. Población.....	43
3.3.2. Muestra	43
3.4. Validación y Confiabilidad de los Instrumentos.....	45
3.4.1. Validación de los Instrumentos	45
3.4.2. Confiabilidad de los Instrumentos	45



3.5. Procedimientos de Recolección de Datos	45
3.5.1. Selección de Calicatas	45
3.5.2. Toma de Muestras de Material	46
3.5.3. Ensayos de Laboratorio	47
3.6. Procesamiento y Análisis de la Información	55
3.7. Matriz de Consistencia	55

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Propiedades Físicas y Mecánicas de la Subrasante	56
4.1.1. Humedad Presente	56
4.1.2. Análisis Granulométricos	57
4.1.3. Índice de Plasticidad	60
4.1.4. Grado de Compactación	60
4.1.5. Capacidad de Soporte CBR	63
4.2. Efecto del Polímero Acrílico en el Índice de Plasticidad	65
4.2.1. IP de SN + 5% de polímero acrílico	65
4.2.2. IP de SN + 8% de polímero acrílico	66
4.2.3. IP de SN + 12% de polímero acrílico	67
4.2.4. Resultados adquiridos del IP	68
4.3. Efecto del Polímero Acrílico en la de Compactación	69
4.3.1. Grado de compactación de SN + 5% de polímero acrílico	69
4.3.2. Grado de compactación de SN + 8% de polímero acrílico	70
4.3.3. Grado de compactación de SN + 12% de polímero acrílico	71
4.3.4. Resultados Adquiridos de la MDS	72
4.4. Efecto del Polímero Acrílico en el CBR	73
4.4.1. CBR de SN + 5% de polímero acrílico	73
4.4.2. CBR de SN + 8% de polímero acrílico	74
4.4.3. CBR de SN + 12% de polímero acrílico	75
4.4.4. Resultados Adquiridos del CBR	76
4.4.5. Comparativos Generales de las Propiedades	77
4.5. Discusión de Resultados	78



CONCLUSIONES.....	81
RECOMENDACIONES.....	82
REFERENCIAS.....	83
ANEXOS	87



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de las variables.....	20
Tabla 2 Componentes del producto.....	28
Tabla 3 Tabla de identificación de peligro.....	28
Tabla 4 Clasificación SUCS y AASHTO	35
Tabla 5 Categorías de subrasante.....	37
Tabla 6 Cantidad de muestras.....	44
Tabla 7 Peso de suelo húmedo y contenido de humedad	44
Tabla 8 Polímero acrílico en mililitros para cada % de inclusión.....	44
Tabla 9 Detalles de calicatas.....	46
Tabla 10 Humedad de calicata	57
Tabla 11 Tamizado de muestras	57
Tabla 12 Índice plástico.....	60
Tabla 13 Grado de compactación.....	60
Tabla 14 CBR de muestra	63
Tabla 15 IP con 5% de polímero acrílico	65
Tabla 16 IP con 8% de polímero acrílico	66
Tabla 17 IP con 12% de polímero acrílico	67
Tabla 18 IP según el % de inclusión de polímero acrílico	68
Tabla 19 Grado de compactación con 5% de polímero acrílico	69
Tabla 20 Compactación con 8% de polímero acrílico	70
Tabla 21 Compactación con 12% de polímero acrílico	71
Tabla 22 Grado de compactación según él % con Polímero Acrílico	72
Tabla 23 CBR con 5% de polímero acrílico	73
Tabla 24 CBR con 8% de polímero acrílico	74
Tabla 25 CBR con 12% de polímero acrílico	75
Tabla 26 CBR según él % de inclusión de Polímero Acrílico	76
Tabla 27 Comparativos generales de resultados.....	77



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura de pavimentos flexibles 33

Figura 2 Ubicación de calicatas 46

Figura 3 Prueba de limites 48

Figura 4 Prueba de Limite Líquido 49

Figura 5 Pesaje de muestras 50

Figura 6 Prueba granulométrica 51

Figura 7 Prueba CBR al material de subrasante 54

Figura 8 Gradación – 01 58

Figura 9 Gradación – 02 58

Figura 10 Gradación – 03..... 59

Figura 11 Gradación – 04..... 59

Figura 12 Máximas compactaciones – 1 61

Figura 13 Máximas compactaciones – 2 61

Figura 14 Máximas compactaciones – 3 62

Figura 15 Máximas compactaciones – 4 62

Figura 16 CBR – 1 63

Figura 17 CBR – 2 64

Figura 18 CBR – 3 64

Figura 19 CBR – 4 65

Figura 20 IP con 5% de polímero acrílico 66

Figura 21 IP con 8% de polímero acrílico 67

Figura 22 IP con 12% de polímero acrílico 68

Figura 23 Variación del Índice Plástico..... 69

Figura 24 Grados de compactación con 5% de polímero acrílico 70

Figura 25 Grado de compactación con 8% de polímero acrílico 71

Figura 26 Grado de compactación con 12% de polímero acrílico 72

Figura 27 Grado de Compactación 73

Figura 28 CBR con 5% de polímero acrílico 74



Figura 29 CBR con 8% de polímero acrílico.....	75
Figura 30 CBR con 12% de polímero acrílico.....	76
Figura 31 Resultados de CBR.....	77
Figura 32 Variación de propiedades estudiadas.....	78



RESUMEN

El estudio presente "Incidencia del polímero acrílico sobre las propiedades del suelo de subrasante de la avenida Américas de la ciudad de Juliaca", el objetivo de esta investigación es determinar cómo se vieron afectados los suelos de la subrasante de esa carretera en particular por la inclusión de polímero acrílico en diferentes proporciones. La metodología de estudio esta dado por un tipo aplicado, un nivel explicativo. El resultado indica un IP de una media de 17,97% en las cuatro calicatas de prueba, una MDS de 1.780 gr/cc, un OCH del 7,98% y una capacidad portante CBR media del 4,62% al 95% de la MDS. Con la incorporación de 5%, 8% y 12% de polímero acrílico, los índices de plasticidad resultantes fueron de 13,147%, 10,64% y 8,46%, respectivamente. Correspondientemente, las densidades secas máximas alcanzadas fueron de 1.942, 2.009, y 2.102 gr/cc, con el OCH de 7,51%, 8,24%, y 9,13%. Las capacidades portantes CBR registradas fueron de 5,86%, 10,82% y 13,57% al 95% del MDS. En particular, los resultados óptimos fueron un IP de 8,46%, una MDS de 2,102 gr/cc, un OCH de 9,13% y una capacidad portante CBR de 13,57%, todo ello conseguido con una adición del 12% de polímero acrílico. La amalgama de suelo natural y 12% de polímero acrílico disminuye el IP en un 53%, mejora el grado de compactación en un 18%, y eleva considerablemente la capacidad relativa de soporte CBR en un 194%.

Palabras Clave: Polímero Acrílico, Subrasante, Índice de Plasticidad, Grado de Compactación y Capacidad de Soporte CBR.



ABSTRACT

The present study, "Incidence of acrylic polymer on the properties of the subgrade soil of Avenida Américas in the city of Juliaca," aims to determine how the subgrade soils of that particular road were affected by the inclusion of acrylic polymer in different proportions. The study methodology is determined by an applied type, an explanatory level. The result indicates an average IP of 17.97% in the four test pits, an MDS of 1,780 gr/cc, an OCH of 7.98%, and an average CBR bearing capacity of 4.62% at 95% of the MDS. With the incorporation of 5%, 8%, and 12% acrylic polymer, the resulting plasticity indices were 13.147%, 10.64%, and 8.46%, respectively. Correspondingly, the maximum dry densities achieved were 1,942, 2,009, and 2,102 g/cc, with OCH of 7.51%, 8.24%, and 9.13%. The recorded CBR bearing capacities were 5.86%, 10.82%, and 13.57% at 95% of MDS. Specifically, the optimal results were an IP of 8.46%, an MDS of 2,102 g/cc, an OCH of 9.13%, and a CBR bearing capacity of 13.57%, all achieved with the addition of 12% acrylic polymer. The amalgamation of natural soil and 12% acrylic polymer reduces the IP by 53%, improves the degree of compaction by 18%, and significantly increases the CBR bearing capacity by 194%.

Key words: Acrylic polymer, subgrade, plasticity index, degree of compaction and CBR bearing capacity.



INTRODUCCIÓN

Este estudio está motivado por los recurrentes fallos en las infraestructuras viales causados por la insuficiente capacidad portante del suelo subyacente. Por lo tanto, es crucial adquirir conocimientos sobre la mejora de los suelos inadecuados. En el caso concreto de la carretera que nos ocupa, está construida sobre un suelo inestable e inadecuado para construir un firme flexible fiable.

Este estudio se centra en el uso de un aditivo que presenta un comportamiento beneficioso en la estabilización de suelos. El material utilizado en la investigación de la carretera presenta otras cualidades que podrían mejorarse. Para determinar los valores porcentuales de estabilización del suelo, Las propiedades del suelo deben compararse antes y después de aplicar el polímero acrílico. Esto proporciona una información muy valiosa. Los fines de este estudio son caracterizar los suelos naturales, examinar sus propiedades tras la adición de polímero acrílico y determinar el porcentaje óptimo de incorporación de polímero acrílico.

El capítulo I, La situación problemática que motivó la decisión de realizar este estudio se detalla ampliamente, estableciendo los objetivos, las justificaciones, las hipótesis.

El capítulo II, El estudio sigue un marco predeterminado, hace uso de datos recopilados previamente para futuras comparaciones y da crédito a quien lo merece haciendo referencia a los marcos teóricos más relevantes tanto para el tema investigado como para la terminología empleada.

El capítulo III, La metodología utilizada para examinar cómo y para qué se utilizó cada procedimiento con el fin de obtener y analizar los resultados.

El capítulo IV, elabora resúmenes de casos en forma de tablas y figuras a partir de los datos recogidos en análisis previos; también dirige debates sobre casos.



Abordando cada objetivo específico y presentando las recomendaciones correspondientes, la investigación concluye con una minuciosa elaboración. Otras características son una bibliografía referenciada y apéndices genéricos que ofrecen imágenes y certificaciones de calidad.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Análisis de la Situación Problemática

A nivel internacional, la calidad de los suelos de subrasante y su mejoramiento han sido temas centrales en la ingeniería civil, especialmente en países con climas diversos y condiciones geotécnicas complejas. El uso de polímeros, como el polímero acrílico, ha mostrado resultados positivos en la estabilización de suelos, mejorando su resistencia, capacidad de carga y reduciendo su permeabilidad. Sin embargo, aunque estos polímeros han sido implementados con éxito en países como Estados Unidos y Brasil, también existen preocupaciones sobre su impacto ambiental debido a la dificultad de descomposición de algunos polímeros, lo que ha llevado a la investigación de alternativas biodegradables en proyectos de infraestructura vial. (Carreton, 2019).

En Perú, los suelos de subrasante presentan grandes desafíos debido a su alta variabilidad, especialmente en regiones de altitud elevada y en zonas afectadas por fenómenos climáticos extremos. En ciudades como Juliaca, los suelos son predominantemente arcillosos o con altos contenidos de finos, lo que afecta la capacidad de carga y la estabilidad de las infraestructuras viales. A pesar de los avances en la utilización de aditivos como los polímeros para mejorar las propiedades geotécnicas, el uso de estas tecnologías se encuentra en una etapa incipiente debido a la falta de estudios



específicos para el contexto nacional y la alta inversión requerida para su implementación. (Castro, 2021)

En la región de Juliaca, las condiciones geotécnicas de los suelos de subrasante presentan retos significativos para la construcción y mantenimiento de la infraestructura vial debido a su alta proporción de suelos arcillosos, lo que genera problemas de drenaje y estabilidad. La necesidad de mejorar estas propiedades ha llevado a explorar el uso de polímeros acrílicos, que podrían ofrecer una solución eficaz para estabilizar los suelos, reducir la permeabilidad y aumentar la capacidad portante. Sin embargo, la falta de estudios regionales específicos y la limitada experiencia en el uso de este tipo de aditivos en suelos de la zona, dificultan su adopción a gran escala. (Condori, 2021).

1.2. Planteamiento del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál es la incidencia del polímero acrílico sobre las propiedades del suelo de subrasante de la avenida Américas de la ciudad de Juliaca?

1.2.2. Problemas Específicos

- a. ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante de la avenida Américas de la ciudad de Juliaca?
- b. ¿Cómo incide la adición de polímero acrílico en porcentajes variables en el índice de plasticidad del suelo de subrasante de la avenida Américas de la ciudad de Juliaca?
- c. ¿Cuál es la influencia de la aplicación de polímero acrílico en porcentajes variables en el grado de compactación del suelo de subrasante de la avenida Américas de la ciudad de Juliaca?



- d. ¿Cuál es el efecto de la incorporación de polímero acrílico en porcentajes variables en la capacidad de soporte del suelo de subrasante de la avenida Américas de la ciudad de Juliaca?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

Evaluar la incidencia del polímero acrílico sobre las propiedades del suelo de subrasante de la avenida Américas de la ciudad de Juliaca.

1.3.2. Objetivos Específicos

- a. Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante de la avenida Américas de la ciudad de Juliaca.
- b. Explicar la incidencia de la adición de polímero acrílico en porcentajes variables en el índice de plasticidad del suelo de subrasante de la avenida Américas de la ciudad de Juliaca.
- c. Determinar la influencia de la aplicación de polímero acrílico en porcentajes variables en el grado de compactación del suelo de subrasante de la avenida Américas de la ciudad de Juliaca.
- d. Explicar el efecto de la incorporación de polímero acrílico en porcentajes variables en la capacidad de soporte del suelo de subrasante de la avenida Américas de la ciudad de Juliaca.

1.4. Justificación de la Investigación

Utilizando polímero acrílico para mejorar las propiedades de las subrasantes de la carretera objeto de estudio, este estudio pretende estabilizar los suelos inestables de las subrasantes y hacer una contribución a ese campo.



1.4.1. Justificación Técnica

Mediante la mejoría de las actuales tecnologías de estabilización, la creación de métodos de conformación de carreteras más respetuosos con el medio ambiente y la ampliación de nuestros conocimientos sobre cómo mezclar y/o dosificar materiales naturales del suelo con polímero acrílico, este estudio propuesto profundizará en nuestra comprensión en términos de mejora de la composición química de los suelos del subsuelo.

1.4.2. Justificación ambiental

Las actividades sostenibles y respetuosas con el medio ambiente son el eje del estudio previsto, Se dedica a mejorar el nivel de vida de las personas en todo el mundo. En concreto, se aplicará polímero acrílico a los suelos de subrasante de las carreteras urbanas y las vías de acceso, se fomentará el reciclaje y se contribuirá a la economía. Además, estos materiales se utilizarán para mejorar y/o dar forma a las calzadas en beneficio de las personas que transiten por ellas.

1.4.3. Justificación Económica

Desde el punto de vista económico, queremos encontrar una forma de reducir los costes de estabilización de la carretera estudiada para no tener que gastar tanto dinero en mantenimiento una vez que la carretera alcance el nivel de pavimento flexible. Esto nos ayudará a evitar el uso de métodos de mejora caros como el enrocado o las geomallas, que pueden aumentar los costes de estabilización.

1.4.4. Justificación Social

Mediante la aplicación de políticas respetuosas con el medio ambiente, el estudio previsto espera elevar el nivel de vida de todos los residentes y respetuosas con el medio ambiente. En concreto, se aplicará polímero acrílico a los suelos de subrasante de las carreteras urbanas y las vías de acceso, se fomentará el reciclaje y se contribuirá a la economía.

1.5. Hipótesis de la Investigación

1.5.1. Hipótesis General

La incidencia del polímero acrílico sobre las propiedades del suelo de subrasante de la avenida Américas de la ciudad de Juliaca, mejora significativamente.

1.5.2. Hipótesis Específicas

- a. Las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante de la avenida Américas de la ciudad de Juliaca, serán suelos inestables.
- b. La incidencia de la adición de polímero acrílico en porcentajes variables en el índice de plasticidad del suelo de subrasante de la avenida Américas, será favorable en reducir la plasticidad del suelo.
- c. La influencia de la aplicación de polímero acrílico en porcentajes variables en el grado de compactación del suelo de subrasante de la avenida, mejorará el grado de compactación del material.
- d. El efecto de la incorporación de polímero acrílico en porcentajes variables en la capacidad de soporte del suelo de subrasante de la avenida Américas, aumentará significativamente la capacidad de soporte.

1.6. Variables e Indicadores

1.6.1. Variable Independiente

Polímero acrílico

Dimensiones

Adición de Polímero Acrílico

- ✓ Adición de 5% de polímero acrílico
- ✓ Adición de 8% de polímero acrílico
- ✓ Adición de 12% de polímero acrílico



1.6.2. Variable Dependiente

Propiedades del Suelo Subrasante

Dimensiones

- Índice de Plasticidad
- Grado de Compactación (MDS)
- Capacidad Relativa de Soporte (CBR)



1.6.3. Operacionalización de Variables

Tabla 1

Operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
Variable Independiente Polímero Acrílico	«Solución acuosa» es un término típico para el material en cuestión. Al no poseer una propiedad específicamente definida, este agente estabilizador puede adoptar una amplia gama de formas físicas. Su baja densidad (2,40 g/cm ³) y la ausencia de peligros importantes lo convierten en una opción atractiva, a lo que se añade su maleabilidad. Garzón et al. (2020)	Las dosis y cantidades de integración proporcionan información sobre el polímero acrílico y su aplicación; por ejemplo, en el estudio, se incluyó en un 5%, 8% y 12%.	Proporciones de polímero acrílico en 5%, 8% y 12%	Combinación de materiales	Bandejas y herramientas de laboratorio
Variable Dependiente Propiedades del Suelo de Subrasante	Muchos proyectos de construcción de carreteras encuentran problemas de resistencia en el suelo de la subrasante, la capa más baja de la estructura propuesta para la carretera. Este estrato está formado por materiales como arena, arcilla, etc. Garzón et al. (2020)	Las cualidades del suelo de la subrasante se definen por características como los índices de plasticidad, los niveles de compactación y la capacidad portante.	IP Grado de compactación Capacidad de soporte	IP MDS CBR	Equipos y herramientas de laboratorio



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Según Canaria Pineda & Iván Martínez (2020), en su investigación titulada "Investigación sobre el impacto de polímeros sintéticos, con el medio ambiente en la estabilidad de los materiales durante la conformación de terraplenes en el municipio de La primavera-Vichada". El fin general de este proyecto es analizar la eficacia del uso de polímeros sintéticos ecológicos para estabilizar el material de relleno de terraplenes. Debido a la naturaleza cuantitativa de la metodología empleada en este proyecto, es necesario realizar ensayos sobre el material en su estado natural para determinar sus características geomecánicas. A continuación, estos resultados se compararán con los de las muestras de material que han sido tratadas con el polímero sintético ecológico. El objetivo es determinar el efecto del agente estabilizador sobre el material estudiado y determinar la dosis óptima que proporcionará al material la capacidad portante y la resistencia deseadas tanto en estado seco como saturado. Estos resultados, el CBR es del 12,19 por ciento para la compactación completa de la densidad máxima en seco; a esta dosis, la propiedad aumenta hasta un 44 por ciento, pero no alcanza el valor mínimo exigido del 15 por ciento. Además, mejora el crecimiento en un 30%. La investigación

concluye que, aunque el estabilizador aumentó la capacidad portante del material y otros atributos en estado seco, no proporcionó la calidad y durabilidad necesarias para garantizar la estabilidad de la carretera en circunstancias húmedas ni para conservar sus características a lo largo del tiempo.

Además, Li (2018), en su estudio denominado "Synthesis of Functional Water-Soluble Polymers", Utilizando adiciones sustitutivas como las cenizas de carbón y ciertos especímenes como el Calio, el objetivo es examinar las propiedades físico-mecánicas de la subrasante del suelo. El planteamiento Se basa en métodos cuantitativos y en un nivel explicativo de investigación aplicada. A continuación, se presentan las conclusiones Como último punto, los polímeros pirolizados (Cu) P_c no se aglutinan y son solubles en la gran mayoría de disolventes orgánicos. El estudio descubrió que algunos compuestos no se aglomeran en DMF y pueden detectarse como complejos en agua mediante análisis UV-Vis. Estas sustancias químicas también son muy solubles en agua y producen soluciones de color azul intenso.

Finalmente, Mora Palacios (2020), en su estudio titulado "Efectos de los polímeros en la estabilización del suelo durante la construcción de cimientos", Para evaluar los datos resueltos de los principios, secundarios y terciarios de la información actual, es necesario recopilar investigaciones sobre el uso de polímeros en cimentaciones. Este estudio utilizó un diseño experimental y una técnica cuantitativa para llevar a cabo una investigación aplicada a nivel explicativo. En este caso, el suelo se cohesiona gracias a las interacciones de los polímeros, que precipitan todo tipo de partículas, mantienen el pH, facilitan la mezcla y reducen la pérdida de producto durante el almacenamiento y la administración. Según los resultados de este estudio, los polímeros son útiles para estabilizar los suelos utilizados para construir cimientos.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Según Arellan Farfan (2021), en su estudio titulado "Diseño del marco estructural de un pavimento asfáltico que emplea estabilización con polímero estireno para la



subrasante, Huarochirí 2021.”, El objetivo es estudiar la relación entre las dos variables - subrasante y polímero estireno acrílico- y sus efectos en el diseño estructural del pavimento asfáltico. El enfoque positivista de la investigación analiza los fenómenos sociales mediante la realización de experimentos y la observación minuciosa con el fin de dar un valor numérico a la realidad y evaluar los resultados mediante pruebas estadísticas. La elección de la muestra de 10.000 km progresivos a 12.000 km progresivos no es un proceso basado en probabilidades, sino más bien una cuestión de juicio o conveniencia. Clasificada por la SUCS como SM-arena limosa, no plástica, crece en proporción exacta a la capacidad portante de la subrasante. Para la muestra de suelo tomada al 100%, los valores de CBR que se obtuvieron fueron del 43% en su estado nativo, del 46% tras añadir 4,2, 6,1 y 8,2 lt/m³ de polímero estireno acrílico, y del 54% a partir de entonces. El estudio descubrió que el CBR del suelo (arena limosa no plástica) aumentaba directamente aplicando diferentes cantidades de polímero estireno acrílico (4,2, 6,1 y 8,2 lt/m³). El CBR del suelo fue del 46%, 49% y 54% con una proporción de 8,2 lt/m³, lo que indica un aumento significativo del CBR en comparación con su valor inicial del 43% en su estado natural. Debido al diseño estructural, el costo del proyecto se redujo en S/. 151,604.64 debido a un CBR de 54%, una subfundación de 0 m de espesor, una base de 0.18 cm y una capa de rodadura de 0.09 m.

Asimismo, Guzmán Montenegro (2019), realizó un estudio denominado “Investigación de la resistencia de la subrasante en el distrito de Victoria utilizando polímeros - 2019”, en el barrio La Victoria de 2019, con la finalidad de evaluar la resiliencia del nivel de subrasante utilizando polímeros reciclados. Tras analizar el suelo in situ utilizando métodos de investigación descriptiva y aplicada, se determinó que no se ajustaba a los criterios de utilización de la subrasante. Debido a las propiedades de resistencia del PET, aumenta la resistencia al cizallamiento haciendo que el suelo produzca fricción. Tanto la cal como los sulfatos de arcilla producen etringita, aunque esto es algo que ayuda a disminuir. Con la adición del 1,5% del peso seco del suelo, estos aditivos mejoraron las cualidades físicas del suelo; esto se tradujo en una mejora del 26%



del CBR. Los materiales de subrasante hechos de polímeros recuperados (RP) de botellas de plástico fueron los únicos que demostraron mejoría las cualidades del suelo, según el estudio. El suelo en cuestión tenía una alta concentración de arcillas, elementos todos ellos cruciales para una buena capacidad portante. 5% del peso en seco del suelo, con distancias que oscilan entre 5 y 10 mm en forma rectangular; Por término medio, el CBR mejora en un 26% debido a la incorporación del resistente material PET, que mejora la fricción del suelo y la resistencia al cizallamiento.

Finalmente, Calle y Arce (2018), en su estudio titulado "Preparación de subrasante en la zona del puente Añas huayco para su uso como cimentación y evaluación frente a un pavimento tradicional mediante la aplicación de polímero acrílico", se centra en la mejoría de las cualidades mecánicas como preparación para usar el polímero acrílico como base. Un diseño de investigación experimental, un enfoque cuantitativo y una metodología de tipo aplicado constituyeron la base de la metodología del estudio. Como consecuencia, El suelo estabilizado con la cantidad ideal de polímero tiene una tensión de compresión de 20.65 kg/cm², después de veintiocho días de secado. Cuando el suelo está óptimamente húmedo (12,81%), su MDS es de 1,63 g/cm³. Se calculó la composición óptima del polímero para el pavimento estabilizado y realizó el análisis de coste por unidad, y se obtuvo una contribución unitaria de 3,48 lt/m². El estudio también mostró que la adición de ½ de polímero en relación al CH ideal incrementó el valor CBR hasta en un 110% después de los ensayos. Un ahorro de S/. 25,040.33-representando una disminución de 33% en los costos-es el resultado de la incorporación del polímero.

2.1.3. Antecedentes Regionales

No existe estudios relacionados a estabilización con utilización de polímero acrílico a escala local o regional.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Incidencia del polímero acrílico sobre las propiedades del suelo de subrasante

Según Guzmán (2023), un polímero acrílico es un tipo de plástico sintético formado por la polimerización de monómeros derivados del ácido acrílico o sus ésteres, como el metacrilato de metilo o el acrilato de etilo. Estos polímeros se caracterizan por su transparencia, resistencia a la rotura, elasticidad y, en muchos casos, por su alta resistencia a la intemperie y a los rayos UV.

Los químicos macromoleculares pueden crear macromoléculas (polímeros) uniendo muchas moléculas más pequeñas (monómeros) del mismo tipo o de tipos diferentes. Los polímeros pueden estar hechos de un solo tipo de monómero (homopolímeros) o de una combinación de diferentes tipos de monómeros (copolímeros). (Guzmán, 2023).

Los productos macromoleculares orgánicos se conocen como altos polímeros cuando sus moléculas presentan ciertos principios estructurales generales que se reproducen repetidamente. Estos altos polímeros pueden ser completamente sintéticos o una combinación de componentes sintéticos y semisintéticos.

Las transformaciones químicas de los altos polímeros naturales pueden dar lugar a altos polímeros artificiales que conservan gran parte de su estructura macromolecular (Hilario, 2022).

El nailon, el poliestireno, el estireno y otros altos polímeros sintéticos similares se crean en su totalidad a partir de componentes de bajo peso molecular.

El término «plástico» se utiliza a menudo para describir los altos polímeros sintéticos y semisintéticos, sin embargo, no todos estos materiales poseen realmente esta propiedad. Debido a sus similitudes estructurales y funcionales con las resinas naturales, a veces se denominan resinas sintéticas (Hilario, 2022).

Tanto los polímeros naturales como los artificiales pueden tener sus unidades estructurales unidas de diversas maneras; por ejemplo, varias direcciones pueden conducir a la formación de polímeros lineales, mientras que más de una ruta puede dar lugar a polímeros sintéticos. El objetivo de utilizar estos polímeros en la construcción de carreteras es hacer más estables los áridos y disminuir la dispersión de la arcilla.

Al igual que los demás métodos analizados, la estabilización con polímeros tiene por objeto estabilizar e impermeabilizar el suelo para que estos otros métodos puedan desempeñar las funciones previstas. (Hilario, 2022).

2.2.4.1 Tipos de polímeros

Se pueden hacer muchos tipos de clasificaciones porque existe una gran diversidad de polímeros. Por ejemplo, tenemos:

- ✚ **Según su composición:** Los homopolímeros están formados por un solo tipo de monómero, mientras que los copolímeros están formados por dos o más tipos de monómeros.
- ✚ **Según su estructura:** Las estructuras lineales se producen cuando están conectados en sólo dos puntos (la cola y la cabeza), mientras que las estructuras ramificadas se producen cuando cualquier monómero está acoplado en dos o más puntos.
- ✚ **Por su comportamiento al calor:** Cuando se calientan, los termoplásticos se ablandan y recuperan sus características originales al enfriarse; por el contrario, los termoestables, una vez moldeados en caliente, se vuelven inflexibles al enfriarse debido a la formación de nuevos enlaces que impiden seguir dándoles forma.

En cuanto a la segunda categoría, disponemos de una plétora de opciones termoplásticas, como el PVC, el poliestireno, el polietileno, el polipropileno y el poliuretano.

- El polietileno es un polímero muy utilizado en nuestra vida cotidiana. Desde materiales de construcción hasta envases, este polímero tiene varios usos.



- El polipropileno es resistente al calor y la electricidad, y tampoco absorbe mucha humedad. Juguetes, artículos de papelería, bolsas, equipamiento deportivo, cables, etc., todos encuentran aquí un hogar.
- La polimerización del cloruro de vinilo da lugar al cloruro de polivinilo o PVC. Uno es duro y se utiliza para fabricar tuberías, mientras que el otro es flexible y se utiliza en muebles, cables y alambres.
- Otro material muy utilizado es el poliestireno (PS). Aunque es frágil debido a su baja resistencia a la tracción, ofrece una excelente estabilidad térmica, una baja densidad y un coste de producción barato.
- El poliuretano puede ser flexible o rígido. El poliuretano flexible es el más popular. Sus numerosas aplicaciones prácticas incluyen la amortiguación en colchones, zapatos, tuberías y tanques aislantes.

2.2.4.2 Polímero acrílico

La combinación, que consiste en un polímero modificado en una solución acuosa, puede estabilizar el suelo cuando se mezcla con agua en las proporciones correctas. (Calle, 2019).

2.2.4.3 Características del polímero

- ✓ Este producto no contiene aditivos ni derivados del petróleo y es totalmente seguro para el medio ambiente.
- ✓ No libera COV a la atmósfera.
- ✓ La estructura que presenta permite una adecuada adherencia al suelo, lo que a su vez aumenta la densidad del mismo al disminuir su contenido en huecos.

2.2.4.4 Especificaciones técnicas del polímero

- **Componentes**

El polímero acrílico está compuesto por los siguientes ingredientes, tal como se indica en la ficha técnica:

Tabla 2*Componentes del producto*

Componentes	CAS#	Concentración Aproximada
Agua	7732-18-5	90-93%
Alcohol	9002-89-5	<10%
Tereftalato de polietileno	25038-54-8	<6%
Sal de 1-butanol zirconio	1071-76-7	<1%

Nota. Web de SSPMB

- **Identificación de peligro**

Tabla 3*Tabla de identificación de peligro*

Apariencia física	Líquido viscoso
Problemas inmediatos	Ninguno
Rutas de entrada	Ojos, piel, ingestión e inhalación
Carcinogenicidad	No presenta según NTP*, IARC** o OSHA***

Nota. Web de SSPMB

2.2.2. Estabilización de Suelos

Cuando se estabiliza un suelo, es porque se han mejorado las propiedades físicas de sus elementos constitutivos mediante fuerza mecánica y tratamientos químicos, normalmente tradicionales o sintéticos. Las condiciones del suelo marcadas por una subrasante insuficiente o pobre son lugares comunes para ver este material utilizado. Por

otro lado, la estabilización de la subbase o base produce una base granular tratada, que es un componente mejorado. Se consigue una mejor calidad. Los métodos para estabilizar el suelo también tienen la ventaja añadida de aumentar su resistencia mecánica y longevidad. Como parte de los procesos, se implementan métodos que pueden implicar el empleo de varios agentes y/o materiales estabilizantes. (Guzmán, 2023).

Mediante la adición de compuestos químicos, se pueden mejorar las cualidades del suelo; uno de estos enfoques es la estabilización química del suelo. Esta estrategia pretende mejorar el rendimiento del suelo aumentando su capacidad portante, su resistencia a la tracción y otras propiedades relevantes. MTC (2014).

La floculación de las partículas puede conseguirse utilizando arcillas dispersivas. Por otra parte, si las arcillas muestran signos de ser resistentes a la compactación, puede ser recomendable añadir aditivos para fomentar una mejor dispersión de las partículas. La estabilidad, por su parte, mejoraría una serie de cualidades asociadas, como la resistencia, la durabilidad y la resistencia al agua. Pueden utilizarse suelos con partículas granulares o con un coeficiente de soporte de California (CBR) inferior al que suele ser necesario o con una estabilidad insuficiente, así como suelos con una resistencia reducida en las capas inferiores de las capas de rodadura. (Braja, 2020).

2.2.4.1. Estabilización mecánica de suelos

Un método para mejorar la calidad del suelo es la estabilización mecánica de los componentes del suelo, que consiste en combinar suelos de distintos grados para cambiar su tamaño agregado. El objetivo de este método es generar una masa de tierra muy compactada. El objetivo de este procedimiento restaurador es reducir la compresibilidad y permeabilidad del suelo en las construcciones de tierra. Cuando esto ocurre, es menos probable que las obras experimenten asentamientos globales o diferenciales, ya que aumenta las tensiones de cizallamiento y flexión del suelo. MTC (2014).

2.2.4.2. Estabilización por combinación de suelos

Para estabilizar el suelo utilizando una mezcla de materiales, es necesario combinar varios tipos de materiales para mejorar sus cualidades, Haciendo evaluaciones de la calidad de los componentes que se van a mezclar, y esta estabilización también puede lograrse con el uso de la cantera. MTC (2014).

2.2.4.3. Estabilización por sustitución de suelos

Un enfoque del desarrollo del suelo conocido como «estabilización del suelo por sustitución del suelo» consiste en retirar el suelo pobre y sustituirlo por otro estabilizado y mejorado. Siguiendo este proceso, Es posible mejorar o regular características como la estabilidad volumétrica, la resistencia, el módulo tensión-deformación, la permeabilidad, la durabilidad y la vulnerabilidad a la humedad del suelo. MTC (2014)

2.2.4.4. Suelos estabilizados con cal

El proceso de estabilización con cal consiste en mejorar las cualidades de los componentes del suelo mediante la adición de cal. Esto incluye el aumento de su densidad, capacidad portante y resistencia a la compresión. Cuando se aplica a suelos inestables, la cal puede secarlos, modificarlos o hacerlos más estables. Para estabilizar los suelos utilizando cal, se realizan cambios químicos en los suelos inestables, convirtiéndolos en materiales utilizables. Además de hacer los suelos menos propensos a la expansión y compresión, este cambio los hace más fuertes en general. (Zapana, 2022).

2.2.4.5. Suelos estabilizados con cemento

Con este método se pueden mejorar las cualidades físicas de los suelos, aumentar su capacidad portante y garantizar la estabilidad a largo plazo de los edificios que se construyan sobre ellos. Este método permite aumentar la capacidad portante de los suelos con una capacidad de carga deficiente y, al mismo tiempo, cumplir las normas de durabilidad y resistencia.

El uso de cemento para la estabilización del suelo tiene beneficios a largo plazo en términos de sostenibilidad y durabilidad, y también permite utilizar recursos locales en proyectos de ingeniería civil como la construcción de redes de transporte. MTC. (2014)

2.2.4.6. Estabilización con cloruro

Una estrategia para tener mejoras las propiedades del suelo, especialmente en el caso de las carreteras terrestres, consiste en emplear cloruro sódico como compuesto estabilizador del suelo. Los materiales arcillosos pueden reducir su contracción volumétrica, el desarrollo de costras superficiales y las variaciones de humedad utilizando cloruro sódico, una sustancia conocida comúnmente como sal de mesa. (Bonifaz & Gamarra, 2022).

2.2.4.7. Estabilización con cloruro de calcio

Para mejorar las cualidades mecánicas y reducir el desprendimiento de polvo en los firmes de carreteras sin pavimentar, los materiales del suelo pueden estabilizarse utilizando cloruro cálcico. Esta técnica consiste en añadir cloruro cálcico al suelo. Al reducir las conexiones intermoleculares entre las partículas de arcilla, el cloruro cálcico mejora significativamente la cohesividad percibida del material. Además, interviene en la retención de la humedad superficial, lo que a su vez ralentiza la evaporación. (Solis, 2022).

2.2.4.8. Estabilización con cloruro de magnesio

Una forma de mejorar la calidad y esfuerzo del suelo es estabilizarlo con cloruros de magnesio. Este método es especialmente útil en suelos ricos en arcilla y zonas con climas secos o semisecos. Los materiales arcillosos se tratan con cloruro de magnesio como parte de este procedimiento, lo que reduce la contracción volumétrica, la formación de costras en la superficie y las variaciones en los niveles de humedad. (Yuni & Urbano, 2021).

2.2.4.9. Estabilización con productos asfálticos

Significa que hay un objetivo definido en la mejora de las cualidades del suelo mediante este método. Hay dos objetivos principales para mejorar la estabilidad del suelo mezclando productos asfálticos con él: en primer lugar, envolver las partículas del suelo en ligantes con propiedades cohesivas, lo que aumenta la estabilidad; y en segundo lugar, aumentar la impermeabilidad del suelo, lo que reduce el impacto de las fluctuaciones de humedad y aumenta la estabilidad en condiciones menos que ideales. (Zapana, 2022).

2.2.4.10. Estabilización con geosintéticos

Al incorporar geomallas y geotextiles a los proyectos de estabilización de suelos, los geosintéticos pueden aumentar la capacidad portante, disminuir los asentamientos diferenciales y evitar la mezcla de partículas del suelo y su contaminación. Los geosintéticos se usan en una extensa gama de proyectos de desarrollo urbano, como la construcción de carreteras, aparcamientos, plataformas, vías de acceso, edificios industriales, aeropuertos y sistemas ferroviarios. (Mora Palacios, 2020).

2.2.3. Pavimentos

Según el MTC (2019), En el caso de estructuras artificiales o terrenos artificiales, la base o capa que compone la superficie se denomina pavimento. El pavimento de una carretera es una parte crucial del diseño general de la carretera en ingeniería civil. Un estrato está formado por uno o más materiales dispuestos siguiendo un patrón específico sobre cualquier tipo de superficie plana o natural. Con esta capa en su lugar, el suelo será más resistente al desgaste y el tráfico será más fácil de transitar. Por citar sólo algunos ejemplos, los pavimentos pueden ser de piedra, madera, asfalto, hormigón y muchas más alternativas. Resistir las inclemencias del tiempo, tener una rugosidad superficial acorde con la velocidad prevista del tráfico, ser resistentes al desgaste de los neumáticos abrasivos, ser rentables y mantener la seguridad de las personas.

Conforme a Ortega (2019), Los pavimentos son sistemas multicapa que reciben directamente las cargas del tráfico y las distribuyen a las capas subyacentes, creando una superficie de apoyo. Los materiales utilizados para fabricar estas capas se seleccionan cuidadosamente. La base y la subbase proporcionan soporte al ligante comparativamente fino del pavimento flexible. La deformabilidad de las capas subyacentes es crucial para que estos pavimentos soporten las cargas. Por el contrario, lo que distingue a los pavimentos de losa de hormigón que distribuye las tensiones de la actividad.

2.2.1.1. Estructura de un pavimento flexible

Según Ramírez (2021), garantiza que el diseño tradicional de los pavimentos flexibles implica muchas capas que se colocan estratégicamente para absorber y distribuir las cargas provocadas por los vehículos. Según la revista de la UCR, para formar un pavimento flexible convencional se utilizan muchas capas. Estas capas incluyen subrasantes, bases granulares, capa de rodadura asfáltica y subbases granulares. Por otro lado. Esta capa ayuda a eliminar el agua que se ha filtrado en el pavimento.

Bituminoso, base, subbase y subrasante son algunas de las capas que se encuentran comúnmente en la composición de un pavimento flexible. Es importante señalar que la calidad de la subrasante y los requisitos del proyecto determinarán qué capas se incluyen y cuáles se omiten. Ramírez (2021).

Figura 1

Estructura de pavimentos flexibles



Nota. Capas estructurales de pavimento flexible. Tomado de Arivilca (2022, pág. 18)

2.2.1.2. Subrasante

Los suelos naturales forman una capa denominada subrasante, que sirve para sustentar el pavimento durante su desarrollo. La transferencia y el soporte de las cargas del pavimento son cruciales. La subrasante debe ser apta para la compactación y estar libre de materiales orgánicos, detritus o materiales inestables, entre otras características. También son destacables los experimentos para conocer las características físicas y de ingeniería del objeto investigado. Entre los parámetros que se evalúan en estas pruebas están los módulos elásticos, los módulos de Poisson y el CBR. Paquita (2022).

Según el MTC, se denomina subrasante al suelo que soporta toda la estructura del pavimento. Para que el pavimento obtenga su soporte y los pesos le sean transferidos, la subrasante es de suma importancia. Las propiedades físicas y técnicas del material también deben determinarse mediante ensayos. El valor portante del suelo, el módulo resiliente y el módulo de Poisson son componentes de estas pruebas. (Balcells, 2020).

Además de soportar el peso de los vehículos y distribuirlo uniformemente por el terraplén, la subrasante también actúa como resistencia a la tensión para el pavimento. Además de impedir que los finos plásticos descendan por el talud y lleguen al pavimento, esta característica ayuda a mantener limpia la zona. Además, la subrasante debe cumplir ciertos criterios, como tener las cualidades de compactación deseables y estar libre de material orgánico, escombros o productos químicos inestables. Miranda (2020).

2.2.4. Propiedades de un Suelo

2.2.3.1. Clasificación de Suelos

Debido a la extrema variedad de suelos que se encuentran en la Tierra, ha desarrollado una serie de esquemas para clasificarlos. Debido a sus requisitos únicos y al uso previsto, todos los sistemas tienen ciertos dominios en los que destacan. Existen las categorías SUCS y AAHSTO. (Bowles, 2021).

2.2.3.2. Clasificación de Suelos (SUCS)

Se utiliza un tamiz de 200 mallas para diferenciar los suelos que contienen partículas gruesas de los que contienen partículas finas. Los materiales gruesos son los que permanecen en el tamiz de 200 mallas, mientras que los suelos finos son los que lo atraviesan. Además, los suelos se categorizan como gruesos si más de la mitad de su contenido permanece en el tamiz de 200 mallas y como finos si más de la mitad de su contenido lo atraviesa. (Galindo & Avellaneda, 2019).

2.2.3.3. Sistema de Clasificación AASHTO

Con 7 grupos que van de A-1 a A-7 y esta clasificación abarca una amplia gama de arcillas, arenas, gravas y limos de distintas calidades. Las clasificaciones se basan en los pasajes o retenciones de cada malla determinados por pruebas de análisis granulométrico, también tienen índices de plasticidad, limitaciones a la liquidez y límites a su plasticidad.

Tabla 4

Clasificación SUCS y AASHTO

AASHTO M-145	ASTM-D-2487
A-1-a	GM, SW, SP, GW, GP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	SM, SC, GM, GC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

Nota. clasificación y comparación los suelos utilizando las normas SUCS y AASHTO.

2.2.3.4. Contenido de Humedad

Este elemento forma parte de la ecuación para establecer el % global de contenido de agua en la muestra específica en condiciones ideales.” (Bowles, 2021).

Según Márquez (2019), señala que la presencia o ausencia de humedad y la densidad del suelo son dos de los parámetros más esenciales del suelo, ya que influyen sustancialmente en su resistencia. Dado que la prueba Proctor determina la humedad

actual ideal, es crucial señalar que esto también simplificará las comparaciones con la misma. En particular, en caso de que la humedad no alcance un valor ideal se usará el método de compactación.

2.2.3.5. Análisis Granulométrico

Descubrir la abundancia relativa de partículas individuales según su tamaño en la escala granulométrica, así como obtener información útil sobre el origen y las propiedades mecánicas del suelo, son los objetivos principales del análisis granulométrico. Para clasificar los áridos en función de sus diámetros granulométricos, los datos suministrados son esenciales. Su incorporación a las mezclas de asfalto u hormigón depende de los resultados del ensayo, que evalúa la permeabilidad y cohesividad del suelo. (Duque & Escobar, 2021).

2.2.3.6. Índice de Plasticidad

El índice de plasticidad considera el rango de niveles de humedad en el que el suelo funciona plásticamente y utiliza esta información para evaluar la plasticidad del suelo, facilitando así una clasificación razonablemente precisa del suelo. Los suelos que tienen un índice de plasticidad (IP) bajo tienen una concentración de arcilla comparativamente modesta, mientras que los suelos que tienen un IP alto tienen un componente de arcilla sustancial. MTC (2014).

2.2.3.7. Máxima Densidad Seca

Según Sañac (2019), Mediante experimentos de laboratorio, como las pruebas de cono y de arena introducida, puede determinarse la densidad máxima en seco. La densidad del suelo se determina tomando su volumen y peso en su ubicación original y comparando los resultados. Las evaluaciones del rendimiento y la calidad del suelo en aplicaciones de ingeniería civil, como cimientos de edificios, carreteras y estructuras, dependen en gran medida de los datos suministrados.

2.2.3.8. Capacidad de Soporte CBR

El esfuerzo a compresión de un suelo y su capacidad para resistir las cargas que se le aplican se miden mediante esta característica. Esta cifra, expresada en porcentaje, indica la resistencia relativa del suelo en comparación con un material de referencia, con respecto a la presión necesaria para penetrar en el suelo. Este ensayo está diseñado principalmente para evaluar la capacidad de un suelo, una información crucial para los diseñadores de carreteras y pavimentos. (Braja, 2020).

Tabla 5

Categorías de subrasante

Categoría de Subrasante	CBR
S ₀ : inadecuadas	CBR < 3%
S ₁ : Pobres	3% ≤ CBR < 6%
S ₂ : Regulares	6% ≤ CBR < 10%
S ₃ : Buenas	10% ≤ CBR < 20%
S ₄ : Muy Buenas	20% ≤ CBR < 30%
S ₅ : Excelentes	CBR ≥ 30%

Nota. Se incluye la visualización de las clases de subrasante.

2.3. Marco Conceptual

- CBR.** – Los suelos consolidados, como terraplenes, capas de pavimento, subrasantes y otras estructuras similares, se evalúan para determinar su capacidad de carga utilizando esta medida, que se basa en la resistencia del suelo.
- Contenido de humedad.** – Es importante para el volumen, la cohesión, la estabilidad mecánica y otras propiedades del suelo.
- Estabilización.** – Una forma de mejorar el suelo para la agricultura es estabilizarlo añadiéndole diversos minerales que potencien sus propiedades físicas y químicas. El procedimiento se lleva a cabo cuando las cualidades del suelo son insuficientes.



- d. **Granulometría.** Cuando se cuentan los granos sedimentarios utilizando una escala que especifica varias categorías según su tamaño, se emplea el término «granulometría».
- e. **Índice plástico.** – Indicador del nivel de humedad al que las arcillas pueden conservar su flexibilidad, el índice de plasticidad describe el comportamiento plástico de los suelos.
- f. **Límites de consistencia.** – Existen tres «límites de Atterberg» que definen la conexión entre la humedad de un suelo de grano fino y sus distintos estados de consistencia. Estos tres límites -líquido, plástico y de contracción- son los que nos ocupan.
- g. **Proctor modificado.** – Con este método se puede determinar la densidad seca y la humedad de compactación de los materiales para explanación y capas de pavimentación. Además, puede utilizarse como referencia para tareas de control de calidad de la compactación in situ.
- h. **Polímero.** – Refuerzo, aislamiento, espesamiento, licuefacción y un sinnúmero de usos más son posibles con los polímeros. La lista de posibles aplicaciones de los polímeros parece no tener límites, y el sector de la construcción no es una excepción. Las composiciones químicas que tienen estructuras moleculares en cadena o ramificadas se conocen como polímeros.
- i. **Subrasante.** – La palabra «subrasante» se utiliza para designar la capa de suelo natural que se encuentra debajo de la carretera. Sus características específicas determinan los tipos de materiales que la componen.
- j. **Suelos arcillosos.** - El componente dominante de los suelos arcillosos, a diferencia de otros tipos de suelos, es la propia arcilla, con menores cantidades de limo y arena. Pueden encharcarse fácilmente debido a la cantidad de agua que pueden retener.
- k. **Suelos blandos.** – Las tierras de este tipo se consideran blandas por su baja resistencia y alto grado de flexibilidad. La mayor parte de su composición es limo o



arcilla extremadamente blanda, lo que hace que tengan un alto contenido de humedad y una mala capacidad portante.

- I. **Suelo natural.** – Las partículas orgánicas que componen el suelo natural son colapsables debido a su composición mineral. Estas partículas pueden descomponerse mecánicamente con un aporte mínimo de energía o simplemente agitando el agua.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se llevó a cabo de forma sistemática y estructurada, de acuerdo con los métodos y procedimientos descritos en el protocolo del estudio. Para responder a la pregunta de investigación, esta estrategia implica recopilar datos utilizando diversas fuentes, analizarlos y extraer conclusiones. Para garantizar que se alcanzan los objetivos y metas de la investigación con resultados fiables y precisos, este capítulo pretende establecer la hoja de ruta del estudio.

3.1. Tipo de la Investigación

Según Yuni (2021), El objetivo principal de la investigación aplicada, a diferencia de las técnicas más teóricas, es aplicar los conocimientos adquiridos en clase a situaciones del mundo real. No obstante, reconoce el potencial de sus investigaciones y hallazgos para dar lugar a nuevos bienes y avances científicos.

El presente estudio, cuenta con un tipo aplicado, Utilizando la información obtenida en la investigación precedente, se ponen en práctica los métodos prácticos de muestreo, realización de pruebas de laboratorio y análisis de los resultados.



3.1.1. Enfoque de la Investigación

Según Guevara (2020), Toda la gama de actividades de investigación, que incluyen, entre otras, las siguientes: identificación de un problema o cuestión; desarrollo de una técnica; recogida, análisis e interpretación de datos, forman parte del enfoque del estudio, que también se conoce como las características del estudio.

Es de un enfoque cuantitativo, debido a la naturaleza secuencial de los cálculos realizados sobre datos numéricos de principio a fin.

3.1.2. Nivel de la Investigación

Menciona Guevara (2020), Al realizar un estudio, es importante comprender el nivel de estudio que se ajusta al tema de estudio y los materiales usados. El fin del estudio es formular o refutar hipótesis, y luego comparar los resultados.

Para el estudio ejecutado, el nivel es explicativo, porque la adición de polímero acrílico al suelo es una variable controlada deliberadamente (variable independiente) Su objetivo es mejorar las características físicas y mecánicas.

3.1.3. Diseño de la Investigación

Según Sanchez (2019), suele considerarse una fase constante donde se monitorean cuidadosamente los procesos y tácticas empleados en el proceso de desarrollo de la investigación para obtener los resultados deseados.

El estudio es de diseño cuasi experimental, porque se cambiaron a criterio propio diferentes cantidades de polímero acrílico (5%, 8% y 12% en peso) para que sirvieran de variable independiente, se suministran como combinaciones de materiales para mezclar con el suelo de la subrasante.

3.1.4. Método de la Investigación

Según Balcells (2020), incluyen un conjunto estructurado de procesos racionales utilizados para evaluar equipos de investigación, probar hipótesis y responder a preguntas científicas.

El método de investigación es científico, puesto que con la experimentación y dada la información obtenida se genera y aporta nuevos conocimientos al campo de la ingeniería de mejoramiento y estabilización de suelos.

3.2. Técnicas e Instrumentos

3.2.1. Técnicas

Según (Carrasco, 2019), Los datos pueden recogerse de diversas formas, como la observación directa, las escalas, las encuestas, los cuestionarios y las entrevistas.

Para llevar a cabo este estudio, el observador empleó las siguientes técnicas y/o procesos de recogida de valores:

- **Técnica de Observación:** Se utilizó una técnica de observación para evaluar las propiedades del suelo de la subrasante objeto de estudio. Este enfoque implicaba la medición y cuantificación de varios datos.
- **Técnica de procesamiento y análisis de información:** El tratamiento de los valores de las investigaciones de campo y de laboratorio se llevaron a cabo mediante metodologías de síntesis.
- **Análisis e interpretación de resultados:** Este proceso indica que la metodología seguida para evaluar la información recolectada y dar sentido a los datos obtenidos.

3.2.2. Instrumentos

Sánchez et al. (2021), asegura que, para que una investigación científica obtenga información que tenga sentido, es imperativo el uso de instrumentos. Los procesos



experimentales relacionados con la investigación pueden registrarse y explicarse con ayuda de estos equipos, que permiten recopilar datos mediante diversos enfoques.

Durante esta fase de la investigación, se exploraron las siguientes herramientas para la recogida de datos:

- Hojas para el control del muestreo
- Documentos para el análisis
- Documentación acreditativa del control de calidad

3.3. Población y Muestra

3.3.1. Población

Según Pino (2019), Una definición popular de la población en su conjunto es la colección total de constituyentes del estudio. También cabe mencionar el hecho de que cada componente de la muestra se considera una entidad independiente. En la mayoría de los contextos, esta palabra no denota individuos concretos, sino que puede incluir grupos, organizaciones o incluso periodos de tiempo. en la subsección 449.

Las vías de Juliaca a la altura de la Avenida Americana han sido utilizadas como población en la investigación.

3.3.2. Muestra

Según Pino (2019), representa una parte de las poblaciones estudiadas mediante la muestra, que incluya características y atributos representativos de la población más amplia.

La muestra que se opto para el estudio, esta constituido por la avenida Américas, donde se tomo 2 km de analisis, en donde se hicieron 4 calicatas para la extraccion de muestras representativas, mismas que se llevaron a laboratorio para su experimentacion.

Tabla 6*Cantidad de muestras*

Pruebas	IP	Grado Compactación	CBR
SN	4	4	4
S.N. + 5% PA	3	3	3
S.N. + 8% PA	3	3	3
S.N. + 12% PA	3	3	3

Nota. El número de muestras que aparece en la tabla corresponde al número de calicatas de sondeo que se desarrollaron en el estudio.

Además, se utilizó el OCH medio del ensayo proctor modificado para determinar los porcentajes de inclusión de polímero acrílico.

Tabla 7*Peso de suelo húmedo y contenido de humedad*

Descrip.	P. S. Húmedo (gr)	OCH (%)	Cont. Agua (ml)
SN	3957	7.98%	315.74

Se determinó un nivel de humedad ideal del 8,04% para un peso de muestra de 3.962 gramos, lo que equivale a 318,54 mililitros de agua.

Tabla 8*Polímero acrílico en mililitros para cada % de inclusión*

Grupo de control	P. Suelos Húmedos (gr)	Cont. Agua (ml)	Polímero Acrílico (ml)
SN	3957	315.74	-
SN + 5% PA	-	299.95	15.79
SN + 8% PA	-	290.48	25.26
SN + 12% PA	-	277.85	37.89

Las cantidades de polímero acrílico para 5%, 8% y 12% son 15.79 ml, 25.26 ml y 37.89 ml, respectivamente, como se registra en la tabla. Estas cantidades se determinaron utilizando el OCH y el peso húmedo del suelo de las muestras naturales de la subrasante.

3.4. Validación y Confiabilidad de los Instrumentos

3.4.1. Validación de los Instrumentos

Cuando los equipos de medición registran con precisión los datos relativos a las variables estudiadas, decimos que los instrumentos son válidos.

Los certificados de calibración de instrumentos interconectados son vitales, cuando se trata de equipos de laboratorio, para que sepa que los resultados son precisos y fiables.

3.4.2. Confiabilidad de los Instrumentos

Para verificar que los equipos están calibrados conforme a las normas exigidas, los laboratorios universitarios realizan mediciones y proporcionan su sello de aprobación.

La conformidad con las especificaciones del equipo y la certificación de calibración son factores cruciales para determinar la fiabilidad de los instrumentos, los cuales cuentan con el respaldo oficial del laboratorio de la universidad.

3.5. Procedimientos de Recolección de Datos

3.5.1. Selección de Calicatas

De acuerdo con la Tabla 4.1 del MTC (2013), Según la información facilitada por el IMDA, Los exámenes del suelo de cimentación requirieron un número variable de perforaciones en función de los tipos de carreteras examinadas. Además, la colocación y el rendimiento de las zanjas también se veían afectados por ello.

Según el documento, en las carreteras que no tienen mucho tráfico debe excavar una calicata de prueba de 1,50 metros de fondo a cada 500 metros. Basándose en esta

recomendación, el investigador de este estudio seleccionó un tramo de carretera de 2 kilómetros, que contaba con cuatro calicatas de prueba.

Figura 2

Ubicación de calicatas

C - 1		C - 2		C - 3		C - 4
Km 0 + 500		Km 1 + 000		Km 1 + 500		Km 2 + 000

Se denota la ubicación de las calicatas desarrolladas

Tabla 9

Detalles de calicatas

N°	Tramo	Km	Margen
1	0+000 – 0+500	0+500	Der.
2	0+500 – 1+000	1+000	Izq.
3	1+000 – 1+500	1+500	Der.
4	1+500 – 2+000	2+000	Izq.

Tomamos muestras del suelo de la subrasante de la ruta estudiada abriendo pozos de prueba en los lugares especificados y tomando muestras de componentes representativos.

3.5.2. Toma de Muestras de Material

Para garantizar que las muestras conservaran su humedad natural, tuvimos mucho cuidado al seleccionarlas y las colocamos en bolsas selladas.

Equipos y/o herramientas:

- Herramientas para apertura de calicatas
- Bolsas
- Equipo de traslado de materiales

3.5.3. Ensayos de Laboratorio

En seguida se detallan los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas con los componentes extraídos y sus mezclas con polímero acrílico:

- a. **Contenido de humedad.** El objetivo del ensayo es calibrar el contenido de humedad del árido que se ha retirado o ensayado, de acuerdo con las directrices establecidas por ASTM D-2216.

Proceso:

- Las personas elegidas para realizar la prueba deben representar fielmente al conjunto de la población.
- La temperatura recomendada del horno para secar la muestra es de 110 ± 5 °C.
- Se espera a que la temperatura del material descienda a la normal después de sacarlo del horno una vez seco.

Cálculo:

Aplicando la siguiente fórmula podemos determinar el contenido de humedad de la muestra:

$$W(\%) = \frac{W_W}{W_S} \times 100$$

- b. **Ensayo de límites de consistencia.** A partir de los factores líquido y plásticos determinados de conformidad con las normas ASTM D4318, este ensayo tiene por objeto definir la proporción de partículas plásticas en un material. A continuación, el material se filtra con un tamiz de malla 40.

Procedimientos de LP:

- Tras moldearla suavemente en forma elipsoidal, la muestra se enrolla posteriormente en forma cilíndrica.

- Tras comprobar que el cilindro no se rompe a partir de un diámetro de 3,2 mm, se continúa el proceso hasta alcanzar los diámetros especificados en los que se detecta el colapso.
- 6 gramos de muestra es el mínimo necesario para este proceso.
- A continuación, se vuelve a analizar el porcentaje de humedad.

Figura 3

Prueba de limites



- Una vez seco el material, se mide en peso.

Cálculo:

$$LP = \frac{W_W}{W_S} \times 100$$

Procedimientos LL:

- Se añade al espécimen una cantidad exacta de líquido destilado que oscila entre 0,015 y 0,020 litros después de colocarlo delicadamente en una bandeja de losa.
- La adición de humedad se realiza gradualmente y bajo supervisión.
- Con cuidado, se añade una pequeña cantidad de la mezcla al fondo de la olla una vez que todo esté bien mezclado.

- Una vez mezclados los ingredientes, se aprieta la mezcla y se alisa con una espátula.
- Se realiza una operación para nivelar la mezcla cuando su punto más grueso alcanza 1 cm.
- Una vez que la combinación está en la copa de bronce, se reparte uniformemente por todo el diámetro del espécimen pasando con cuidado la máquina ranuradora por su superficie.

Figura 4

Prueba de Limite Líquido



A continuación, el contenedor se eleva y se atasca girando la palanca, lo que provoca una velocidad de caída de dos por segundo, logrando 2 porciones de la combinación de tierra entren en contacto dentro del hueco ubicado en la base.

- El objetivo es llevar la cuenta de cuántos impactos son necesarios para sellar la ranura, que tiene aproximadamente 13 mm de ancho.
- Para determinar el lugar exacto del encuentro, se recogió una muestra de suelo. Pesamos la muestra de tierra tras colocarla cuidadosamente en una bolsa, y después la secamos en el horno.

Figura 5*Pesaje de muestras*

- Por último, se utiliza la tara para medir las muestras secadas, a continuación, se registran los datos y se determina el CH.

Cálculo:

$$LL = \frac{W_W}{W_S} \times 100$$

Proceso del IP

$$IP = LL - LP$$

- Ensayo de análisis granulométrico.** Esta prueba está diseñada para evaluar la granulometría de los suelos, que se describe por los porcentajes de partículas que pasan a través de cada tamiz, de acuerdo con las normas ASTM D-422.

Procedimiento:

- La etapa inicial del análisis granulométrico consiste en clasificar la sustancia que debe tamizarse. Los suelos con una granulometría más gruesa tienen más peso que los que tienen una granulometría más fina.

- Como parte del experimento, debes determinar la masa de la muestra antes de colocarla en los tamices.
- En el procedimiento de tamizado manual, la malla se desplaza constantemente moviendo metódicamente los tamices a lo largo de sus circunferencias y de un lado a otro.

Figura 6

Prueba granulométrica



- Seguidamente, el peso se utiliza para medir la cantidad de sustancia que queda en cada filtro.

Cálculo:

En el tamizado, los % se utilizan para hallar las proporciones de muestra que se mantienen en cada tamiz, así como las cantidades recogidas y pasadas. Para estos números, las matemáticas básicas exigen una secuencia de operaciones.

- d. Prueba de Proctor modificado.** Este ensayo se realiza para definir la densidad seca máxima admisible con un OCH de acuerdo con la norma ASTM D-1557.



Procedimiento:

- El método de selección incluye la muestra de la población y pese entre 2,5 kg y 3 kg. La muestra debe secarse para su análisis.
 - Durante el proceso de tamizado, se eliminan de la muestra las partículas mayores que el tamaño del tamiz n.º 4.
 - La muestra se humedece ligeramente después de combinar el producto químico con agua. El contenido de agua de las distintas muestras aumenta con el tiempo.
 - La muestra consta de cinco piezas esencialmente idénticas.
 - La pérdida de suelo durante la compactación puede minimizarse utilizando moldes y añadiendo collares o extensiones adicionales.
 - Las capas de la muestra se comprimen inicialmente aplicando 56 golpes a una altura de caída de 0,45 metros.
 - Tras combinar el molde con la tierra húmeda, se determina el peso del molde y se registran los resultados.
 - A continuación, se toman dos muestras idénticas de 100 gramos de la parte superior e inferior del molde. Para pesar estas muestras, se utiliza un recipiente especializado.
 - Después de secar la muestra en un horno, se registran cuidadosamente todos los datos pertinentes.
- e. **CBR.** Este ensayo tiene por objeto definir la capacidad portante relativa del suelo al 95% y al 100% MDS, de conformidad con las directrices establecidas por ASTM D-1883.

Procedimiento:

- Para iniciar el procedimiento de elección, se elige un espécimen seco de tamaño medio y de unos 5,5 kg de peso.



- Se realiza un proceso de separación granulométrica sobre la muestra utilizando tamices de $\frac{3}{4}$ ", $\frac{3}{8}$ " y N° 4. Posteriormente, se reemplaza el material retenido en el tamiz de $\frac{3}{4}$ " con una cantidad equivalente de material pasado por el tamiz N° 4.
- Se recopila la información correspondiente al ensayo Proctor, que contempla parámetros como la (MDS) y el (OCH).
- Se determina el peso conjunto del molde y su base como parte del control de masa inicial.
- La compactación de las probetas se realiza dentro del molde aplicando una cantidad específica de golpes por capa —12, 25 y 56— mientras se ajusta el contenido de agua para alcanzar la humedad deseada.
- Una vez finalizado el procedimiento de compactación, se remueve el collarín y se nivela la superficie del material, eliminando cualquier irregularidad como vacíos o huecos.
- Se procede a desacoplar el molde de la base y se extrae el disco separador. Luego, el molde se invierte y se vuelve a montar sobre la placa para efectuar una nueva medición de peso.
- Finalmente, se posiciona la placa perforada con el vástago sobre la muestra, junto con el anillo de carga adicional, el cual simula el peso ejercido por las capas superiores, debiendo tener un mínimo de 10 libras.
- El molde que resguarda la muestra se introduce cuidadosamente en un recipiente lleno de agua, asegurando que quede completamente rodeado por el líquido en todos sus lados. Este proceso de inmersión tiene una duración estimada de 96 horas, equivalentes a cuatro días, permitiendo así una saturación completa del material.
- Una vez transcurrido el periodo de saturación, se procede a registrar los valores correspondientes al hinchamiento, observando la variación en la altura de la muestra para determinar el grado de expansión.
- Una vez que el molde alcanza la saturación, se saca del tanque y se deja escurrir el agua durante 15 minutos.

Figura 7

Prueba CBR al material de subrasante



- Procure esperar un tiempo mínimo después de pesar la muestra antes de introducirla en el aparato de penetración para evitar retrasos innecesarios al punccionar las muestras.
- El pistón se prepara para la penetración una vez que la muestra ha sido recubierta.
- Utilice un temporizador para llevar la cuenta del tiempo empleado en cargar el pistón de penetración a velocidades reguladas de 0,05 pulgadas por minuto.
- En particular, para las penetraciones de 0,1« y 0,2», anote los niveles de carga.
- Tras la etapa anterior, en las proximidades del lugar de penetración, se extraen los moldes del equipo CBR y se extrae la probeta del material.
- Por último, se calcula el contenido de humedad de la probeta y se documenta su peso.



3.6. Procesamiento y Análisis de la Información

Los datos se presentarán en tablas y se examinarán utilizando herramientas gráficas y matemáticas para adquirir una mejor comprensión. Estos procedimientos se llevan a cabo para obtener resultados a través de exámenes, en los que se emplearán enfoques fiables que ayuden a interpretar las conclusiones.

3.7. Matriz de Consistencia

La matriz de consistencia del estudio se describe íntegramente en los anexos.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo encontrará un análisis y una discusión de los resultados de las pruebas de laboratorio, que se estructura progresivamente en función de los datos necesarios. Se inicia una investigación exhaustiva de los suelos de la subrasante de la autopista mediante el estudio de sus características mecánicas y físicas. A continuación, se pasa a los resultados de los suelos con diferentes porcentajes de polímero acrílico, que oscilan entre el 5% y el 12%. Concluimos esbozando la combinación óptima de dosis suelo-polímero acrílico que produce las propiedades mecánicas y físicas más deseables. El examen de estos resultados es el principal objetivo de esta investigación.

4.1. Propiedades Físicas y Mecánicas de la Subrasante

4.1.1. *Humedad Presente*

En la tabla siguiente, podemos ver los resultados medios, y en la sección inferior, el porcentaje de humedad en los materiales investigados:

Tabla 10*Humedad de calicata*

Humedad (%)	
Calic.	Humedad (%)
C1	22.26
C2	22.81
C3	22.26
C4	23.83
Promedio	22.79

Se denota la humedad de las muestras de los cuatro especímenes, con un valor medio del 22,79%.

4.1.2. Análisis Granulométricos

Se presenta el tamizado de las muestras

Tabla 11*Tamizado de muestras*

Tamiz	Tamiz – Suelo de Subrasante			
	% pasante			
	C1	C2	C3	C4
1/2"	-	-	-	-
3/8"	96.05	95.95	96.42	96
N° 4	92.05	92.13	92.49	92.42
N° 10	88.48	88.64	88.63	89.37
N° 20	84.65	84.03	84.72	85.43
N° 40	80.75	80.09	80.78	81.99
N° 100	72.93	72.38	72.89	75.69
N° 200	68.83	68.15	68.91	73.71

La tabla denota el tamizado de los materiales producidos tamizado, iniciando por el tamiz de 3/8» y avanzando hasta el tamiz n.º 200.

Figura 8

Gradación – 01

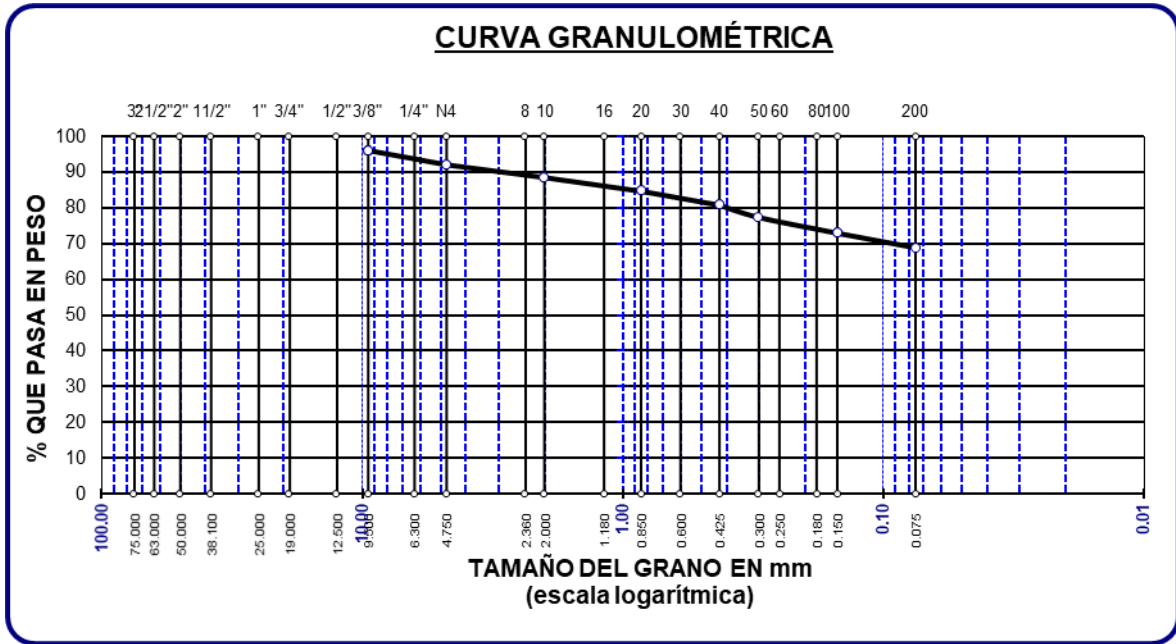


Figura 9

Gradación – 02

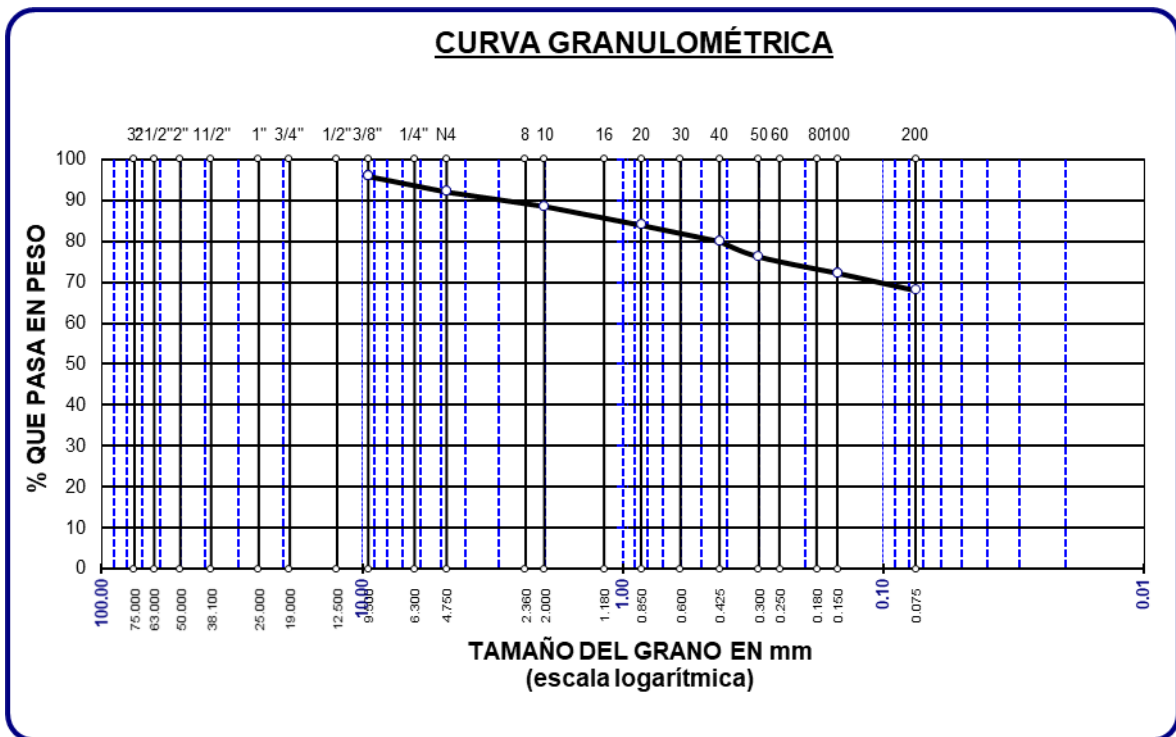


Figura 10

Gradación – 03

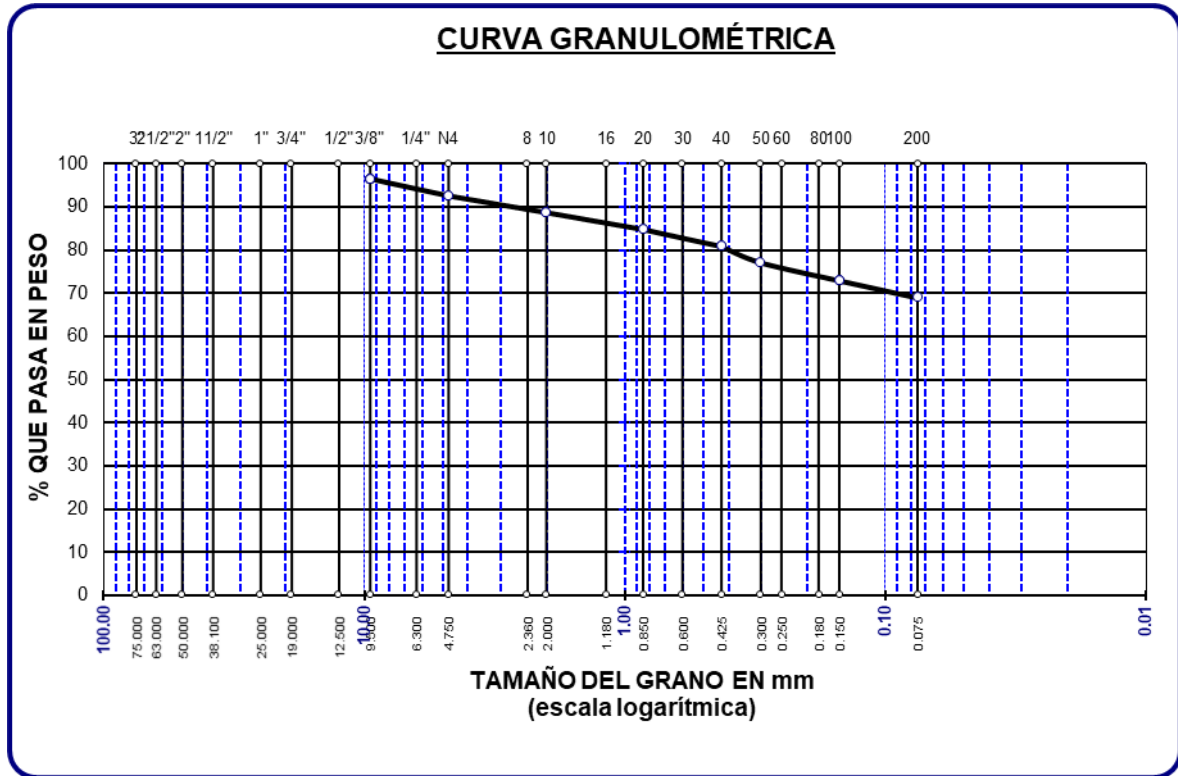
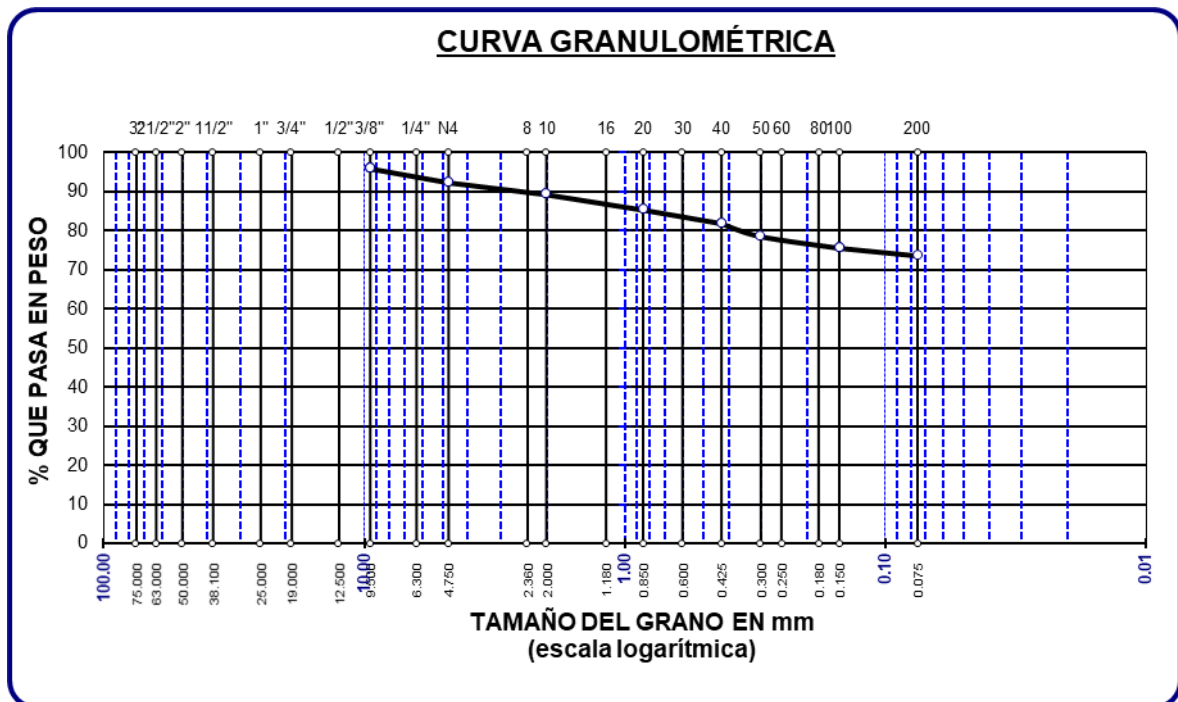


Figura 11

Gradación – 04



4.1.3. Índice de Plasticidad.

Se denota el resumen de las medias derivadas de los experimentos; esta referencia es el resultado de la diferencia entre los LL y LP.

Tabla 12

Índice plástico

selección de grupo	Límites– Suelo de Subras.		
	LL. (%)	LP. (%)	IP. (%)
C-1	31.36	13.40	17.96
C-2	40.86	22.50	18.36
C-3	42.11	24.40	17.71
C-4	36.46	18.64	17.83
Promedio	-	-	17.97

Las pruebas determinaron un índice de plasticidad extremadamente alto -una media del 17,97%- , que se muestra en la tabla.

4.1.4. Grado de Compactación

Cuando la muestra se mantiene a un nivel de humedad regulado e ideal, su densidad seca máxima indica el GC.

Tabla 13

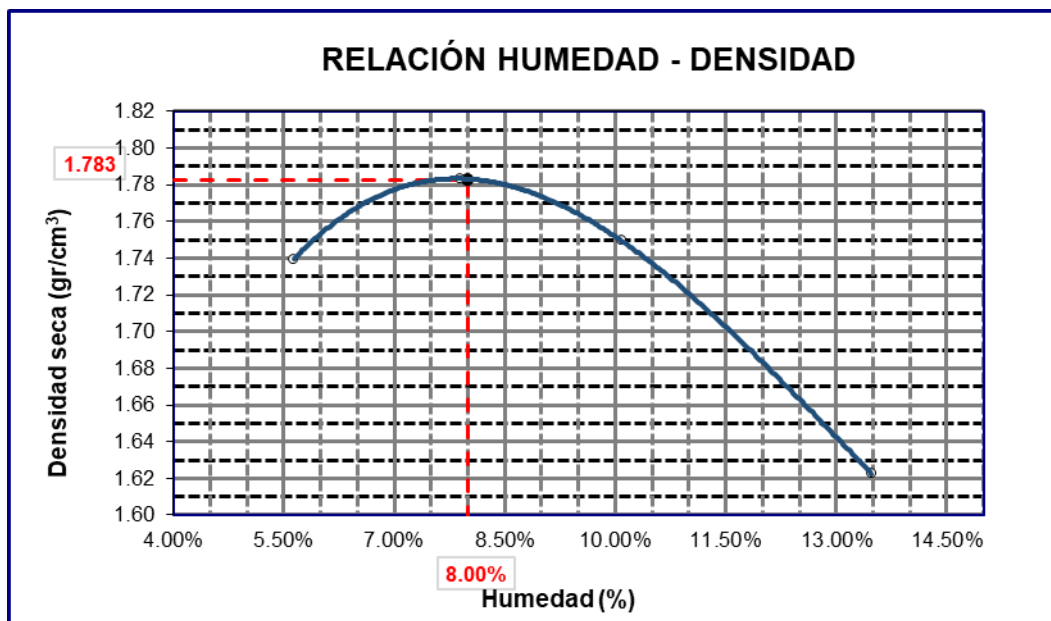
Grado de compactación

Presentación de grupo	Compactación – Subrasan.	
	MDS	OCH (%)
C-1	1.783	8.00
C-2	1.780	8.01
C-3	1.780	8.02
C-4	1.777	7.91
	1.780	7.98

Se muestran las lecturas medias de MDS y OCH de las muestras, con una media de 1,780 g/cc y 7,98% de OCH, respectivamente.

Figura 12

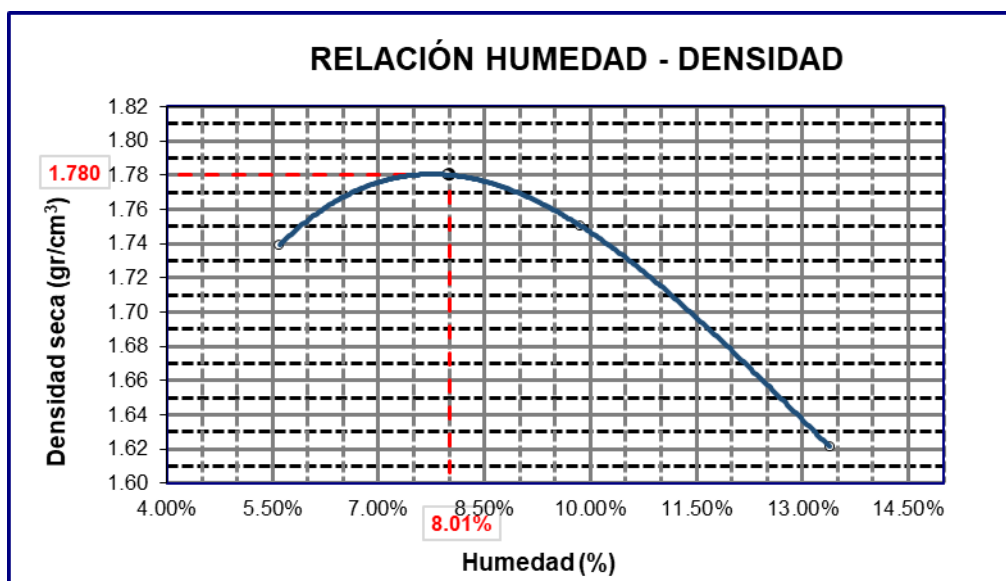
Máximas compactaciones – 1



La relación humedad-densidad-saturación (MDS) del pozo de prueba 1 se representa en la figura; la OCH es de 8,00% y la MDS es de 1,783 g/cc.

Figura 13

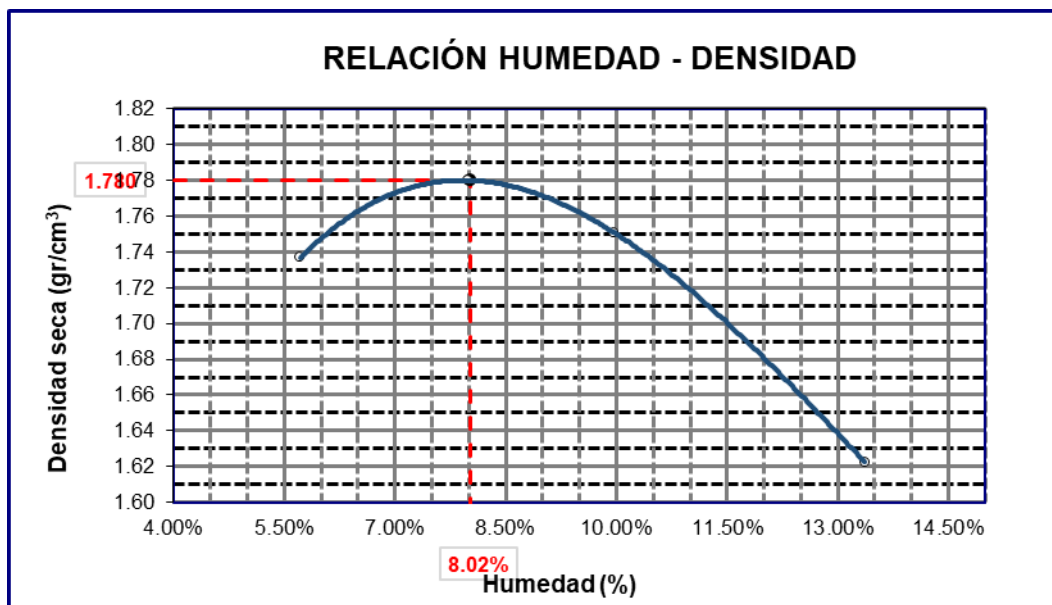
Máximas compactaciones – 2



Esta es la relación humedad-densidad para la C-2, donde la MDS es de 1.780 g/cc y la OCH es de 8,01%, como se muestra en la imagen.

Figura 14

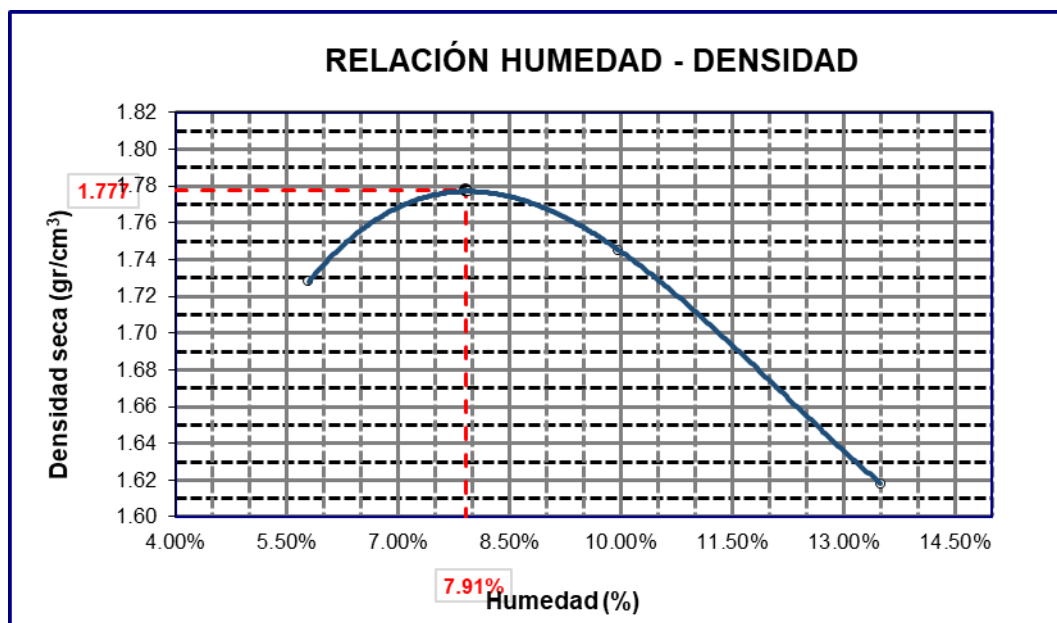
Máximas compactaciones – 3



Con un MDS de 1.780 gr/cc y un OCH de 8,02%, la figura representa la relación humedad-densidad de la calicata 3.

Figura 15

Máximas compactaciones – 4



Mientras que el MDS es de 1,777 g/cc y el OCH es de 7,91%, la figura ilustra la conexión entre la densidad y la humedad para la C-4.

4.1.5. Capacidad de Soporte CBR

Basándose en el 95% del MDS

Tabla 14

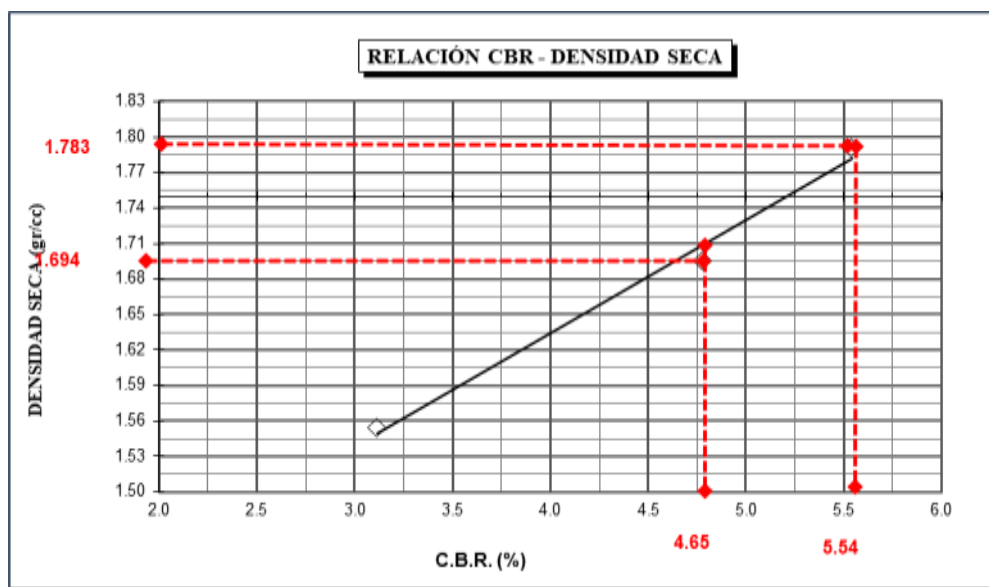
CBR de muestra

CBR – Muestra de Subras.		
Calic.	CBR al 100%	CBR al 95%
C-1	5.54	4.65
C-2	5.55	4.79
C-3	5.68	4.74
C-4	5.31	4.58
	5.52	4.62

Las capacidades medias de carga CBR de los especímenes se visualizan en el cuadro; al 100% MDS, es de 5,52% y al 95 MDS, es de 4,62%.

Figura 16

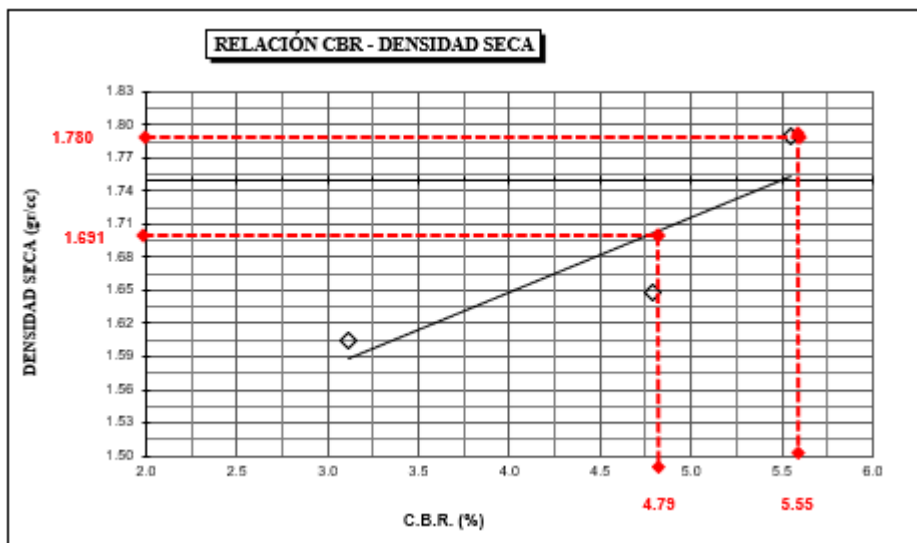
CBR – 1



En la figura se muestran las densidades y los valores de CBR de la primera muestra de la fosa de ensayo. Al 95% del MDS, el CBR es del 5,54% y al 100%, del 4,66%.

Figura 17

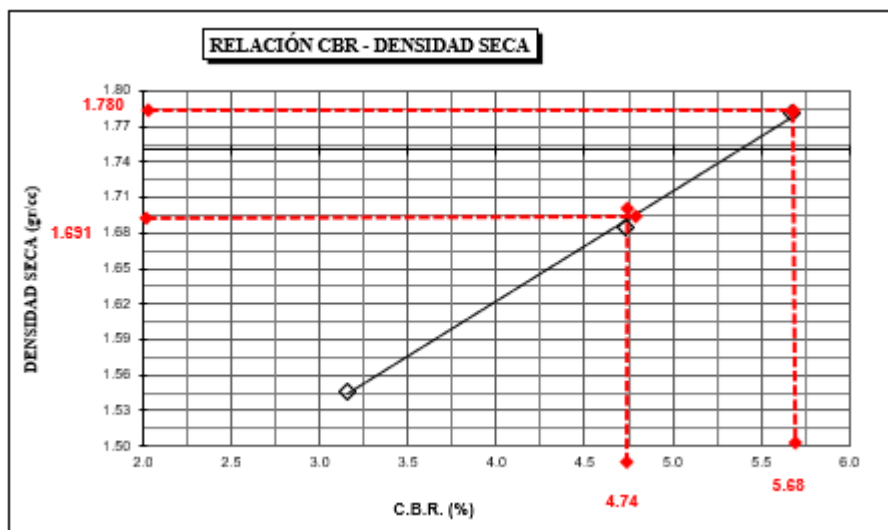
CBR – 2



He aquí las densidades y los valores de CBR de la muestra del pozo de ensayo 2: 4,79% al 95% y 5,55% al 100% del MDS, como se indica en la imagen.

Figura 18

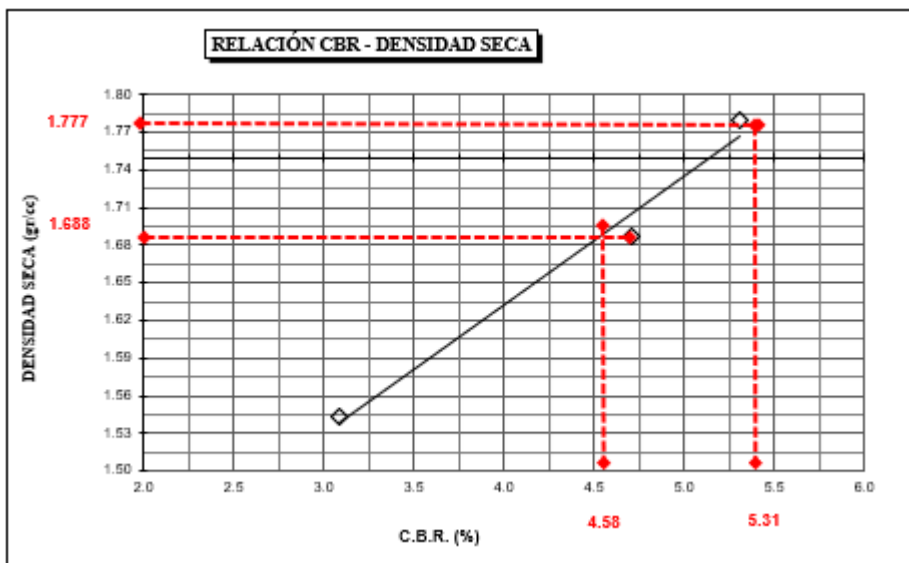
CBR – 3



Las densidades de la muestra y el CBR al 95% y 100% del MDS se denota en la gráfica para el pozo de prueba 3, con 4,74% y 5,68% de CBR, respectivamente.

Figura 19

CBR – 4



La figura muestra la muestra del pozo de prueba 4, junto con las densidades correspondientes, y su CBR es del 4,58% al 95% y del 5,31% al 100% del MDS.

4.2. Efecto del Polímero Acrílico en el Índice de Plasticidad

4.2.1. IP de SN + 5% de polímero acrílico

Tabla 15

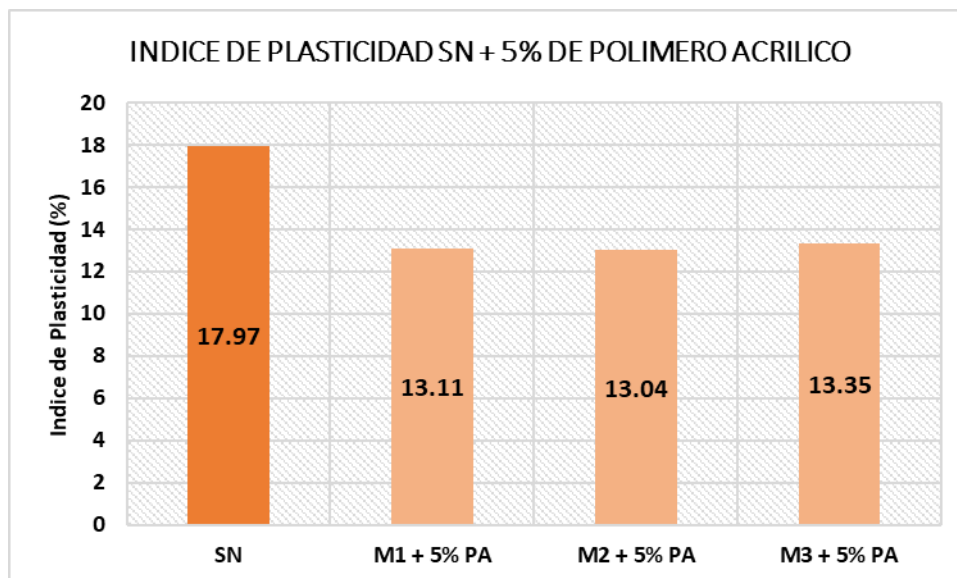
IP con 5% de polímero acrílico

Combinación	IP – SN + 5% Polímero Acrílico		
	IP (%)	Media (%)	Variación (%)
SN	17.97	-	-
M1 + 5% PA	13.11		
M2 + 5% PA	13.04	13.17	-27%
M3 + 5% PA	13.35		

Véase en la tabla el índice plástico (PI) de la muestra de polímero acrílico +5%; es del 13,17% de media, lo que supone un 27% menos que el índice plástico global.

Figura 20

IP con 5% de polímero acrílico



De la figura se desprende que el (IP), subrasante disminuye en un 27% con un 5% de polímero acrílico.

4.2.2. IP de SN + 8% de polímero acrílico

Tabla 16

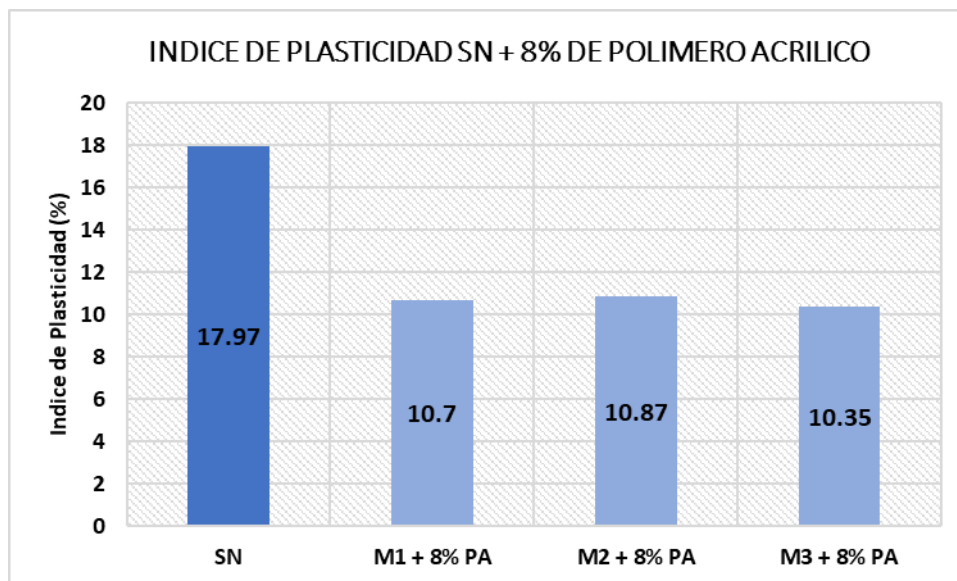
IP con 8% de polímero acrílico

IP – SN + 8% Polímero Acrílico			
Pruebas	IP (%)	Media (%)	Variación (%)
SN	17.97	-	-
M1 + 8% PA	10.7		
M2 + 8% PA	10.87	10.64	-41%
M3 + 8% PA	10.35		

Se denota una disminución del IP del 41% y un IP medio del 10,64% para la muestra de polímero acrílico +8%.

Figura 21

IP con 8% de polímero acrílico



Se puede observar una reducción del 41% en el índice plástico cuando se añade un 8% de polímero acrílico al suelo natural de la subrasante, como se muestra en la figura.

4.2.3. IP de SN + 12% de polímero acrílico

Tabla 17

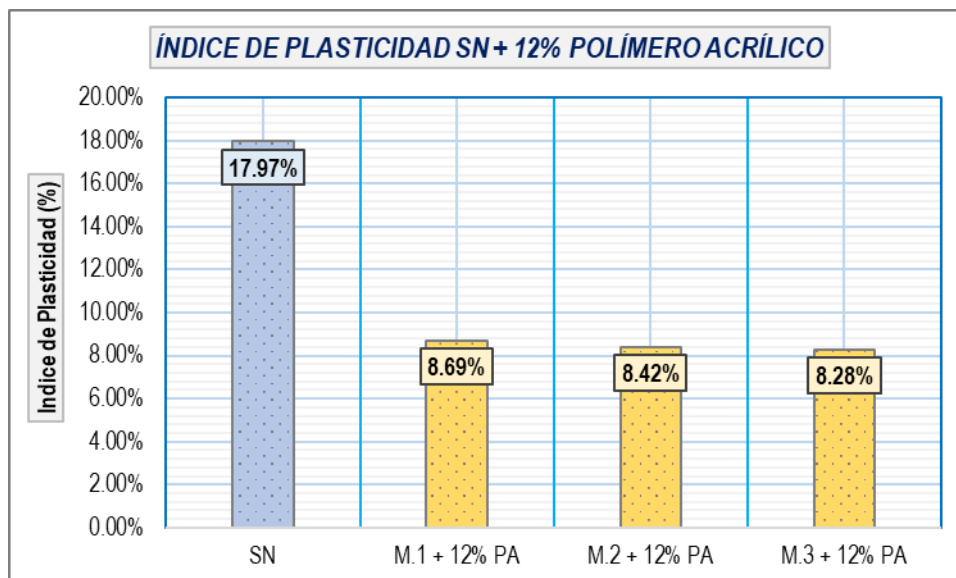
IP con 12% de polímero acrílico

IP – SN + 12% Polímero Acrílico			
Pruebas	IP (%)	Media (%)	Variación (%)
SN	17.97	-	-
M.1 + 12% PA	8.69		
M.2 + 12% PA	8.42	8.46	-53%
M.3 + 12% PA	8.28		

La muestra de polímero acrílico con un aumento porcentual del 12% se muestra en la tabla con un índice plástico (IP) medio del 8,46%, lo que supone una disminución del 53%.

Figura 22

IP con 12% de polímero acrílico



Se puede ver una caída del 53% en el índice plástico después de añadir un 12% de polímero acrílico al suelo de la subrasante natural en la imagen, que muestra el IP antes y después de la adición.

4.2.4. Resultados adquiridos del IP

A continuación, encontrará las conclusiones del índice de plásticos en relación con la aplicación del polímero acrílico:

Tabla 18

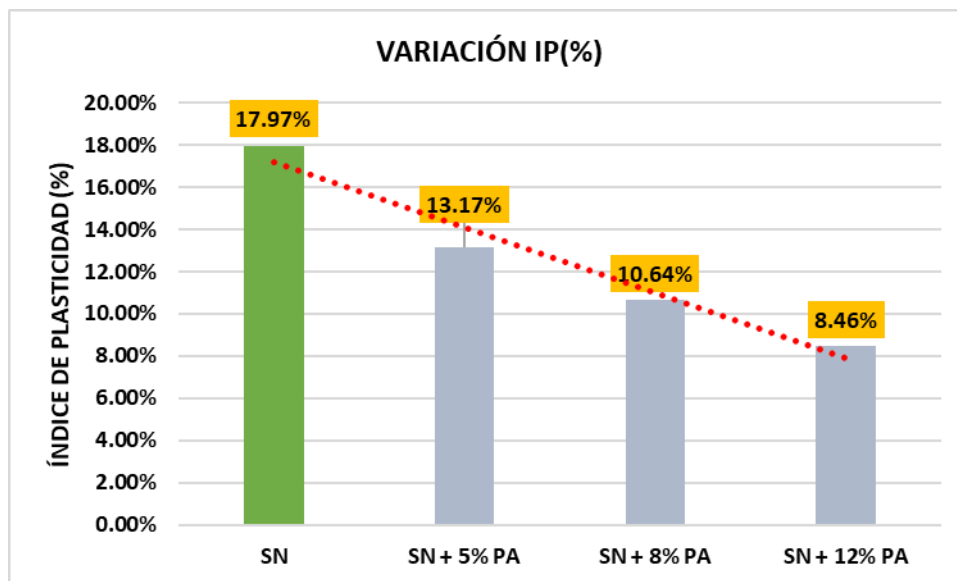
IP según el % de inclusión de polímero acrílico

Prueba	Variación IP	
	IP (%)	Variación (%)
SN	17.97%	-
SN + 5% PA	13.17%	-27
SN + 8% PA	10.64%	-41
SN + 12% PA	8.46%	-53

Los resultados del índice de plasticidad se muestran en la tabla. El IP medio del suelo natural es del 17,97%, y disminuye cuando se añade polímero acrílico.

Figura 23

Variación del Índice Plástico



Se puede observar que la plasticidad baja a 8,46% cuando se mezcla SN con 12% de polímero acrílico, como se muestra en la figura que muestra las fluctuaciones del IP de suelos nativos y combinaciones con polímero acrílico.

4.3. Efecto del Polímero Acrílico en la de Compactación

4.3.1. Grado de compactación de SN + 5% de polímero acrílico

Tabla 19

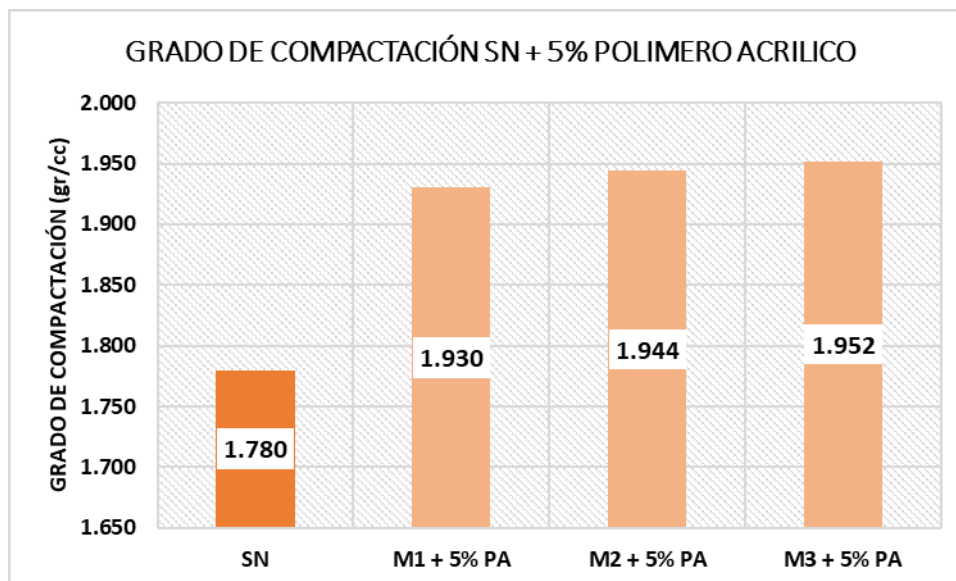
Grado de compactación con 5% de polímero acrílico

GC – SN + 5% Polímero Acrílico			
Combinación	MDS	Media (gr/cc)	Variación (%)
SN	1.780	-	-
M1 + 5% PA	1.930		
M2 + 5% PA	1.944	1.942	9%
M3 + 5% PA	1.952		

En la tabla, podemos ver que el GC de la muestra fue de +5% de polímero acrílico, lo que dio como resultado una densidad media de 1,942 g/cc y una mejora del 9%.

Figura 24

Grados de compactación con 5% de polímero acrílico



La aplicación de un 5% de polímero acrílico aumenta el grado de compactación en un 9%, como se muestra.

4.3.2. Grado de compactación de SN + 8% de polímero acrílico

Tabla 20

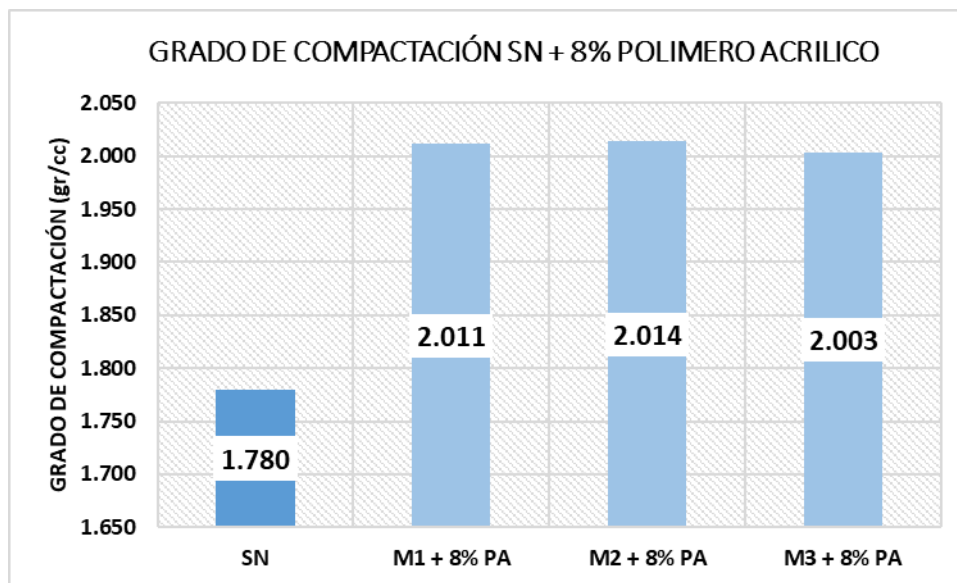
Compactación con 8% de polímero acrílico

GC – SN + 8% Polímero Acrílico			
Prueba	MDS	Media (gr/cc)	Variación (%)
SN	1.780	-	-
M.1 + 8% PA	2.011		
M.2 + 8% PA	2.014	2.009	13%
M.3 + 8% PA	2.003		

Se denota suelo con 8% de polímero acrílico, con un grado de compactación que aumentó un 13% y una densidad media de 2,009 g/cc.

Figura 25

Grado de compactación con 8% de polímero acrílico



Después de añadir polímero acrílico al subsuelo natural, la imagen muestra el GC. El grado de compactación aumenta un 13% cuando se utiliza un 8% de polímero acrílico.

4.3.3. Grado de compactación de SN + 12% de polímero acrílico

Tabla 21

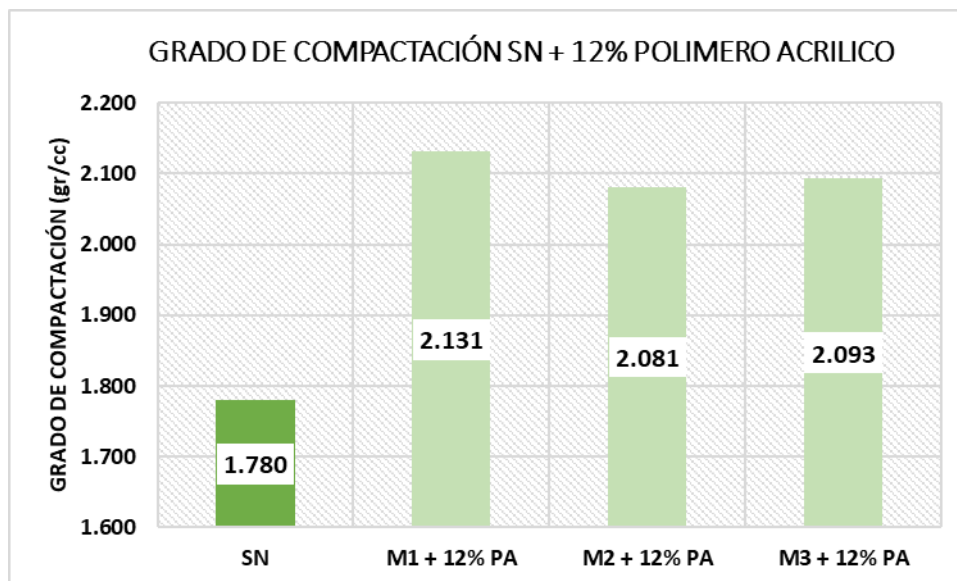
Compactación con 12% de polímero acrílico

GC – SN + 12% Polímero Acrílico			
Prueba	MDS	Media (gr/cc)	Variación (%)
SN	1.780	-	-
M.1 + 12% PA	2.131		
M.2 + 12% PA	2.081	2.102	18%
M.3 + 12% PA	2.093		

Los resultados muestran que el GC de la muestra era de +12% de polímero acrílico, con un grado de compactación que aumentaba un 18% y una media de 2,102gr/cc (como se muestra en la tabla).

Figura 26

Grado de compactación con 12% de polímero acrílico



El gráfico ilustra el impacto con polímero acrílico en la compactación de subrasante. Cabe señalar que un 12% de polímero supone un incremento del 18%.

4.3.4. Resultados Adquiridos de la MDS

Tabla 22

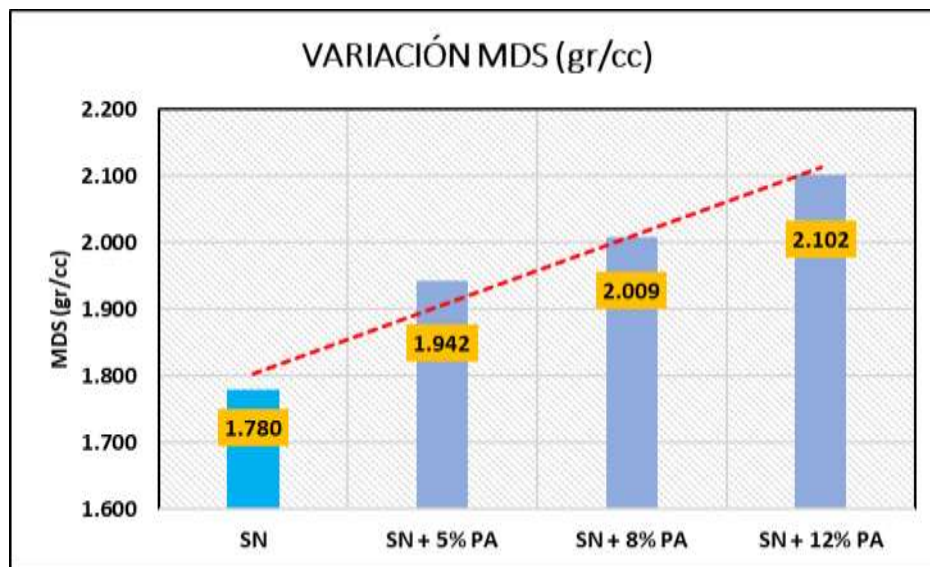
Grado de compactación según el % con Polímero Acrílico

Prueba	Variación MDS		
	OCH (%)	MDS (gr/cc)	Variac. (%)
SN	7.98	1.780	-
S.N + 5% PA	7.51	1.942	9%
S.N + 8% PA	8.24	2.009	13%
S.N + 12% PA	9.13	2.102	18%

Con la adición de polímero acrílico, las densidades máximas en seco (MDS) aumentan, como se muestra en la tabla, que resume estos resultados.

Figura 27

Grado de Compactación



La imagen muestra la media y la desviación estándar del MDS para una variedad de tipos de suelo y mezclas de polímeros acrílicos. Se denota la combinación de SN y 12% de polímero acrílico da como resultado un aumento del 18% en el MDS.

4.4. Efecto del Polímero Acrílico en el CBR

4.4.1. CBR de SN + 5% de polímero acrílico

Tabla 23

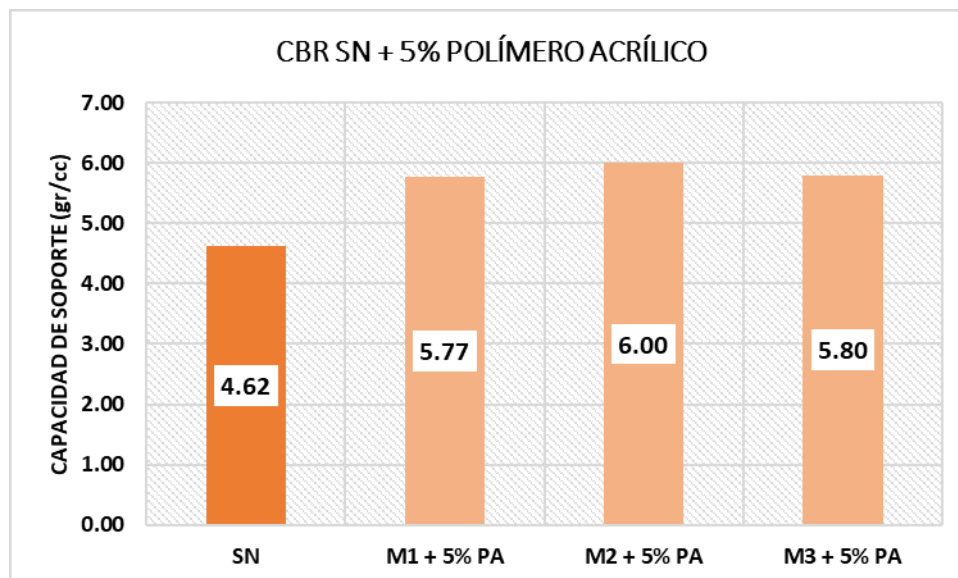
CBR con 5% de polímero acrílico

CBR al 95% MDS – SN + 5% Polímero Acrílico			
Prueba	CBR (%)	Media (%)	Variación (%)
SN	4.62	-	-
M1 + 5% PA	5.77		
M2 + 5% PA	6.00	5.86	27%
M3 + 5% PA	5.80		

Como se muestra en la tabla, el CBR de la muestra de polímero acrílico +5% alcanzó una media de 5,86% al 95% del MDS.

Figura 28

CBR con 5% de polímero acrílico



Si añadimos un 5% de polímero acrílico al suelo de la subrasante natural, como se muestra en la imagen, su CBR mejorará en un 27%, lo que se traducirá en una mayor capacidad de carga.

4.4.2. CBR de SN + 8% de polímero acrílico

Tabla 24

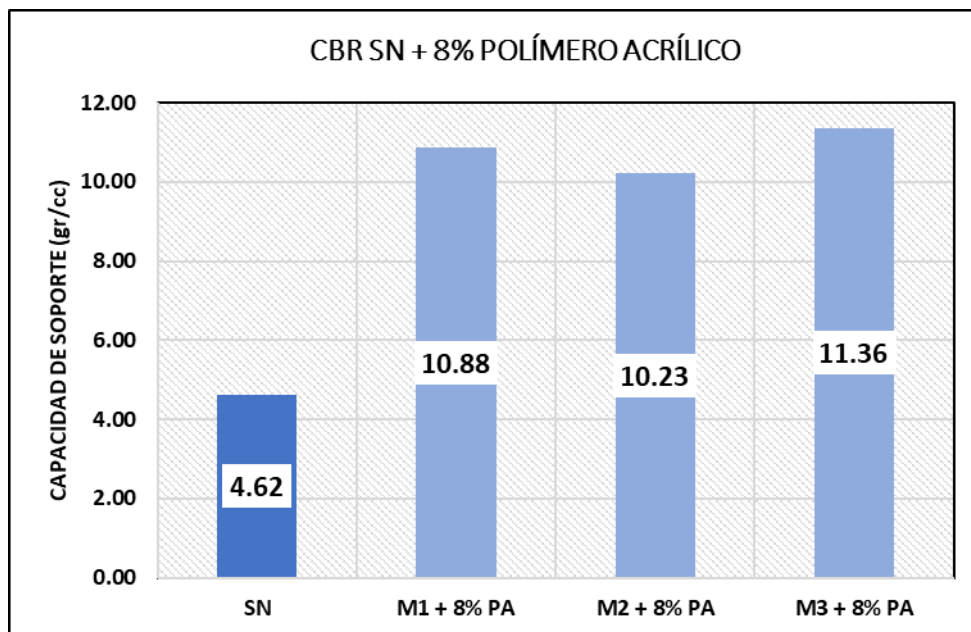
CBR con 8% de polímero acrílico

CBR al 95% MDS – SN + 8% Polímero Acrílico			
Prueba	CBR (%)	Media (%)	Variación (%)
SN	4.62	-	-
M.1 + 8% PA	10.88		
M.2 + 8% PA	10.23	10.82	134%
M.3 + 8% PA	11.36		

En base a los datos mostrados en la tabla, el CBR para la muestra de polímero acrílico +8% tiene un promedio de 10,82% al 95% del MDS.

Figura 29

CBR con 8% de polímero acrílico



La adición de un 8% de polímero acrílico al suelo natural incremento su capacidad portante en un 134%, como se observa en la figura del CBR.

4.4.3. CBR de SN + 12% de polímero acrílico

Tabla 25

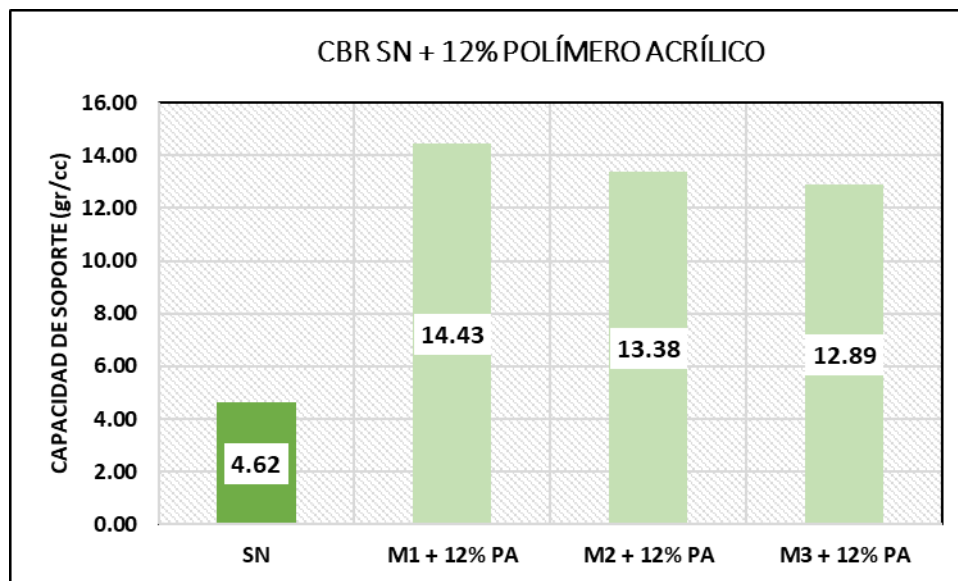
CBR con 12% de polímero acrílico

CBR al 95% MDS – SN + 12% Polímero Acrílico			
Prueba	CBR (%)	Media (%)	Variación (%)
SN	4.62	-	-
M.1 + 12% PA	14.43		
M.2 + 12% PA	13.38	13.57	194%
M.3 + 12% PA	12.89		

Se obtuvo un CBR medio del 13,57% al 95% del MDS para la muestra de polímero acrílico +12%, como se muestra en la tabla.

Figura 30

CBR con 12% de polímero acrílico



Aquí podemos observar la relación de resistencia a la compresión (CBR) del suelo de la subrasante luego de incluir polímero acrílico. Con un 12% de polímero acrílico, el CBR aumenta un 194%.

4.4.4. Resultados Adquiridos del CBR

Tabla 26

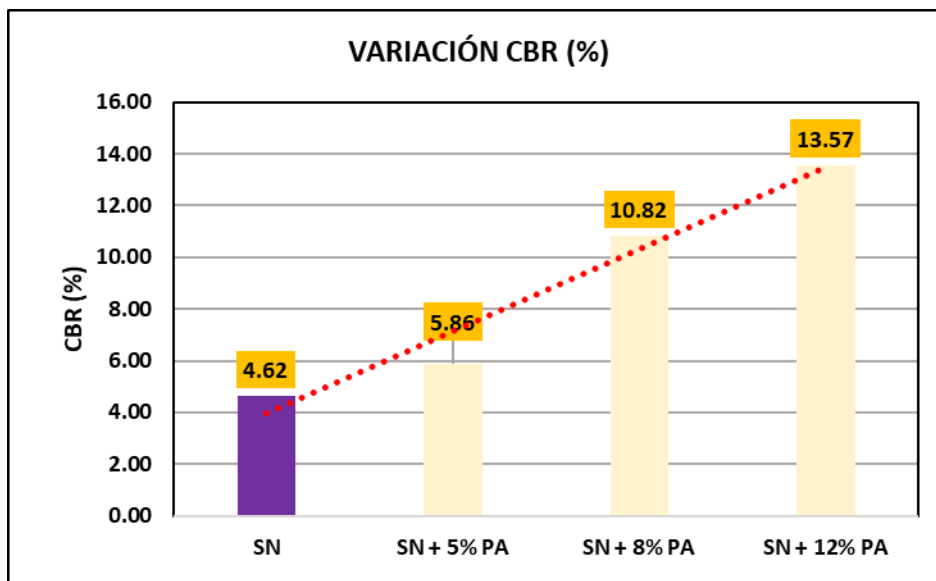
CBR según el % de inclusión de Polímero Acrílico

Muestra	Variación IP	
	CBR 95%MDS	Variación (%)
SN	4.62	-
SN + 5% PA	5.86	+27%
SN + 8% PA	10.82	+134%
SN + 12% PA	13.57	+194%

Existe una tendencia a aumentar el CBR hasta cierto grado, como se muestra en la tabla, cuando se utilizan mezclas con polímero acrílico.

Figura 31

Resultados de CBR



La figura muestra la fluctuación del CBR tanto para el suelo nativo como para las combinaciones con polímero acrílico. Al 95% de MDS, la mezcla de SN + 12% de polímero acrílico muestra un aumento del 13,57% en el CBR, que es claramente el más significativo.

4.4.5. Comparativos Generales de las Propiedades

Entre las características que se examinaron figuran las siguientes: capacidad portante, grado de compactación, índice de plasticidad:

Tabla 27

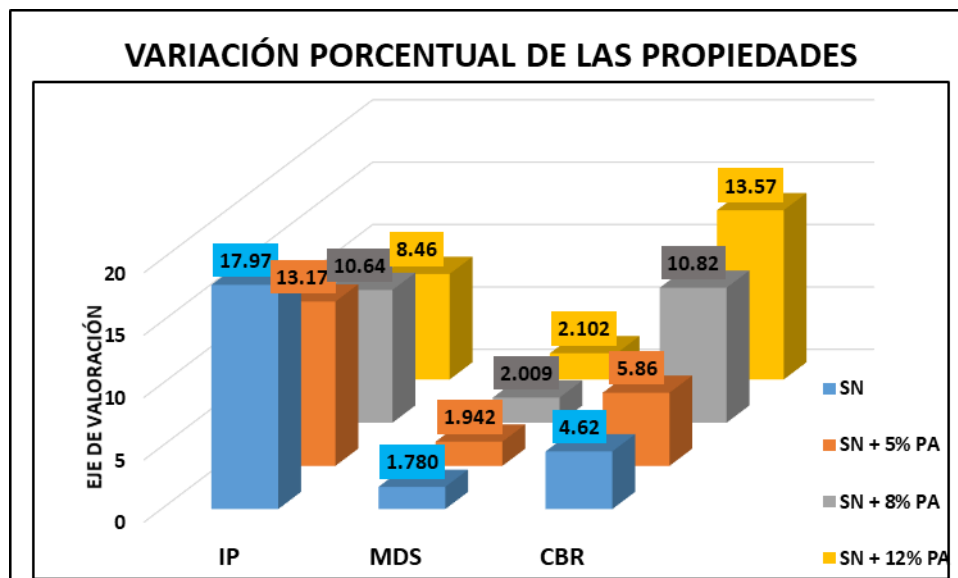
Comparativos generales de resultados

Comparativos General de las Propiedades			
Prueba	IP	MDS	CBR
SN	17.97	1.780	4.62
S.N + 5% PA	13.17	1.942	5.86
S.N + 8% PA	10.64	2.009	10.82
S.N + 12% PA	8.46	2.102	13.57

La tabla muestra los valores medios de los atributos que se investigaron; los valores que se consideran favorables varían en función de la propiedad que se abordó.

Figura 32

Variación de propiedades estudiadas



La figura ilustra los rangos típicos para el (IP), el grado de compactación (MDS) y la capacidad portante (CBR), siendo el 12% la proporción óptima de suelo natural y polímero acrílico.

4.5. Discusión de Resultados

Posteriormente, analizamos los resultados obtenidos en la presente investigación y los yuxtaponemos a los mencionados en los antecedentes, con el objetivo de comparar y deliberar.

Primera, Para el suelo de la subrasante de la carretera, el análisis actual halló un índice de plasticidad medio del 17,97%. El nivel óptimo de humedad era del 7,98%, y la MDS era de 1.780 g/cc. Además, al 95% del MDS, la capacidad de carga media del CBR era del 4,62%. El autor (Calle & Arce, 2018), Con un contenido de humedad ideal del 12,29%, el suelo estabilizado alcanza una MDS de 1,70 g/cm³.

Segunda, Esta investigación examinó cómo cambiaba el índice de flexibilidad del suelo de la subrasante de una carretera cuando se exponía a suelo tratado con cantidades

variables de polímero acrílico (5%, 8% y 12%). En cada concentración, los datos demostraron una reducción del índice de plasticidad al 13,17%, 10,64% y 8,46%, respectivamente. A nivel internacional (CANARIA & IVÁN, 2020), Esta arena de color marrón rojizo tiene un alto índice de plasticidad, lo que revela sus propiedades arcillosas; tiene una baja proporción de gravas y un alto % de arenas y finos. Sin embargo, teniendo en cuenta, a nivel nacional (Solis, 2022), Los resultados demostraron que el suelo natural pertenece a la clasificación A-7-5 de la AASHTO y a la clasificación CL de la SUCS; tiene un límite plástico del 25,06%, un índice de plasticidad del 17,62% y un límite líquido del 42,68%.

Tercera, Esta investigación analizó cómo se determinaban los niveles de compactación del suelo afectados por tres concentraciones diferentes de polímero acrílico (5%, 8% y 12%) para la subrasante de carreteras. El estudio descubrió que los niveles de humedad ideales eran del 7,51%, 8,24% y 9,13%, respectivamente, mientras que las densidades secas máximas eran de 1,942gr/cc, 2,009gr/cc y 2,102gr/cc. A nivel internacional (CANARIA & IVÁN, 2020), Según la norma, los materiales de pavimentación deben tener una capacidad portante mínima del 15%. Sin embargo, el material compactado sólo tiene un CBR del 5,97% al 100% de densidad máxima en seco y del 2,50% tras inmersión, porcentajes extremadamente bajos para capas granulares; además, (Solis, 2022), Asegúrese de que los niveles de CBR se elevan mediante la adición de polímero estireno-acrílico a la subrasante; esto es importante ya que el CBR inicial del suelo era de 5,56% al 95% de la densidad seca máxima, lo que está por debajo del rango permitido por el MTC.

Cuarta, La investigación examinó el efecto de diferentes concentraciones de polímero acrílico en la capacidad portante del suelo de la subrasante de la carretera al 5%, 8% y 12%. Para cada concentración de polímero, las lecturas de CBR al 95% de MDS fueron del 5,86%, 10,82% y 13,57%. A nivel internacional (CANARIA PINEDA & IVÁN MARTÍNEZ, 2020), se denota que el estabilizante mejora la propiedad. Esta característica



aumenta hasta un 44% cuando se utiliza una dosis de 1,2 lt/m³, lo que da como resultado un CBR del 12,19% con una compactación del 100% de la densidad máxima seca. Sin embargo, los escritores como a nivel nacional. (Calle & Arce, 2018).

Quinta, El objetivo de este estudio era determinar el óptimo % de polímero acrílico a añadir al suelo de subrasante para carreteras. Utilizando como ejemplos el 5%, el 8% y el 12%, se encontró que la incorporación del 12% producía los mejores resultados en términos de reducción del índice de plasticidad (8,56%), densidad seca máxima (2,102 gr/cc), contenido óptimo de humedad (9,13%) y capacidad portante CBR (13,57% al 95% MDS), (Solis, 2022), El suelo se considera ahora subrasante normal, ya que su CBR es superior al 6%, según estos datos. Anteriormente se clasificaba como subsuelo inadecuado. El MTC ha aprobado el uso del material como subsuelo debido a la proporción de polímero estireno acrílico de 3,5 l/m³, además, (Calle & Arce, 2018), La subrasante resultó ser un material de base mejorado, con un aumento del valor CBR de hasta el 110% cuando se aplicó 1/2 de polímero recomendada, en relación con el contenido de humedad ideal. Con una pendiente más pronunciada de 1/8 a 1/4 de polímero y una pendiente más plana de 1/4 a 1/2, el valor CBR de la subrasante estudiada presenta un patrón bilineal.

CONCLUSIONES

Primera, en base a los datos proporcionados por la DG-2018, se considera que el material del suelo tiene un suelo de subrasante inadecuado, como lo indica su alto índice de plasticidad de 17,97%, un grado de compactación de 1.780 gr/cc, y su capacidad de soporte CBR de 4,62% al 95% de la MDS, lo que indica que la presencia de arcillas en el suelo contribuye a una alta plasticidad.

Segunda, el índice de plasticidad del suelo de subrasante a lo largo de la avenida Américas en la ciudad de Juliaca, es impactado positivamente con la aplicación del polímero acrílico en concentraciones de 5%, 8% y 12%, esto se evidencia en la disminución del IP de 17.97% hasta 8.46%, lo que representa una reducción del 53%, alcanzada con la incorporación de 12% de polímero acrílico.

Tercera, la adición de polímero acrílico en concentraciones de 5%, 8% y 12% tiene un impacto positivo en el grado de compactación del suelo en la subrasante de la vía Avenida Américas de la ciudad de Juliaca. Esto se evidencia en el aumento de la densidad seca máxima de 1,780 gr/cc a 2,102 gr/cc, lo que representa un incremento del 18% en la compactación del suelo cuando se utiliza una concentración de 12% de polímero acrílico.

Cuarta, la adición de polímero acrílico en proporciones de 5%, 8% y 12% tiene un efecto positivo sobre la capacidad portante CBR del suelo en la subrasante de la carretera Avenida Américas en la ciudad de Juliaca. La capacidad portante CBR se incrementa de 4.62% a 13.57% al 95% del MDS, lo que indica un incremento del 194% en la resistencia del suelo después de aplicar el polímero acrílico al 12%. Este resultado califica el CBR obtenido como bueno.



RECOMENDACIONES

Primera, emplear ensayos de campo para la mejor determinación de las propiedades de los suelos de subrasante, es decir, con métodos de campo se podría contar con datos del suelo más exactos que cuando se realizan en laboratorio, mismos que darían valores más exactos de utilización de estabilizantes.

Segunda, utilizar materiales reciclados para reducir el alto nivel de plasticidad del suelo estudiado, además la aplicación de materiales reciclables o reutilizables reducirían los costos de estabilización, como la consecución de reducción de la plasticidad de los suelos, por lo que el uso de materiales adversos al empleado, podría aportar significativamente

Tercera, emplear polímero acrílico de acuerdo al óptimo contenido de humedad de los suelos, ya que los trabajos de estabilización se realizan en campo, por ello es necesario determinar las cantidades del estabilizante de acuerdo a humedades de campo, lo que resultaría la optimización del empleo del material usado.

Cuarto, para conocer con precisión el valor de soporte relativo sobre el terreno, se recomienda realizar un CBR in situ, lo que ayudaría a la estimación exacta de los valores de CBR, mismos que con la estabilización se tendría valores mejorados más exactos para un correcto diseño de las capas superiores que se conforman posteriormente, aportando a aspectos técnicos como económicos de una vía.

REFERENCIAS

- Alvarez, A. (2020). Clasificación de las Investigaciones. *Facultad de Ciencias Empresariales y Económicas, 1*.
- Arellan Farfan, J. y. (2021). *Diseño estructural del pavimento flexible aplicando la Estabilizacion Quimica con el Polimero Acrilico de Estireno para a subrasante, Huarochiri 2021*. Huarochiri-Peru: Universidad Cesar Vallejo.
- Arivilca, J. (2022). *EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN OESTE TRAMO OVALO SALIDA CUSCO - OVALO PARQUE EL CHOLO, JULIACA - 2019*. Juliaca: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.
- Balcells, J. (2018). *La investigación social: introducción a los métodos y técnicas*. Escuela Superior de Relaciones Públicas, PPU.
- Bowles, J. (1982). *Propiedades geofísica de los suelos*.
- Braja, M. (2015). *Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones*. Cengage Learning. doi:987-607-481-823-9
- Calle Llactahuamaní, S. E., & Arce Huahuachampi, M. G. (2018). *Estabilización con polímero acrílico de la subrasante de la zona del puente de Añashuayco para su uso como base y comparación frente a un pavimento convencional*. Arequipa : UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA.
- Calle, L. S., & Arce, H. M. (2018). *Estabilización con polímero acrílico de la subrasante de la zona del puente de Añashuayco para su uso como base y comparación frente a un pavimento convencional*. Arequipa: UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA.
- CANARIA PINEDA, A. G., & IVÁN MARTÍNEZ, Á. (2020). *ESTUDIO DE ESTABILIZACIÓN DE MATERIAL PARA LA CONFORMACIÓN DE AFIRMADO EN TERRAPLENES DEL MUNICIPIO DE LA PRIMAVERA – VICHADA, MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLÍMEROS SINTÉTICOS ECOLÓGICOS*. BOGOTA D.C, COLOMBIA: UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS.
- CANARIA, P. A., & IVÁN, M. Á. (2020). *ESTUDIO DE ESTABILIZACIÓN DE MATERIAL PARA LA CONFORMACIÓN DE AFIRMADO EN TERRAPLENES DEL MUNICIPIO DE LA PRIMAVERA – VICHADA, MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLÍMEROS*



SINTÉTICOS ECOLÓGICOS. Bogota: UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS.

Carrasco, S. (2018). *Metodología de la investigación científica*. Lima: San Marcos.

Dharini, V., Balamaheswari, M., & Nevis, A. (2023). Enhancing the strength of expansive clayey soil using lime as soil stabilizing agent along with sodium silicate as grouting chemical. *materialstoday:PROCEEDINGS*, 1(1), 1-6. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.05.156>

Duque, G., & Escobar, C. (2002). *Mecánica de Suelos*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.

Garzón, J., Garrido, M., & Hidalgo, C. (2017). *Clasificación de un suelo según SUCS*.

GUEVARA, G., VERDESOTO, A., & CASTRO, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento*, 163-173. doi:10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173

Guzmán Montenegro, M. (2019). *Evaluación de resistencia del nivel de subrasante mediante el uso de polímeros reciclados en el distrito de la victoria - 2019*. Chiclayo: Universidad Particular de Chiclayo.

HERNANDEZ, A., RAMOS, M., PLACENCIA, B., INDACOCHEA, B., QUIMIS, A., & MORENO, L. (2018). *Metodología de la Investigación Científica*. Manabi: 3ciencias - Area de Innovación y Desarrollo S.L. doi:<http://dx.doi.org/10.17993/CcyLI.2018.15>

Javadzadeh, P. (2021). The Effects of sodium silicate on Stabilization of organic soil. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 12(14), 1774-1782. doi:<https://turcomat.org/index.php/turkbilmcat/article/download/10521/7916/18725>

Li, M. (2018). *Synthesis of Functional Water-Soluble Polymers*. Department of Chemistry: University of Warwick. Coventry.

Márquez, D. (2019). *Mejoramiento de la estabilización en la subrasante de suelos arcillosos usando plásticos reciclados PET en el distrito La Encantada, Provincia de Morropón – Piura 2019*. Universidad Nacional de Piura.

Miranda, R. (2010). *Deterioros en Pavimentos Flexibles y Rígidos*. Valdivia: Universidad Austral de Chile.



- Mora Palacios, S. A. (2020). *Comportamiento de los polímeros como agente estabilizante en los suelos para la construcción de cimentaciones*. Bogota: Universidad católica de Colombia,.
- MTC. (2013). *Manual de Carreteras - Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- MTC. (2013). *MANUAL DE CARRETERAS - SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- MTC. (2014). *Manual de Carreteras: Suelo, Geología, Geotécnia y Pavimentos*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- MTC, M. (2013). *Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos- Sección Suelos y Pavimentos*. Lima: MTC.
- Nel, L. (2019). *Metodología de la Investigación*. Lima: Editorial MACRO.
- Ortega, K., & Villafuerte, L. (2015). *Evaluación estructural de pavimento flexible para suelos de tipo limo arenoso*. Quito: Pontificia Universidad Católica Del Ecuador.
- Paquita, E. (2015). *Evaluación geológica y geotécnica de la carretera del circuito turístico lago sagrado de los incas, tramo km. 00+000 al km. 10+000 Ccota-Charcas-Puno*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- PINO, R. (2018). *Metodologia de la investigación*. Lima: San Marcos.
- Quispe, E., & Sañac, M. (2019). *Influencia de la incorporación de plástico reciclado triturado – PET en el mejoramiento del suelo a nivel de sub rasante en la prolongación de la Av. Micaela Bastidas, Tamburco - Abancay, 2018*. Universidad Tecnológica de los Andes.
- Ramírez, W., & Zavaleta, R. (2017). *Estudio comparativo del diseño del pavimento rígido, semirrígido con adoquines de concreto y flexible para las calles del sector VI C- El Milagro - Trujillo - La Libertad*. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego.
- Sánchez, M. J., Fernández, M., & Díaz, J. C. (2021). Técnicas e instrumentos de recolección de información: análisis y procesamiento realizado por el investigador cualitativo. *Scielo, Uisrael*, 8(1), 113-128.
- Solis, Q. M. (2022). *Incorporación de polímero acrílico de estireno y comportamiento mecánico de la subrasante en la carretera Negromayo - Espinar 2022*. Lima-Perú: Universidad Cesar Vallejo.



Yuni, J., & Urbano, C. (2021). *Metodología y Técnicas para Investigar: Recursos para la elaboración de proyectos, análisis de datos y redacción científica* (2° ed., Vol. 1). Brujas. doi:ISBN: 979-8595351294



ANEXOS



Anexo 1. Matriz de Consistencia

INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es la incidencia del polímero acrílico sobre las propiedades del suelo de subrasante de la avenida Américas de la ciudad de Juliaca?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Evaluar la incidencia del polímero acrílico sobre las propiedades del suelo de subrasante de la avenida Américas de la ciudad de Juliaca.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>La incidencia del polímero acrílico sobre las propiedades del suelo de subrasante de la avenida Américas de la ciudad de Juliaca, es relativamente favorable.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>Polímero Acrílico</p> <p>Dimensiones: Adición del 5%, 8% y 12% de polímero acrílico</p> <p>Variable Dependiente</p> <p>Propiedades del material de la capa de subrasante</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Índice de plasticidad • Grado de compactación • Capacidad de soporte 	<p>Fichas y formatos de campo</p> <p>Equipos y herramientas de campo.</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>a. ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante de la avenida Américas de la ciudad de Juliaca?</p> <p>b. ¿Cómo incide la adición de polímero acrílico en porcentajes variables en el índice de plasticidad del suelo de subrasante de la avenida Américas de la ciudad de Juliaca?</p> <p>c. ¿Cuál es la influencia de la aplicación de polímero acrílico en porcentajes variables en el grado de compactación del suelo de subrasante de la avenida Américas de la ciudad de Juliaca?</p> <p>d. ¿Cuál es el efecto de la incorporación de polímero acrílico en porcentajes variables en la capacidad de soporte del suelo de subrasante de la avenida Américas de la ciudad de Juliaca?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>a. Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante de la avenida Américas de la ciudad de Juliaca.</p> <p>b. Explicar la incidencia de la adición de polímero acrílico en porcentajes variables en el índice de plasticidad del suelo de subrasante de la avenida Américas de la ciudad de Juliaca.</p> <p>c. Determinar la influencia de la aplicación de polímero acrílico en porcentajes variables en el grado de compactación del suelo de subrasante de la avenida Américas de la ciudad de Juliaca.</p> <p>d. Explicar el efecto de la incorporación de polímero acrílico en porcentajes variables en la capacidad de soporte del suelo de subrasante de la avenida Américas de la ciudad de Juliaca.</p>	<p>Hipótesis Específicas</p> <p>a. Las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante de la avenida Américas de la ciudad de Juliaca, son materiales inestables.</p> <p>b. La incidencia de la adición de polímero acrílico en porcentajes variables en el índice de plasticidad del suelo de subrasante de la avenida Américas de la ciudad de Juliaca, será favorable en reducir la plasticidad del suelo.</p> <p>c. La influencia de la aplicación de polímero acrílico en porcentajes variables en el grado de compactación del suelo de subrasante de la avenida Américas de la ciudad de Juliaca, mejorará el grado de compactación del material.</p> <p>d. El efecto de la incorporación de polímero acrílico en porcentajes variables en la capacidad de soporte del suelo de subrasante de la avenida Américas de la ciudad de Juliaca, aumentará considerablemente el CBR.</p>		



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



PROYECTO : INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA.

SOLICITANTE : BACHILLER UBER MAMANI VARGAS

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V. - JULIACA

MUESTRA : MUESTRA 1 + 5% DE POLÍMERO ACRÍLICO

FECHA : JUNIO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	210.35
SUELO SECO + TARRO	gr	199.26
PESO DEL TARRO	gr	55.30
PESO DEL AGUA	gr	11.09
PESO DEL SUELO SECO	gr	143.96
HUMEDAD %	%	7.70

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

TARRO N°	LÍMITE LÍQUIDO		LÍMITE PLÁSTICO		
	A	B	C	D	
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	34.36	34.26		
SUELO SECO + TARRO	gr	31.26	31.12		
PESO DEL TARRO	gr	18.12	19.12		
PESO DEL AGUA	gr	3.10	3.14		
PESO DEL SUELO SECO	gr	13.14	12.00		
HUMEDAD %	%	23.59	26.17		
N° DE GOLPES		22	22		
LÍMITE LÍQUIDO % :		24.50	LÍMITE PLÁSTICO % :		11.38
ÍNDICE PLÁSTICO % :		13.11			

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

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

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA JULIACA

Mgr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



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



PROYECTO

INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE

BACHILLER UBER MAMANI VARGAS

LUGAR

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO UANCV - JULIACA

MUESTRA

MUESTRA 1 + 8% DE POLÍMERO ACRÍLICO

FECHA

JUNIO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	207.28
SUELO SECO + TARRO	gr	197.15
PESO DEL TARRO	gr	55.33
PESO DEL AGUA	gr	10.11
PESO DEL SUELO SECO	gr	141.82
HUMEDAD %	%	7.13

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

TARRO N°	LÍMITE LÍQUIDO		LÍMITE PLÁSTICO		
		A	B	C	D
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	34.57	34.43	14.74	14.58
SUELO SECO + TARRO	gr	31.15	31.05	13.79	13.77
PESO DEL TARRO	gr	18.11	19.08	7.97	8.81
PESO DEL AGUA	gr	3.42	3.38	0.96	0.81
PESO DEL SUELO SECO	gr	13.04	11.97	5.81	5.18
HUMEDAD %	%	26.23	28.24	16.52	15.70
N° DE GOLPES		22	22		
LÍMITE LÍQUIDO %		26.81	LÍMITE PLÁSTICO %		16.11
ÍNDICE PLÁSTICO %		10.70			

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes

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

Mgtr. Arnaldo Yana Torres
CIP/103257

LABORATORIO M.S.C.A. JULIACA



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



PROYECTO

INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE

BACHILLER UBER MAMANI VARGÁS

LUGAR

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V. - JULIACA

MUESTRA

MUESTRA 1 + 12% DE POLÍMERO ACRÍLICO

FECHA

JUNIO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRÓ	gr	213.49
SUELO SECO + TARRÓ	gr	201.26
PESO DEL TARRÓ	gr	55.29
PESO DEL AGUA	gr	12.23
PESO DEL SUELO SECO	gr	145.97
HUMEDAD %	%	8.36

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
TARRÓ N°		A	B	C	D
SUELO HUMEDO + TARRÓ	gr	34.12	34.32	14.23	14.26
SUELO SECO + TARRÓ	gr	31.05	31.12	13.35	13.49
PESO DEL TARRÓ	gr	18.15	19.02	7.99	8.58
PESO DEL AGUA	gr	3.07	3.20	0.88	0.77
PESO DEL SUELO SECO	gr	12.90	12.10	5.36	4.91
HUMEDAD %	%	23.80	26.45	16.42	15.68
N° DE GOLPES		22	22		

LÍMITE LÍQUIDO % :	24.74	LÍMITE PLÁSTICO % :	16.05
---------------------------	--------------	----------------------------	--------------

ÍNDICE PLÁSTICO % : **08.69**

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
Mgtr. Arnoldo Yana Torres
CIP 103257



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



PROYECTO : INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRABANTE DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA.
SOLICITANTE : BACHILLER UBER MAMANI VARGAS
LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.M.C.V. - JULIACA
MUESTRA : CALICATA 1 Y ASFALTOS LABOR
FECHA : JUNIO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	230.31
SUELO SECO + TARRO	gr	188.45
PESO DEL TARRO	gr	55.32
PESO DEL AGUA	gr	31.86
PESO DEL SUELO SECO	gr	143,13
HUMEDAD %	%	22.28

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO			
TARRO N°	C	F	
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	35.97	37.89
SUELO SECO + TARRO	gr	31.12	33.98
PESO DEL TARRO	gr	18.13	19.15
PESO DEL AGUA	gr	4.85	3.91
PESO DEL SUELO SECO	gr	12.99	14.83
HUMEDAD %	%	37.34	26.37
N° DE GOLPES		22	22

LÍMITE PLÁSTICO	
E	G
14.25	14.80
13.73	13.87
7.99	8.63
0.52	0.93
5.74	5.24
9.06	17.75

LÍMITE LÍQUIDO % : 31.36 **LÍMITE PLÁSTICO %** : 13.40

ÍNDICE PLÁSTICO % : 17.96

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. JULIACA
Mgtr. Arnaldo Lana Torres
CIP. 103257



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



PROYECTO: INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMERICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA.
SOLICITANTE: BACHILLER LIBER MAMANI VARGAS
LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V - JULIACA.
MUESTRA: CALICATA 2
FECHA: JUNIO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	248.65
SUELO SECO + TARRO	gr	212.35
PESO DEL TARRO	gr	53.19
PESO DEL AGUA	gr	36.30
PESO DEL SUELO SECO	gr	159.16
HUMEDAD %	%	22.81

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

TARRO N°	LÍMITE LÍQUIDO		LÍMITE PLÁSTICO		
	C	F	E	G	
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	36.92	34.93	16.30	15.12
SUELO SECO + TARRO	gr	31.92	29.65	15.14	13.80
PESO DEL TARRO	gr	17.30	18.83	9.37	8.50
PESO DEL AGUA	gr	5.00	5.28	1.16	1.32
PESO DEL SUELO SECO	gr	14.62	10.62	5.77	5.30
HUMEDAD %	%	34.20	48.80	20.10	24.91
N° DE GOLPES		22	22		
LÍMITE LÍQUIDO %	:	40.86	LÍMITE PLÁSTICO %	:	22.50
ÍNDICE PLÁSTICO %	:	18.36			

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
Dónde:
LL = Límite Líquido
 W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)
N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
Metr. Arnaldo Yana Torres
DIP 107257



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



PROYECTO INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE BACHILLER UBER MAMANI VARGAS
LUGAR LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V. JULIACA
MUESTRA CALIGATA 3
FECHA JUNIO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	134.31
SUELO SECO + TARRO	gr	120.68
PESO DEL TARRO	gr	59.45
PESO DEL AGUA	gr	13.63
PESO DEL SUELO SECO	gr	61.23
HUMEDAD %	%	22.26

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
TARRO N°	G	H	H	I
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	35.02	13.54	14.15
SUELO SECO + TARRO	gr	30.70	12.26	13.08
PESO DEL TARRO	gr	19.54	7.48	8.22
PESO DEL AGUA	gr	4.32	1.28	1.07
PESO DEL SUELO SECO	gr	11.16	4.78	4.86
HUMEDAD %	%	38.71	26.78	22.02
N° DE GOLPES		24		
LÍMITE LÍQUIDO % :		42.11	LÍMITE PLÁSTICO % :	
			24.40	
ÍNDICE PLÁSTICO % :		17.71		

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



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
E.I.C.P. DE INGENIERÍA CIVIL
Metr. Arnaldo Yana Torres
C.I.P. 103257



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



PROYECTO

INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMERICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA.

SOLICITANTE
LUGAR
MUESTRA
FECHA

BACHILLER UBER MAMANI VARGAS
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V. - JULIACA
CALICATA 4
JUNIO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	199.16
SUELO SECO + TARRO	gr	168.32
PESO DEL TARRO	gr	38.88
PESO DEL AGUA	gr	30.84
PESO DEL SUELO SECO	gr	129.44
HUMEDAD %	%	23.83

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
TARRO N°		I	J	J	K
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	32.17	32.43	14.15	14.28
SUELO SECO + TARRO	gr	28.65	29.56	12.78	13.63
PESO DEL TARRO	gr	19.54	20.94	7.43	8.23
PESO DEL AGUA	gr	3.52	2.87	1.37	0.63
PESO DEL SUELO SECO	gr	9.11	8.62	5.35	5.40
HUMEDAD %	%	38.64	33.29	25.61	11.67
N° DE GOLPES		28	28		
LÍMITE LÍQUIDO % :		36.46	LÍMITE PLÁSTICO % :		18.64
ÍNDICE PLÁSTICO % :		17.83			

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



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - CAJANGENIERÍA CIVIL
 Mtro. Arnaldo Yana Torres
 CIF: 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

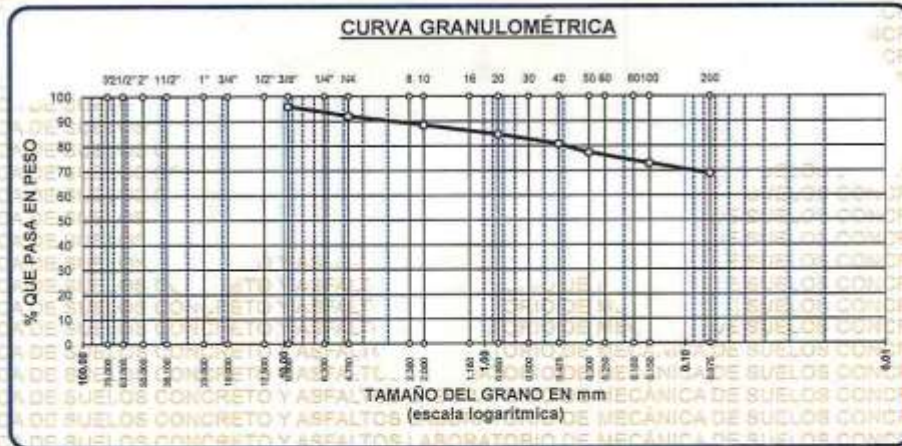


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

PROYECTO : INCINERACIÓN DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE : BACHILLER UBER MAMANI VARGAS
LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V. - JULIACA.
MUESTRA : CALICATA 1
FECHA : JUNIO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
5"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: P.L.= 2500.00 P.L.= 779.21 P.P.= 1720.79 %w= 7.70
2 1/2"	63.000						LIMITES DE CONSISTENCIA: LL.= 24.50 LP.= 11.38 LP.= 13.11
2"	50.000						CARACT. GRANULOMÉTRICAS: D10= — Cu= — D30= — Cc= — D60= —
1 1/2"	38.100						CLASIFICACIÓN: I.G. = :
1"	25.000						SUCS : ML ASSTHO :
3/4"	19.000						OBSERVACIONES:
1/2"	12.500						
3/8"	9.500	98.66	3.95	3.95	96.05		
1/4"	6.300						
No4	4.750	99.98	4.00	7.95	92.05		
No8	2.380						
No10	2.000	88.36	3.57	11.52	88.48		
No16	1.180						
No20	0.850	95.67	3.83	15.36	84.65		
No30	0.600						
No40	0.425	97.36	3.69	19.25	80.75		
No 50	0.300	85.36	3.41	22.66	77.34		
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	110.26	4.41	27.07	72.93		
No200	0.075	102.36	4.09	31.17	68.83		
BASE		1720.79	68.83	100.00	0.00		
TOTAL		2500.00	100.00				
% PERDIDA			68.83				



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



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

Mgtr. Arnoldo Yana Torres
CIP 103257



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

PROYECTO: INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA

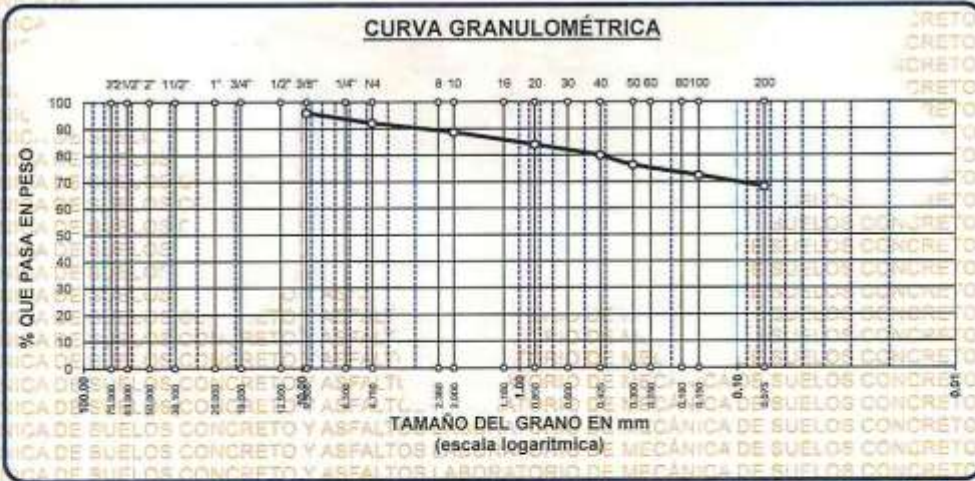
SOLICITANTE: BACHILLER UBER MAMANI VARGAS

LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V. - JULIACA

MUESTRA: CALICATA 2

FECHA: JUNIO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.L.# 2500.00
2"	50.000						P.L.# 796.25
1 1/2"	38.100						P.P.# 1703.75
1"	25.000						% w = 22.81
3/4"	19.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500						L.L.# 40.86
3/8"	9.500	101.36	4.05	4.05	95.95		L.P.# 22.50
1/4"	6.300						I.P.# 18.36
No4	4.750	95.34	3.81	7.87	82.13		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360						D10= --- Cu= ---
No10	2.000	87.28	3.49	11.36	88.64		D30= --- Cc= ---
No16	1.180						D60= ---
No20	0.850	115.31	4.61	15.97	84.03		CLASIFICACIÓN:
No30	0.600						I.G. = :
No40	0.425	98.49	3.94	19.91	80.09		SUCS : CL
No 50	0.300	93.59	3.74	23.65	76.35		ASTHO :
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	99.16	3.97	27.62	72.38		
No200	0.075	105.74	4.23	31.85	68.15		
BASE		1703.75	68.15	100.00	0.00		
TOTAL		2500.00	100.00				
% PERDIDA		68.15					



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. JEFFATURA

Mejr. Amalio Yana Torres
DIP. 103257



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

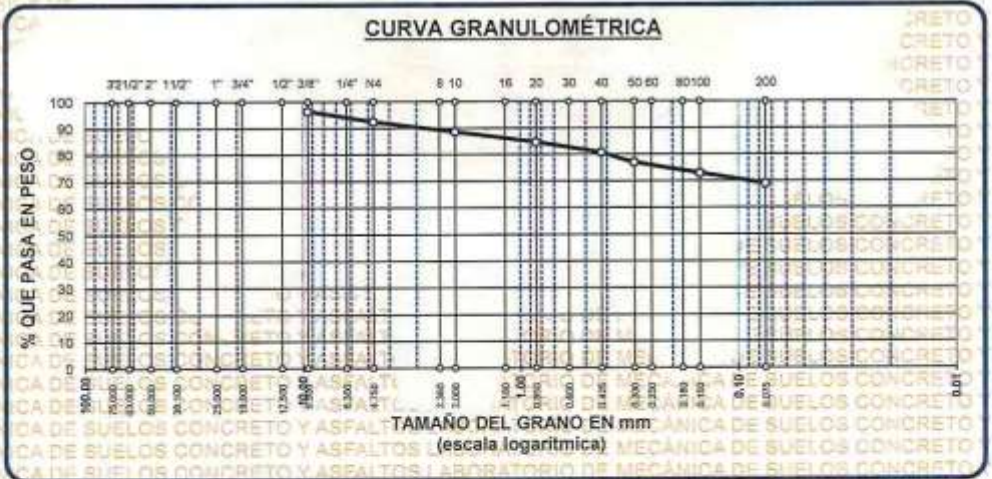
PROYECTO : INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : BACHILLER UBER MAMANI VARGAS
LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V. - JULIACA

MUESTRA : CALICATA 3

FECHA : JUNIO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.I.= 2500.00
2"	50.000						P.L.= 777.24
1 1/2"	38.100						P.P.= 1722.76
1"	25.000						% w = 22.26
3/4"	19.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500						L.L.= 42.11
3/8"	9.500	89.48	3.58	3.58	96.42		L.P.= 24.40
1/4"	6.300						I.P.= 17.71
No4	4.750	98.36	3.93	7.51	92.49		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360						D10= — Cu= —
No10	2.000	96.45	3.86	11.37	88.63		D30= — Cc= —
No16	1.180						D60= —
No20	0.850	97.68	3.91	15.28	84.72		CLASIFICACIÓN:
No30	0.600						I.G. = :
No40	0.425	98.46	3.94	19.22	80.78		SUCS : CL
No 50	0.300	93.49	3.74	22.96	77.04		ASSTHO :
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	103.73	4.15	27.11	72.89		
No200	0.075	99.58	3.98	31.09	68.91		
BASE		1722.76	68.91	100.00	0.00		
TOTAL		2500.00	100.00				
% PERDIDA							



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



UNIVERSIDAD ANÓNIMA "HÉCTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

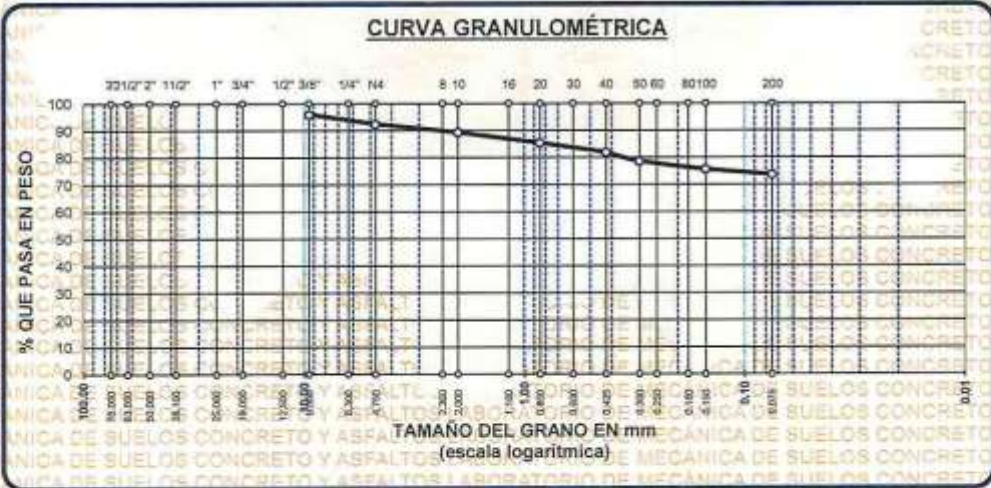


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

PROYECTO : INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE : BACHILLER LUISER MAMANI VARGAS
LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V. JULIACA.
MUESTRA : CALICATA 4
FECHA : JUNIO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMANO MAXIMO
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.I.= 2500.00
2"	50.000						P.L.= 657.22
1 1/2"	38.100						P.P.= 1842.78
1"	25.000						% W = 23.63
3/4"	19.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500						LL= NP
3/8"	9.500	100.00	4.00	4.00	96.00		LP= NP
1/4"	6.300						LP= NP
No4	4.750	89.56	3.58	7.58	92.42		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360						D10= — Cu= —
No10	2.000	76.26	3.05	10.63	89.37		D30= — Cc= —
No16	1.180						D60= —
No20	0.850	98.42	3.94	14.57	85.43		CLASIFICACIÓN:
No30	0.600						I.G. = :
No40	0.425	86.12	3.44	18.01	81.99		SUCS : SP
No 50	0.300	83.24	3.33	21.34	78.66		ASSTHO :
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	74.26	2.97	24.31	75.69		
No200	0.075	49.36	1.97	26.29	73.71		
BASE		1842.78	73.71	100.00	0.00		
TOTAL		2500.00	100.00				
% PERDIDA							



UNIVERSIDAD ANÓNIMA "HÉCTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
M.Sc. A. TORRES
C.P. 100277



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA		
SOLICITANTE	Bach. UBER MAMANI VARGAS		
UBICACIÓN	AV. AMERICAS - CIUDAD DE JULIACA		
PROGRESIVA	KM 0+500 - MARGEN DERECHO		
MUESTRA	CALICATA 1		
FECHA	JUNIO DEL 2024		

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2105 cm ³
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9850	10032	10036	9858
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	3868	4050	4054	3876
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	1.838	1.924	1.926	1.841

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	422.65	411.64	440.13	420.79	432.57	411.81	408.73	387.64
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	402.88	393.77	415.54	392.01	400.22	379.01	359.00	358.45
Peso del Agua	gr.	19.77	17.87	24.59	28.78	32.35	32.80	49.73	29.19
Peso de la Capsula	gr.	64.73	64.38	63.43	64.85	65.58	65.89	65.81	66.56
Peso del Suelo Seco	gr.	338.15	329.39	352.11	327.36	333.54	313.12	293.19	291.89
% de Humedad	%	5.85%	5.43%	6.98%	8.79%	9.70%	10.48%	16.96%	10.00%
Promedio de Humedad	%	5.64%		7.89%		10.09%		13.48%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.739		1.783		1.749		1.623	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.783 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	:	8.00%



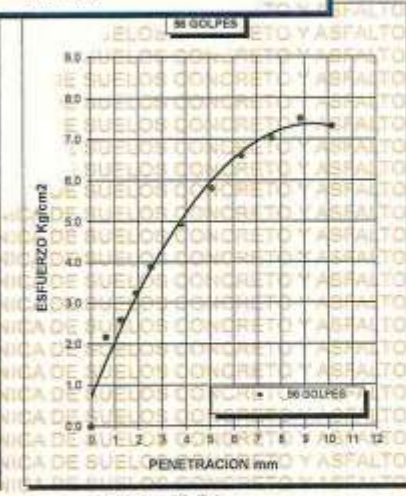
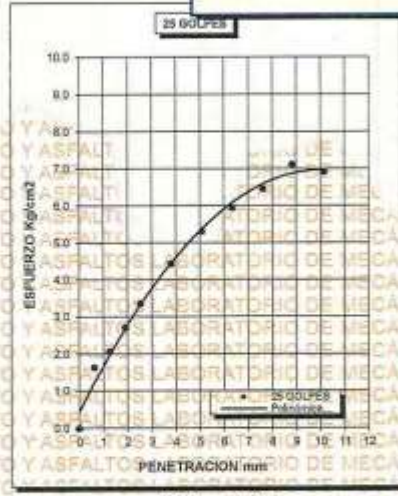
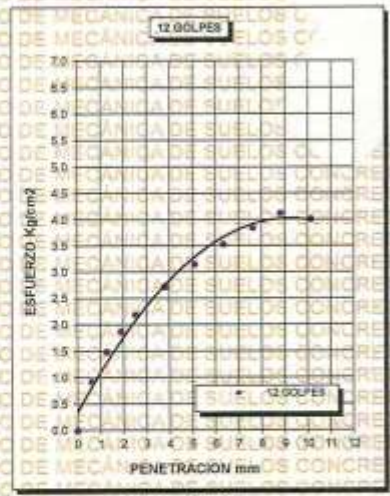

 Ing. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103257



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



PROYECTO :	INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. UBER MAMANI VARGAS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1.783
UBICACIÓN :	AV. AMERICAS - CIUDAD DE JULIACA	HUMEDAD OPTIMA (%) 8.00%
PROGRESIVA :	KM D+500 - MARGEN DERECHO	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 5.54
MUESTRA :	SUELO NATURAL - CALICATA 1	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 4.65
FECHA :	JUNIO DEL 2024	CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CASTINGENIERÍA CIVIL

[Signature]
M.Sc. A. J. ARRIAGA
CIP. 03257



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE	: Bach. UBER MAMANI VARGAS
UBICACIÓN	: AV. AMERICAS - CIUDAD DE JULIACA
PROGRESIVA	: KM 1+000 - MARGEN IZQUIERDO
MUESTRA	: CALICATA 2
FECHA	: JUNIO DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2105 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 58 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	9848	10028	10030	9852
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	3866	4046	4048	3870
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.837	1.922	1.923	1.838

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	421.26	410.23	439.75	419.55	431.74	412.49	407.25	385.37
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	401.36	392.86	414.39	391.09	401.98	379.59	358.17	357.37
Peso del Agua	gr.	19.90	17.37	25.36	28.47	29.76	33.90	49.12	29.00
Peso de la Capsula	gr.	64.73	64.38	63.43	64.65	66.68	65.88	65.61	65.56
Peso del Suelo Seco	gr.	336.63	328.48	350.96	326.44	335.30	312.70	292.36	290.81
% de Humedad	%	5.91%	5.29%	7.23%	8.72%	8.88%	10.84%	16.80%	5.97%
Promedio de Humedad	%	5.60%		7.97%		9.86%		13.39%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.739		1.780		1.750		1.621	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.780 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 8.01%



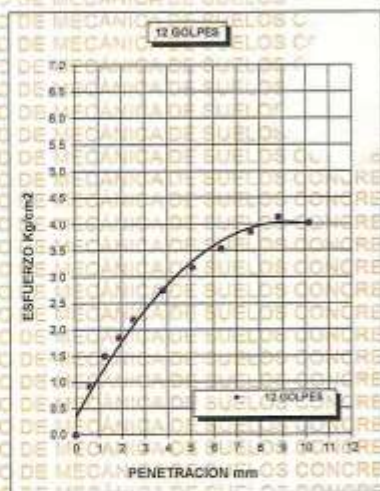
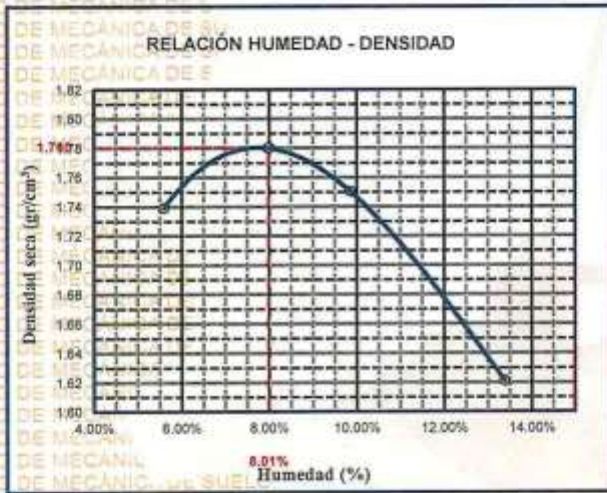
Mtro. Arnaldo Yana Torres
 JEFATURA



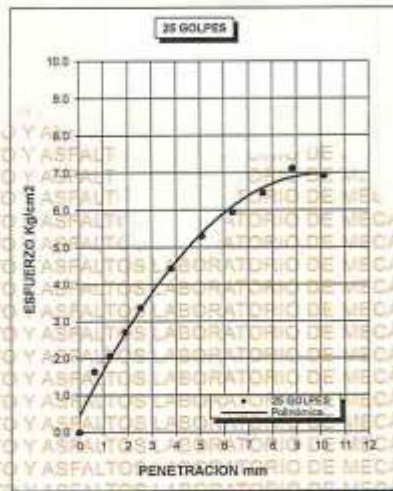
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



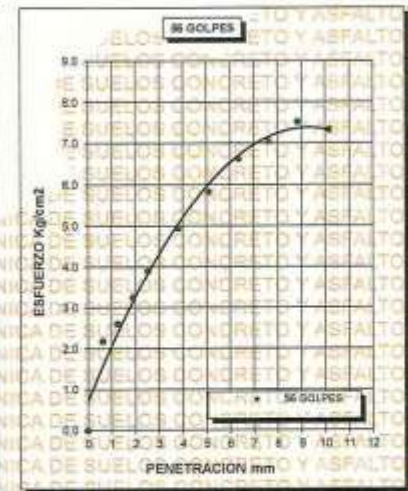
PROYECTO : INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO : Bach. UBER MAMANI VARGAS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1.780
UBICACIÓN : AV. AMÉRICAS - CIUDAD DE JULIACA	HUMEDAD OPTIMA (%) 8.01%
PROGRESIVA : KM 1+000 - MARGEN IZQUIERDO	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 5.55
MUESTRA : SUELO NATURAL - CALICATA 2	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 4.79
FECHA : JUNIO DEL 2024	CLASIFICACIÓN : CL
	AASHTO : A-2
	EMBEBIDO : 4 DIAS



CBR 3.12



CBR 4.79



CBR 5.55

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

Magr. Arnaldo Yano Torres
C.I.P. 103257

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA UANCV



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

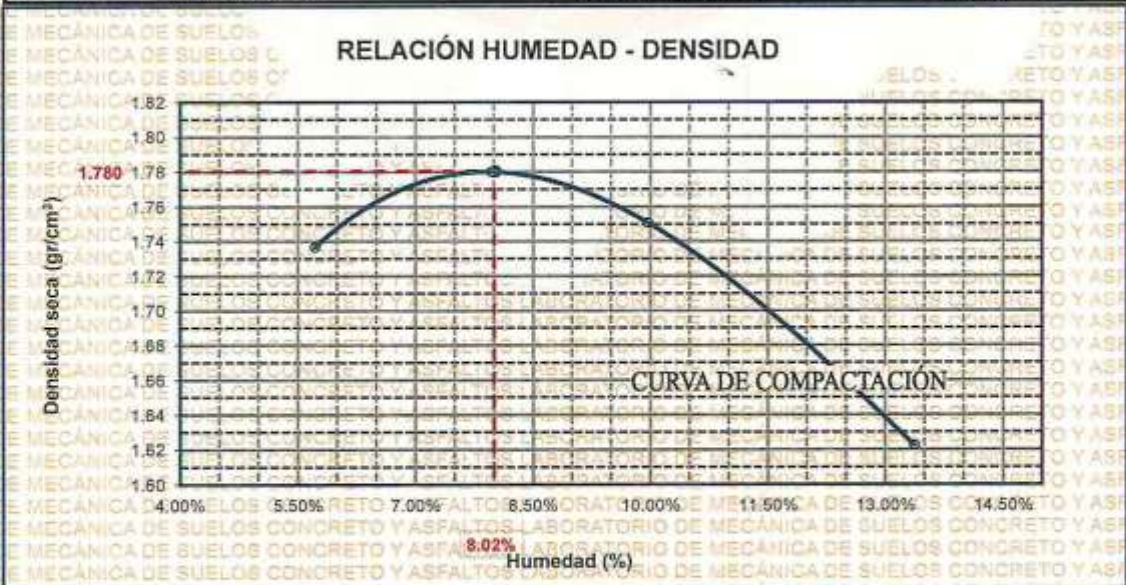
TESIS	: INCIDENCIA DEL POLÍMERO AGRÍCOLO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE	: Bach. UBER MAMANI VARGAS
UBICACIÓN	: AV. AMERICAS - CIUDAD DE JULIACA
PROGRESIVA	: KM 1+500 - MARGEN DERECHO
MUESTRA	: CALICATA 3
FECHA	: JUNIO DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2105 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	9847	10028	10035	9854
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	3865	4046	4053	3872
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.836	1.922	1.925	1.839

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	421.29	410.88	439.75	419.73	431.88	410.89	407.49	386.43
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	401.09	382.84	414.34	391.27	399.58	378.78	358.38	357.49
Peso del Agua	gr.	20.20	17.84	25.42	28.46	32.40	31.93	49.13	28.94
Peso de la Capsula	gr.	64.71	64.39	63.47	64.62	66.61	65.84	65.75	66.58
Peso del Suelo Seco	gr.	336.38	328.45	350.87	326.65	332.97	312.92	282.61	290.91
% de Humedad	%	6.01%	6.43%	7.24%	8.71%	9.73%	10.20%	18.79%	9.95%
Promedio de Humedad	%	6.72%		7.98%		9.97%		13.37%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.737		1.780		1.751		1.623	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.780 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 8.02%



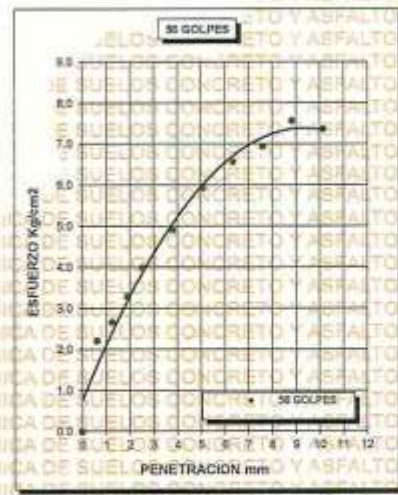
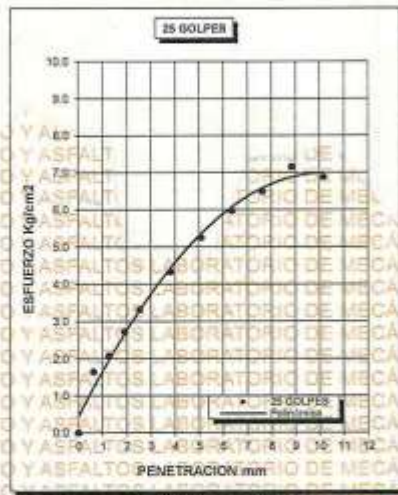
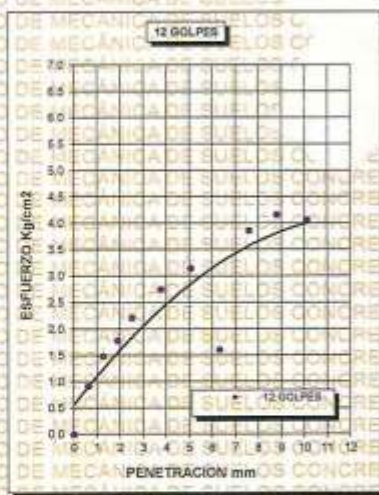
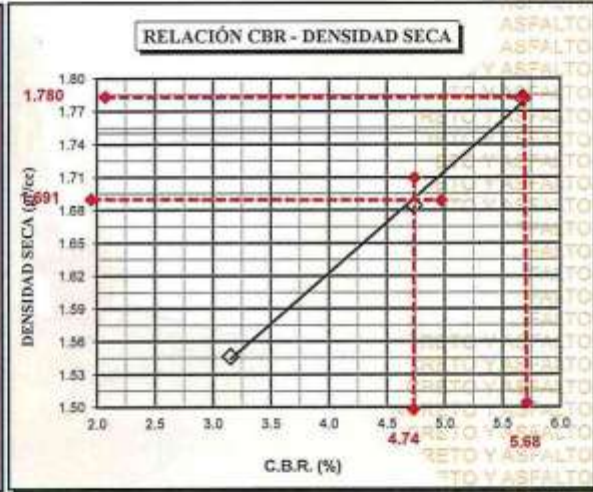
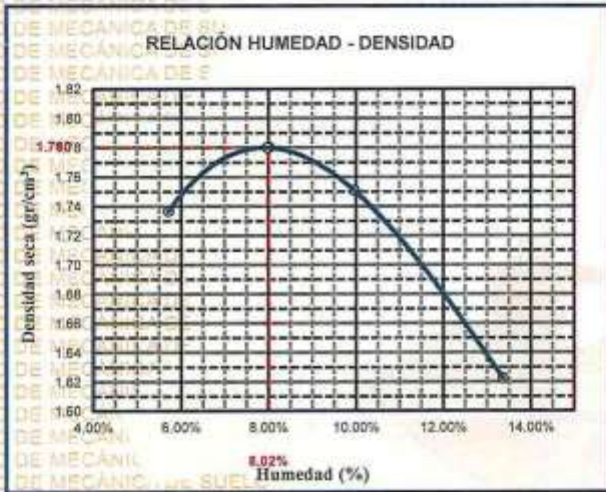
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAR INGENIERÍA CIVIL
Mgtr. Arnoldo Yana Torres
CIP: 103757



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



PROYECTO :	INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. UBER MAMANI VARGAS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1.780
UBICACIÓN :	AV. AMÉRICAS - CIUDAD DE JULIACA	HUMEDAD OPTIMA (%) 8.02%
PROGRESIVA :	KM 1+500 - MARGEN DERECHO	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 5.68
MUESTRA :	SUELO NATURAL - CALICATA 3	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 4.74
FECHA :	JUNIO DEL 2024	CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



CBR 3.15

CBR 4.74

CBR 5.68

Mgr. Alfredo Llanos Torres
 C.I.F. 103257



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE	: Bach. UBER MAMANI VARGAS
UBICACIÓN	: AV. AMERICAS - CIUDAD DE JULIACA
PROGRESIVA	: KM 2+000 - MARGEN IZQUIERDO
MUESTRA	: CALICATA 4
FECHA	: JUNIO DEL 2024

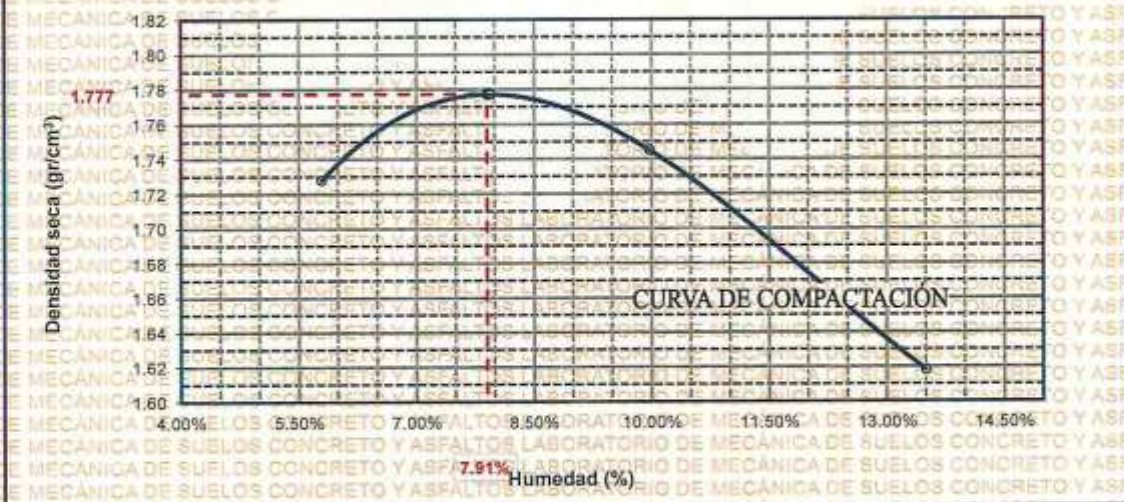
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2105 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	9830	10020	10022	9848
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	3848	4038	4040	3866
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.828	1.918	1.919	1.837

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	417.55	406.56	435.78	415.78	427.48	406.47	403.55	382.41
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	397.59	386.49	410.84	387.69	395.75	374.59	354.75	353.31
Peso del Agua	gr.	20.00	16.07	24.94	28.09	31.73	31.88	48.80	29.10
Peso de la Capsula	gr.	64.70	64.59	63.94	64.89	66.26	65.48	65.36	65.43
Peso del Suelo Seco	gr.	332.89	323.90	347.00	322.80	329.49	309.10	289.39	288.88
% de Humedad	%	6.01%	5.58%	7.19%	8.70%	6.63%	10.31%	16.86%	10.14%
Promedio de Humedad	%	5.79%		7.94%		9.97%		13.90%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.728		1.777		1.745		1.618	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.777 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 7.91%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



LABORATORIO M.S.C. JULIACA

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

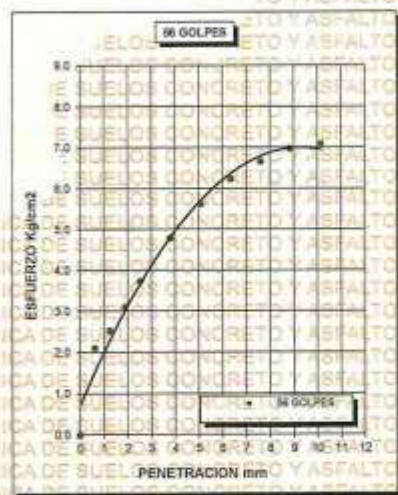
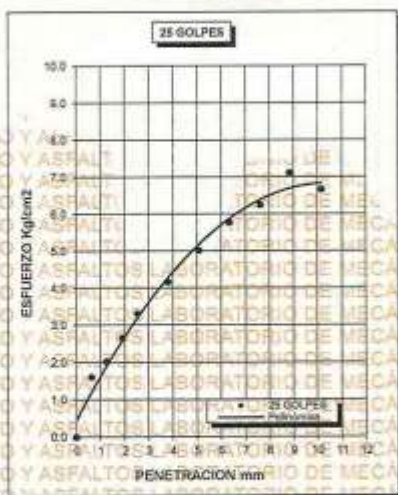
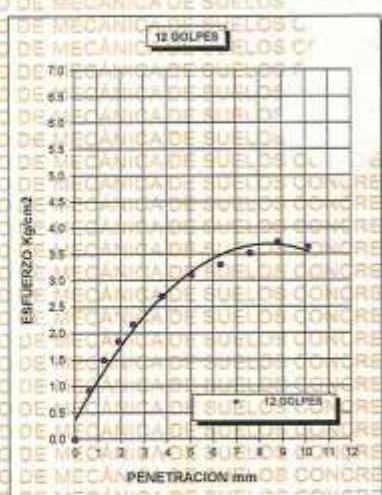
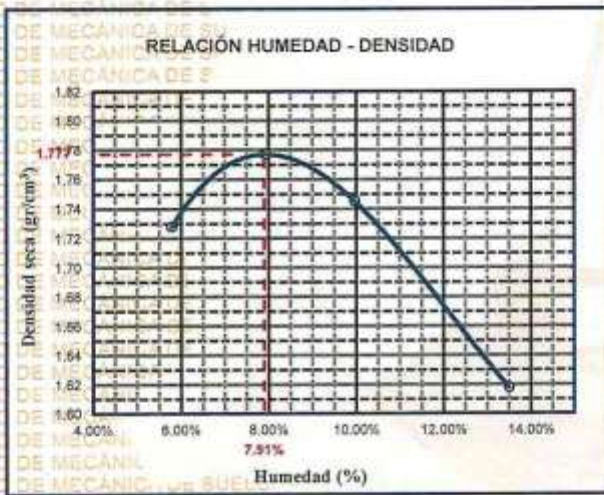
Mgr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



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



PROYECTO : INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍDICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO : Bach. UBER MAMANI VARGAS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³) : 1.777
UBICACIÓN : AV. AMERICAS - CIUDAD DE JULIACA	HUMEDAD OPTIMA (%) : 7.91%
PROGRESIVA : KM 2+000 - MARGEN IZQUIERDO	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) : 5.31
MUESTRA : SUELO NATURAL - CALICATA 4	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) : 4.58
FECHA : JUNIO DEL 2024	CLASIFICACIÓN : CL
	AASHTO : A-2
	EMBEBIDO : 4 DIAS



CBR 3.09

CBR 4.71

CBR 5.31

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
M.S.C.A. JEFATURA
Néstor Arnaldo Yana Torres
C.I.F. 1133257



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

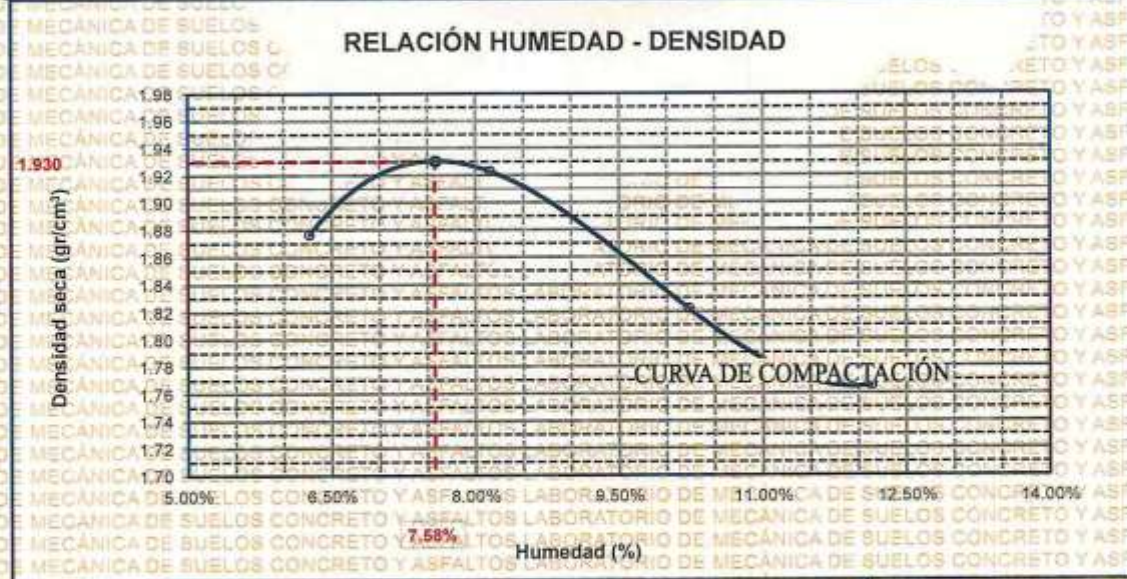
TESIS	INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE	Bach. UBER MAMANI VARGAS
UBICACIÓN	AV. AMERICAS - CIUDAD DE JULIACA
PROGRESIVA	KM 2+000
MUESTRA	MUESTRA 1 + 5% DE POLÍMERO ACRÍLICO
FECHA	JUNIO DEL 2024

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2105 cm ³
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10180	10380	10210	10150
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	4198	4378	4228	4168
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	1.994	2.080	2.009	1.980

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	411.36	405.48	430.56	410.47	422.75	401.36	398.25	380.48
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	388.12	388.16	405.36	382.15	390.42	369.48	362.36	348.38
Peso del Agua	gr.	23.24	17.32	25.20	28.32	32.33	31.88	35.90	34.12
Peso de la Capsula	gr.	64.71	64.57	63.81	64.88	66.21	65.46	65.95	66.41
Peso del Suelo Seco	gr.	323.41	323.59	341.55	317.27	324.21	304.00	297.01	279.95
% de Humedad	%	7.19%	5.35%	7.38%	8.93%	9.97%	10.49%	12.09%	12.19%
Promedio de Humedad	%	6.27%		8.15%		10.23%		12.14%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.877		1.923		1.822		1.766	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.930 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	:	7.58%



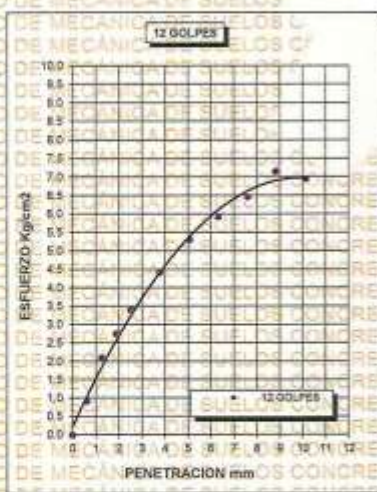
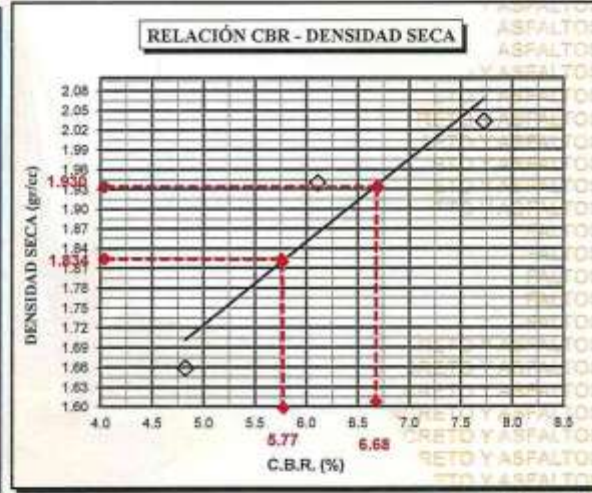
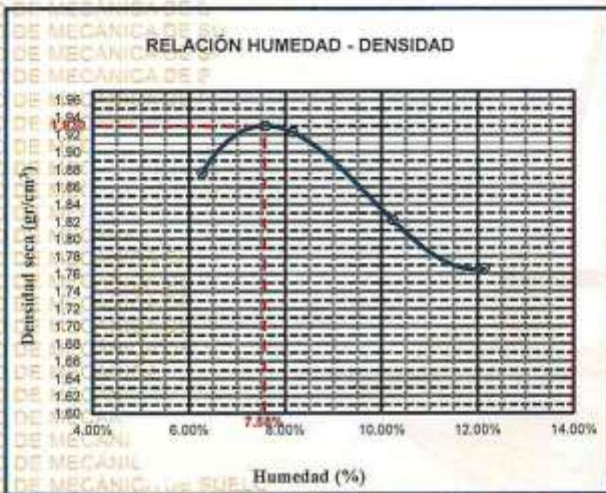

 UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
 M.Sc. Arnaldo Tiana Torres
 QIP 103257



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



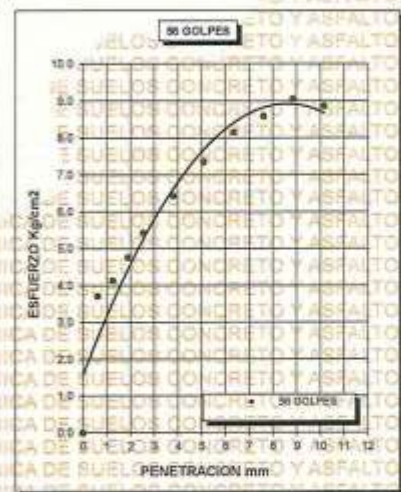
PROYECTO :	INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. UBER MAMANI VARGAS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1.930
UBICACIÓN :	AV. AMERICAS - CIUDAD DE JULIACA	HUMEDAD OPTIMA (%) 7.58%
PROGRESIVA :	KM 2+000	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 6.68
MUESTRA :	SUELO NATURAL - CALICATA - M1 + 5% DE POLÍMERO ACRÍLICO	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 5.77
FECHA :	JUNIO DEL 2024	CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



CBR 4.83



CBR 6.11



CBR 7.73



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

Dr. Arnaldo Yana Torres
C.I.P. 119257



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

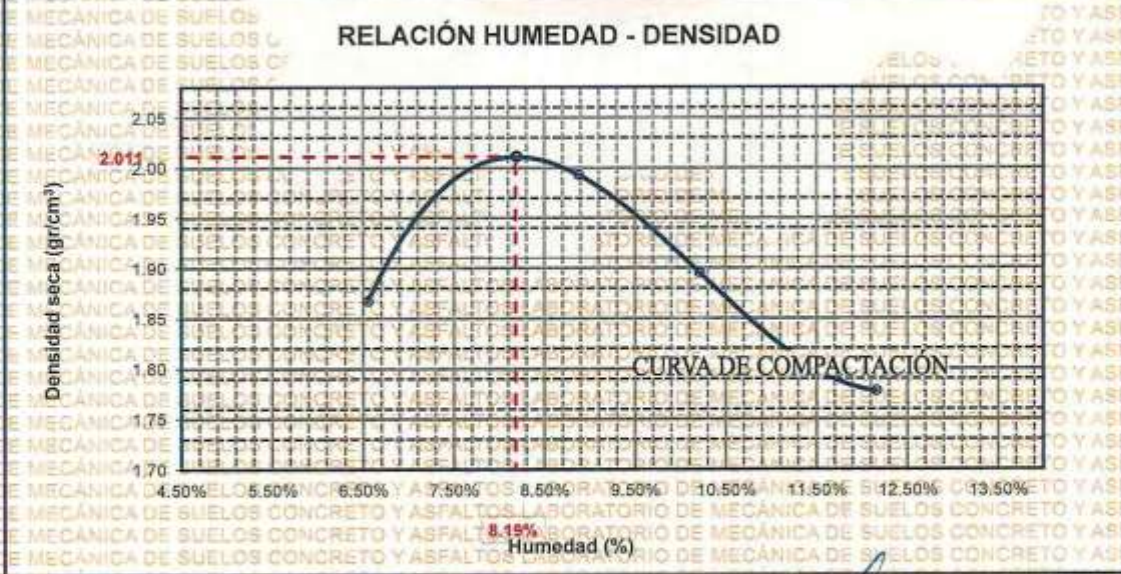
TESIS	INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE	Bach. UBER MAMANI VARGAS
UBICACIÓN	AV. AMERICAS CIUDAD DE JULIACA
PROGRESIVA	KM 2+000
MUESTRA	MUESTRA 1 + 8% DE POLÍMERO ACRÍLICO
FECHA	JUNIO DEL 2024

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2105 cm ³
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10170	10550	10380	10180
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	4188	4568	4398	4198
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	1.990	2.170	2.089	1.994

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	412.66	416.12	447.78	411.78	421.48	409.47	405.55	375.65
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	399.59	388.49	406.84	392.89	391.75	374.59	356.35	354.31
Peso del Agua	gr.	13.07	29.63	40.94	19.09	29.73	34.88	49.20	21.34
Peso de la Capsula	gr.	64.70	64.59	63.84	64.89	66.26	65.49	65.36	66.43
Peso del Suelo Seco	gr.	334.89	321.90	343.00	327.80	325.49	309.10	290.99	287.88
% de Humedad	%	3.90%	9.20%	11.94%	5.82%	9.13%	11.26%	16.91%	7.41%
Promedio de Humedad	%	5.56%		8.88%		10.21%		12.16%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.867		1.993		1.896		1.778	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.011 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	:	8.19%



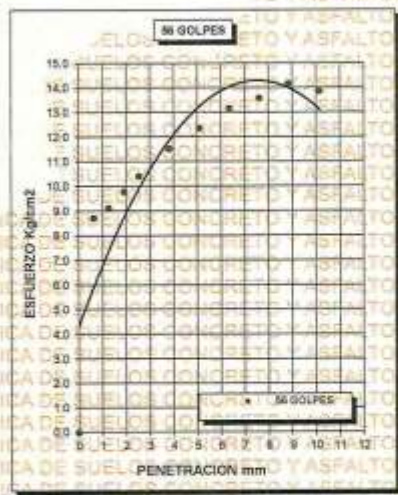
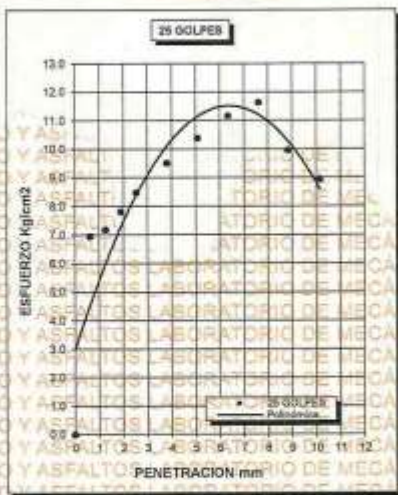
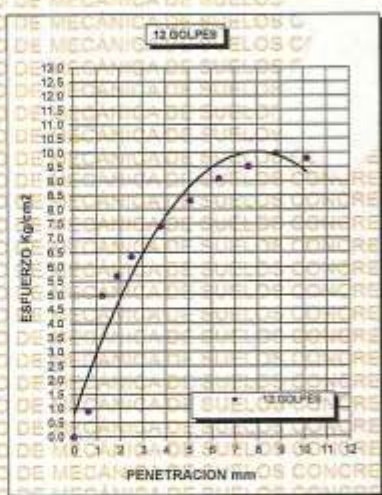
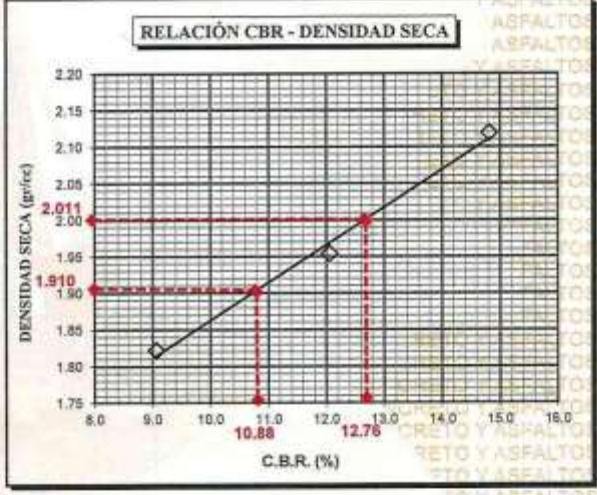
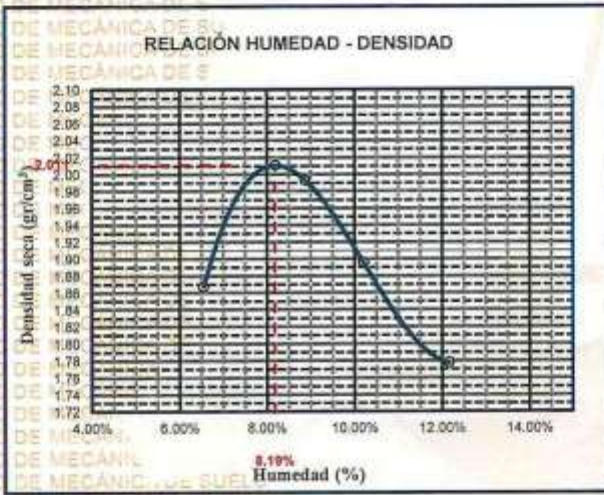
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
Mgtr. Arnaldo Yana Torres
C.F. 103257



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



PROYECTO :	INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. UBER MAMANI VARGAS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) 2.011
UBICACIÓN :	AV. AMERICAS - CIUDAD DE JULIACA	HUMEDAD OPTIMA (%) 8.19%
PROGRESIVA :	KM 2+000	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 12.76
MUESTRA :	SUELO NATURAL - CALICATA - M1 + 8% DE POLÍMERO ACRÍLICO	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 10.88
FECHA :	JUNIO DEL 2024	CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - DAP INGENIERÍA CIVIL
 Negr. Arnaldo Añón Torres
 CIP 103257



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

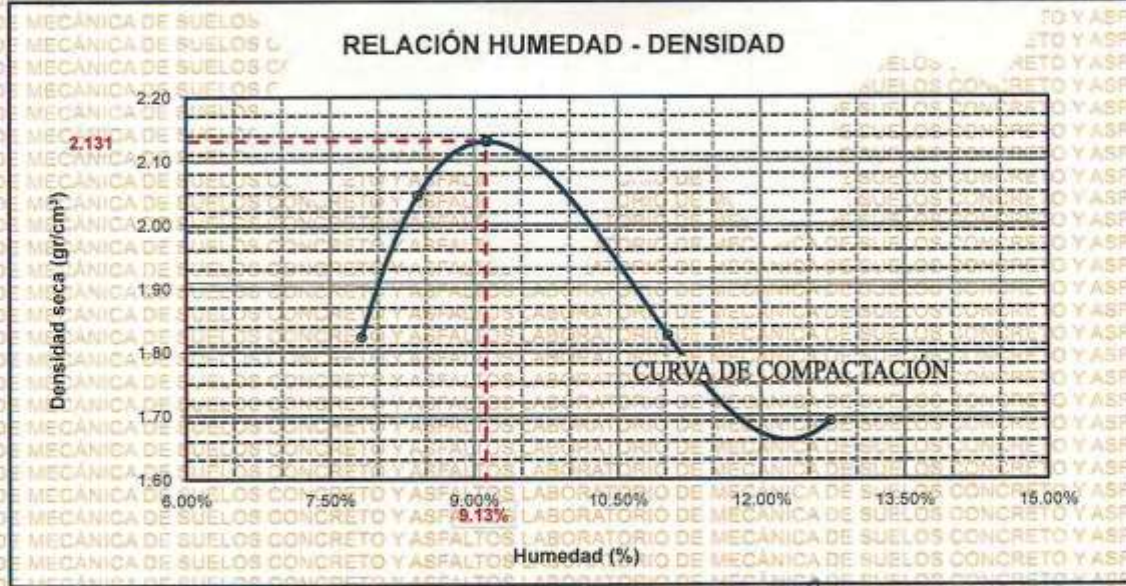
TESIS	INCIDENCIA DEL POLIMERO ACRILICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE	Bach. USER MAMANI VARGAS
UBICACIÓN	AV. AMERICAS - CIUDAD DE JULIACA
PROGRESIVA	KM 2+000
MUESTRA	MUESTRA 1 + 12% DE POLÍMERO ACRILICO
FECHA	JUNIO DEL 2024

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2105 cm ³
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10120	10550	10250	9995
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	4138	4668	4268	4013
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	1.966	2.218	2.028	1.906

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	424.32	414.54	443.42	423.33	435.44	413.83	411.82	390.49
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	402.54	385.02	418.65	391.20	391.19	386.74	384.48	361.85
Peso del Agua	gr.	21.78	29.52	24.77	32.13	44.25	27.09	47.14	28.64
Peso de la Capsula	gr.	64.69	64.58	63.83	64.66	66.25	65.48	65.35	66.42
Peso del Suelo Seco	gr.	337.85	320.44	354.82	326.32	324.94	321.26	289.13	295.43
% de Humedad	%	6.45%	9.21%	6.98%	9.85%	13.62%	8.43%	15.75%	9.69%
Promedio de Humedad	%	7.83%		8.41%		11.03%		12.73%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.823		2.045		1.826		1.691	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.131	gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	:	9.13%	



LABORATORIO M.S.C.A. JULIACA

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

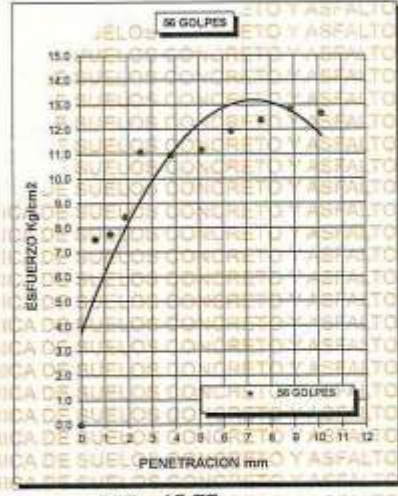
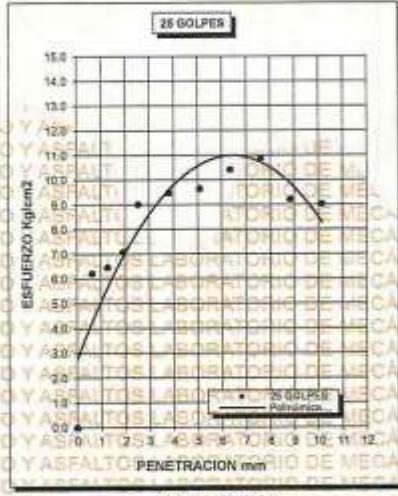
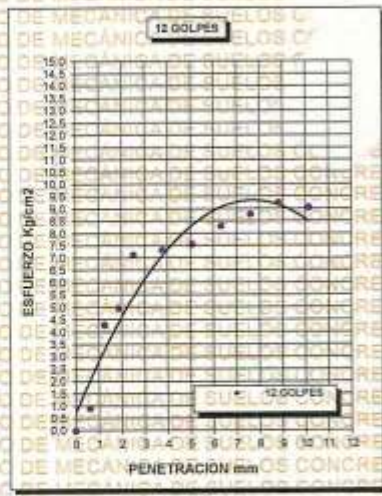
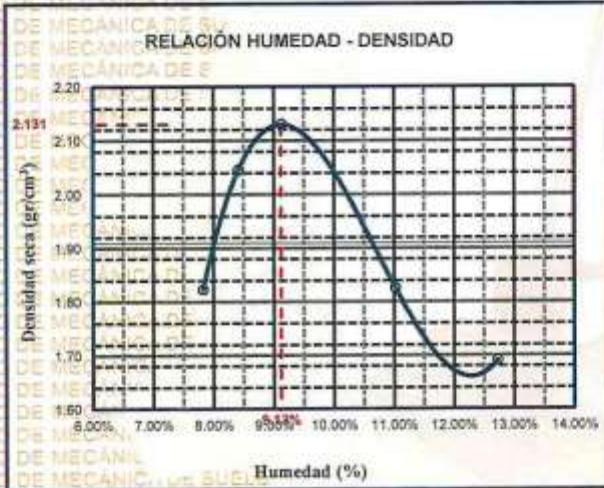
Ing. Arnoldo Yana Torres
CIP 103257



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



PROYECTO :	INCIDENCIA DEL POLÍMERO ACRÍLICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. UBER MAMANI VARGAS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) 2.131
UBICACIÓN :	AV. AMERICAS - CIUDAD DE JULIACA	HUMEDAD OPTIMA (%) 9.13%
PROGRESIVA :	KM 2+000	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 15.77
MUESTRA :	SUELO NATURAL - CALICATA - M1 + 12% DE POLÍMERO ACRÍLICO	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 14.43
FECHA :	JUNIO DEL 2024	CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



CBR 10.14

CBR 12.84

CBR 15.77

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 JEFATURA
 Sr. Arnoldo 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: 09-06-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: UBER MAMANI VARGAS

Dirección: Jr. SUCRE 1678

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 41780933

Teléfono: 931 321 517 email: ubervargas22@hotmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Asesor: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: INCIDENCIA DEL POLIMERO ACRILICO SOBRE LAS PROPIEDADES
DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA
AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA

Palabras claves, (3 a 5 términos): POLIMERO ACRÍLICO, SUBRASANTE, ÍNDICE DE PLASTICIDAD, GRADO DE
COMPACTACIÓN Y CAPACIDAD DE SOPORTE CBR

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2}?

1

¹ 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, entré otros relacionados.

² 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 Título 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 - P17

Firma de Autor



huella digital

09-06-2025

Fecha