



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS
DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES
DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA
CARACOTO – SILLUSTANI**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE
POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES
DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA
VÍA CARACOTO - SILLUSTANI


TESIS PRESENTADA POR:
Bach. RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE


:



Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

PRIMER MIEMBRO

:



Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

SEGUNDO MIEMBRO

:



Dr. ARNALDO YANA TORRES

ASESOR DE TESIS

:



Mgr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17



**UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**

RESOLUCIÓN DECANAL N° 830-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 16 de agosto del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 10549 presentado por el (la) Bachiller: **RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE** 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. **RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO - SILLUSTANI**, 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. MILTHON QUISPE HUANCA
- * **1er Miembro** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
- * **2do Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, Mgtr. **FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**.

ARTICULO TERCERO . - APROBAR, la FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS de el (la) bachiller: **RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO - SILLUSTANI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Jueves 22 de agosto del 2024
- * **HORA** : 9:00 a.m.
- * **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

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR
Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
CIP. 47790

Archivo



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 509-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 28 de junio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-07316 por el o (la) Bachiller: RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 553 - 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 93- 2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el o (la) Bachiller: RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) **Titulado: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO - SILLUSTANI**, 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° 93- 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) **titulado: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO - SILLUSTANI**, 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 o (la) Bachiller: RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema **Titulado: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO - SILLUSTANI** 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), Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES.

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.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. MILTON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Elraín Pantoja Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 292-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 09 de mayo del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 05429, presentado por el señor (a) RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 314-2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 108 -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: RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE ha presentado su propuesta de investigación Titulado: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO - SILLUSTANI, 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° 108 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO - SILLUSTANI.

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: RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO - SILLUSTANI 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 Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES.

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 of Milton Quispe Huanca, Decano, CIP. 47790

Signature of Efraín Castillo Sosa, Director, Unidad de Investigación

cc. Archivo 2024 Interesado (a)



INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO – SILLUSTANI

INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %

INDICE DE SIMILITUD

15 %

FUENTES DE INTERNET

3 %

PUBLICACIONES

14 %

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS


1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	10 %
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	4 %
3	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	2 %
4	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	1 %
5	repositorio.untrm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
6	repositorio.icte.ejercito.mil.pe Fuente de Internet	<1 %
7	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
8	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO – SILLUSTANI	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	Ronal Josue Quispe Villasante
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	73991544
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0001-9113-2601
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Franz Joseph Barahona Perales
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02442876
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8509-7224
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Milthon Quispe Huanca
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Efrain Parillo Sosa
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Arnaldo Yana Torres
Tipo de documento	DNI



Numero de documento de identidad	41414676
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	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Caracoto Latitud: S 15° 34' 09" Longitud: O 70° 06' 26"</p>  <p>https://maps.app.goo.gl/tF2DYoNEvxBiFbYT9</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Mayo 2024 - Agosto 2024
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	<p>Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</p> <p>Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</p> <p>Ingeniería estructural y municipal https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.04</p>

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PLURIS
 DIRECTOR
 Dr. Efraín Najillo Sosa
 DIRECTOR
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE, identificado con DNI Nro. 73991544, 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:

INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO

FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE

LA VÍA CARACOTO - SILLUSTANI

Asesorado por: Mgr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

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 06 de setiembre del 2024


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)


Huella



DEDICATORIA

*A todos aquellos han sido partícipes de
esta historia.*



AGRADECIMIENTO

Gracias Dios.



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 INVESTIGACIÓN

1.1	Análisis de la situación problemática	1
1.2	Planteamiento del problema.....	2
1.2.1	Problema general	2
1.2.2	Problemas específicos.	2
1.3	Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1	Objetivo general	3
1.3.2	Objetivos específicos	3
1.4	Justificación de la investigación	4
1.4.1	Justificación técnica.....	4
1.4.2	Justificación económica.....	4
1.4.3	Justificación social	4
1.4.4	Justificación ambiental	4
1.5	Hipótesis de la investigación	5
1.5.1	Hipótesis general.....	5
1.5.2	Hipótesis específicas.....	5
1.6	Variables e indicadores	5
1.6.1	Variable independiente	5
1.6.2	Variable dependiente	5
1.7	Procedimiento para la medición de variables	¡Error! Marcador no definido.



CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de la investigación.....	7
2.1.1	Antecedentes internacionales.....	7
2.1.2	Antecedente nacional.....	8
2.1.3	Antecedente de ámbito local.....	10
2.2	Bases teóricas.....	12
2.2.1	Pavimentos.....	12
2.2.1.1	Estructura de los pavimentos flexibles.....	12
2.2.1.2	Subrasante.....	13
2.2.2	Propiedades de un suelo.....	14
2.2.2.1	Clasificación de los suelos.....	14
2.2.2.2	Clasificación de suelos (sucs).....	14
2.2.2.3	Sistema de clasificación AASHTO.....	15
2.2.2.4	Contenido de humedad.....	16
2.2.2.5	Análisis granulométrico.....	16
2.2.2.6	Índice de plasticidad.....	16
2.2.2.7	Máxima densidad seca.....	16
2.2.2.8	Capacidad de soporte CBR.....	17
2.2.3	Estabilización de suelos.....	18
2.2.3.1	Estabilización mecánicas de suelos.....	18
2.2.3.2	Estabilización de combinación de suelos.....	19
2.2.3.3	Estabilización por sustitución de suelos.....	20
2.2.3.4	Suelos estabilizados con cemento.....	21
2.2.4	Escoria metálica.....	22
2.2.4.1	Composición de la escoria metálica.....	24
2.2.4.2	Propiedades mecánicas de las escorias metálicas.....	24
2.2.5	Bolsas de polietileno fundido.....	25
2.2.5.1	Características y propiedades de bolsas de polietileno fundido.....	27
2.3	Marco conceptual.....	29
2.3.1.	Bolsas.....	29



2.3.2.	CBR	29
2.3.3.	Contenido de humedad	29
2.3.4.	Estabilización	30
2.3.5.	Escoria metálica.....	30
2.3.6.	Índice plástico.....	30
2.3.7.	Polietileno.....	31
2.3.8.	Suelos	31

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	Diseño de la investigación	32
3.2	Método de la investigación	32
3.3	Nivel y tipo de la investigación	33
3.3.1	Nivel de la investigación	33
3.3.2	Tipo de la investigación	33
3.4	Población y muestra de la investigación	33
3.4.1	Población.....	33
3.4.2	Muestra	34
3.5	Técnicas e instrumentos	35
3.5.1	Técnicas.....	35
3.5.2	Instrumentos de recolección de datos investigación	36
3.6	Validación y confiabilidad del instrumento	36
3.6.1	Validación de los instrumentos	36
3.6.2	Confiabilidad de instrumentos	37
3.7	Plan de recolección y procesamiento de datos.....	37
3.7.1	Selección de calicatas	37
3.7.2	Ensayos en laboratorio	44
3.8	Procesamiento y análisis de datos	54

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Presentación y análisis de resultados.....	57
-----	--	----



4.1.1	Propiedades del suelo de la subrasante	57
4.1.2	Influencia de escoria metálica y bolsas de poliestireno fundido (4%,8% y 12%) en el índice de plasticidad	66
4.1.3	Influencia de escoria metálica y bolsas de polietileno fundido en el grado de compactación	70
4.1.4	Influencia de escorias + bolsas de polietileno en la capacidad de soporte (CBR)	77
4.2	Discusión de resultados.....	82
CONCLUSIONES.....		84
RECOMENDACIONES.....		85
BIBLIOGRAFÍA		86
ANEXOS		91



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Procedimiento para la medición de variables	6
Tabla 2 Clasificación de suelos según SUCS	14
Tabla 3 Numero de ensayos realizados.....	34
Tabla 4 Aspectos relevantes sobre las calas de terreno	38
Tabla 5 Detección de humedad en las perforaciones de campo	58
Tabla 6 Coeficiente de plasticidad en las muestras de campo	60
Tabla 7 Grado de firmeza del terreno base.....	61
Tabla 8 Resultados de California Bearing Ratio de las calicatas.....	64
Tabla 9 Adición del 4% de escoria + bolsas de polietileno en la subrasante – Índice plástico	66
Tabla 10 Adición del 8% de escoria + bolsas de polietileno – Índice plástico.....	67
Tabla 11 Adición del 12% de escoria + bolsas de polietileno – Índice plástico.....	68
Tabla 12 Comparativa del Índice plasticidad	69
Tabla 13 Adición del 4% escorias metálicas + bolsas de polietileno - MDS	70
Tabla 14 Adición del 8% de escoria + bolsas de polietileno - MDS	71
Tabla 15 Adición del 12% de escoria metálica y bolsas de polietileno fundido - MDS....	72
Tabla 16 Comparativa de MDS.....	73
Tabla 17 Adición del 4% de escoria + bolsas de polietileno -OCH.....	74
Tabla 18 Adición del 8% de escoria metálica más bolsas de polietileno fundido - OCH.	75
Tabla 19 Adición del 12% de escoria + bolsas de polietileno - OCH	76
Tabla 20 Incremento del índice CBR con adiciones el 4 % de escoria + bolsas de polietileno	77
Tabla 21 Incremento del índice CBR con adiciones el 8 % de escoria + bolsas de polietileno	78
Tabla 22 Incremento del índice CBR con adiciones el 12 % de escoria + bolsas de polietileno	79
Tabla 23 Resumen de Incremento del índice CBR con adiciones de escoria + bolsas de polietileno	80
Tabla 24 Resumen de contenido de humedad de las muestras-adicionando escoria + BPF	81



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa ubicación.....	34
Figura 2 Muestras recabadas	36
Figura 2 Localización de los puntos de exploración	37
Figura 4 Ubicación exacta del punto C-1	38
Figura 5 Ubicación exacta del punto C-2	39
Figura 6 Ubicación exacta del punto C-3	40
Figura 7 Ensayos de laboratorio	45
Figura 8 Granulometría.....	47
Figura 9 Medición de la humedad en las zanjas exploratorias	58
Figura 10 Distribución de granos en el suelo de la calicata 1.....	59
Figura 11 Distribución de granos en el suelo de la calicata 2.....	59
Figura 12 Distribución de granos en el suelo de la calicata C-03.....	60
Figura 13 Índice de plasticidad de las muestras naturales	61
Figura 14 Grado de compactación de material de subrasante C-1.....	62
Figura 15 Grado de compactación de material de subrasante C-2.....	62
Figura 16 Grado de compactación de material de subrasante C-3.....	63
Figura 17 Evaluación comparada del apisonamiento del suelo de las muestras de subrasante.....	63
Figura 18 Relación de soporte de California en la calicata 1	64
Figura 19 Relación de soporte de California en la calicata 2.....	65
Figura 20 Relación de soporte de California en la calicata 3.....	65
Figura 21 Informe sobre el CBR en los sondeos.....	66
Figura 22 Adición del 4% de escoria + bolsas de polietileno – Índice plástico.....	67
Figura 23 Adición del 8% de escoria + bolsas de polietileno – Índice plástico.....	68
Figura 24 Adición del 12% de escoria + bolsas de polietileno – Índice plástico.....	69
Figura 25 Comparativa de la plasticidad en los suelos estudiados.....	70



Figura 26 Adición del 4% de escoria + bolsas de polietileno	71
Figura 27 Adición del 8% de escoria + bolsas de polietileno - MDS	72
Figura 28 Adición del 12% de escoria + bolsas de polietileno - MDS	73
Figura 29 Comparativa de MDS	74
Figura 30 Adición del 4% de escoria + bolsas de polietileno - OCH	75
Figura 31 Adición del 8% de escoria + bolsas de polietileno - OCH	76
Figura 32 Adición del 12% de escoria + bolsas de polietileno - OCH	77
Figura 33 Incremento del índice CBR con adiciones el 4 % de escoria + bolsas de polietileno	78
Figura 34 Incremento del índice CBR con adiciones el 8 % de escoria + bolsas de polietileno	79
Figura 35 Incremento del índice CBR con adiciones el 12% de escoria + bolsas de polietileno	80
Figura 36 Evaluación comparativa del CBR en diferentes calicatas	81
Figura 37 Comparativa de contenidos de humedad	82



RESUMEN

El presente estudio, titulado "Efectos de escoria metálica y bolsas de polietileno fundido sobre las características del suelo de subrasante de la vía Caracoto – Sillustani", Los gastos asociados a la realización de la investigación son vitales para el avance de nueva información. El estudio emplea un enfoque práctico y numérico para examinar y aclarar fenómenos a un nivel descriptivo y explicativo. El diseño de la investigación sigue un diseño experimental y emplea metodologías de estudio científicas. Además, la carretera Caracoto - Sillustani en Juliaca tiene un puntaje de plasticidad significativo de 19.39% debido al predominio de suelos arcillosos en la zona. Además, un contenido de humedad de exactamente el 8,146 % se combina con una densidad seca máxima de 1,808 gramos por centímetro cúbico. La capacidad de carga se ha evaluado midiendo el índice de relación de carga de California (CBR), que es del 5,63 % al 100 % de la densidad seca máxima (MDS) y del 5,35 % al 95 % de la MDS. Los valores no cumplen con los criterios DG-2018, lo que sugiere una falta de capacidad de carga adecuada. Cuando se agregaron escoria metálica y bolsas de polietileno en concentraciones del 4%, 8% y 12%, tuvo un impacto beneficioso en el índice de plasticidad. El uso de una combinación de 4% de escoria y bolsas de polietileno ha resultado en una disminución en el valor del índice del 19,39% al 19,06%. Un aumento del 8% llevó al índice a alcanzar el 15,80%, mientras que un crecimiento del 12% llevó a un índice de plasticidad del 11,21%. El nivel de compactación se incrementa utilizando escoria metálica y bolsas de polietileno en cantidades variables del 4%, 8% y 12%. La densidad máxima muestra una importante tendencia al alza, pasando de 1,78 a 1,96 gr/cm³ cuando se utilizan 4% de escoria y bolsas de polietileno. La densidad máxima alcanzada fue de 2.128 gr/cm³ a una concentración del 8%. Además, a una concentración del 12%, la densidad alcanzó un máximo de 2.133 gr/cm³.

Palabras Clave: Subrasante, Escoria Metálica, Polietileno Fundido, Índice de Plasticidad, Grado de Compactación, CBR.



ABSTRACT

The current study, titled "Effects of metallic slag and molten polyethylene bags on the characteristics of the subgrade soil of the Caracoto – Sillustani road," The expenses associated with conducting the research are vital for the advancement of new information. The study employs a practical and numerical approach to examine and clarify phenomena at a descriptive and explanatory level. The research design follows an experimental design and employs scientific study methodologies. In addition, the Caracoto - Sillustani highway in Juliaca has a significant plasticity score of 19.39% due to the prevalence of clay soils in the area. In addition, a moisture content of precisely 8.146% is paired with a maximum dry density of 1.808 grammes per cubic centimetre. The bearing capacity has been assessed by measuring the California Bearing Ratio (CBR) index, which is 5.63% at 100% of the Maximum Dry Density (MDS) and 5.35% at 95% of the MDS. The values do not meet the DG-2018 criteria, suggesting a lack of appropriate load-bearing capability. When metal slag and polyethylene bags were added at concentrations of 4%, 8%, and 12%, it had a beneficial impact on the plasticity index. The use of a combination of 4% slag and polyethylene bags has resulted in a decrease in the index value from 19.39% to 19.06%. An increase of 8% resulted in the index reaching 15.80%, while a growth of 12% led to a plasticity index of 11.21%. The compaction level is increased by using metal slag and polyethylene bags in varying amounts of 4%, 8%, and 12%. The maximum density shows a significant upward trend, going from 1.78 to 1.96 gr/cm³ when 4% slag and polyethylene bags are used. The maximum density achieved was 2,128 gr/cm³ at a concentration of 8%. Furthermore, at a concentration of 12%, the density peaked at 2,133 gr/cm³.

Keywords: Subgrade, Metal Slag, Molten Polyethylene, Plasticity Index, Compaction Degree, CBR.



INTRODUCCIÓN

El suelo de subrasante juega un papel vital para garantizar la estabilidad y longevidad de las carreteras al proporcionar el soporte esencial para la construcción de la superficie de la carretera. La estabilización de suelos es un método utilizado frecuentemente en ingeniería civil que mejora las características de los suelos naturales y garantiza su óptimo funcionamiento tanto bajo cargas estacionarias como en movimiento. La adición de materiales como escoria metálica y bolsas de polietileno derretido ha mejorado enormemente las características del suelo subyacente.

Esta investigación tiene como objetivo evaluar el impacto de la incorporación de escorias metálicas y bolsas de polietileno fundido sobre las características del suelo de subrasante de la ruta Caracoto - Sillustani en la provincia de San Román del área de Puno. Se llevará a cabo un estudio para evaluar la viabilidad del uso de estos materiales como medio para estabilizar el suelo en este entorno específico. El estudio investigará especialmente su impacto en cualidades como la capacidad de carga de CBR, la plasticidad, la compactación y la resistencia del suelo.

Para lograr este objetivo se ejecutará un programa de investigación. Este programa incluirá el análisis de los parámetros del suelo, la producción de muestras de suelo estabilizadas incluyendo escoria metálica y bolsas de polietileno derretido, y la realización de experimentos de laboratorio para evaluar sus cualidades mecánicas y físicas. Los datos recopilados permitirán evaluar el impacto de estos materiales en las propiedades del suelo y su uso potencial para mejorar la infraestructura vial en la región.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática

A escala mundial, la degradación de las infraestructuras de comunicación es un problema prevalente en numerosos países, especialmente en aquellos con temperaturas extremas y condiciones de suelo inestables. La degradación de las infraestructuras viarias repercute negativamente en el progreso económico y social de las regiones al impedir la circulación de personas y mercancías, aumentar los gastos de mantenimiento de los vehículos y contribuir a las colisiones de tráfico. Diferentes naciones han ideado diversos métodos y tecnologías para mejorar las características del suelo subyacente y prolongar la durabilidad de las carreteras. Un método empleado es la estabilización del suelo, que se consigue introduciendo aditivos como escoria metálica y bolsas de polietileno fundido. Estos materiales se utilizan para mejorar la resistencia, durabilidad y estabilidad del suelo, lo que resulta en una reducción de los costes de mantenimiento y una prolongación de la vida útil de las carreteras. (Calamani & Quispe, 2023)

En Perú, el estado de las carreteras es un tema de gran preocupación que repercute negativamente en el desarrollo económico y social del país. La red de carreteras en Perú se caracteriza por la existencia de suelos inestables y condiciones climáticas



desfavorables, lo que provoca una rápida degradación de las vías de transporte. Para mejorar las cualidades de esta carretera, es esencial aplicar procedimientos de estabilización del suelo que aumenten su durabilidad, longevidad y estabilidad. El uso de escoria metálica y bolsas de polietileno fundido como aditivos para la estabilización del suelo puede aportar una solución muy eficaz y económica a este problema. (Uribe, 2020)

El suelo de la subrasante de esta carretera muestra notables insuficiencias en términos de resistencia, estabilidad y durabilidad, lo que provoca la rápida degradación de la autopista. Para resolver este problema, es imperativo utilizar medidas estabilizadoras del suelo que mejoren sus características y prolonguen la longevidad de la carretera. La utilización de escoria metálica y bolsas de polietileno fundido como suplementos para la estabilización del suelo se muestra prometedora como método alternativo para mejorar las condiciones de la ruta Caracoto - Sillustani. Este método tiene el potencial de reducir los gastos de mantenimiento y prolongar la durabilidad de la carretera. (Flores & Mayta, 2022)

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 *Problema general*

¿Cuál es la influencia del uso de escoria metálica y bolsas de polietileno fundido sobre las propiedades del suelo de subrasante de la vía Caracoto – Sillustani?

1.2.2 *Problemas específicos.*

1. ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante de la vía Caracoto – Sillustani?
2. ¿Cuál es el efecto de la adición de escoria metálica y bolsas de polietileno fundido en cantidades variadas en el índice de plasticidad del suelo de subrasante de la vía Caracoto – Sillustani?



3. ¿Cuál es la influencia de la incorporación de escoria metálica y bolsas de polietileno fundido en cantidades variadas en el grado de compactación del suelo de subrasante de la vía Caracoto – Sillustani?
4. ¿Cuál es el efecto de la aplicación de escoria metálica y bolsas de polietileno fundido en cantidades variadas en la capacidad de soporte del suelo de subrasante de la vía Caracoto – Sillustani?

1.3 Objetivos de la investigación.

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la influencia del uso de escoria metálica y bolsas de polietileno fundido sobre las propiedades del suelo de subrasante de la vía Caracoto – Sillustani.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante de la vía Caracoto-Sillustani.
2. Determinar el efecto de la adición de escoria metálica y bolsas de polietileno fundido en cantidades variadas en el índice de plasticidad del suelo de subrasante de la vía Caracoto – Sillustani.
3. Determinar la influencia de la incorporación de escoria metálica y bolsas de polietileno fundido en cantidades variadas en el grado de compactación del suelo de subrasante de la vía Caracoto – Sillustani.
4. Determinar el efecto de la aplicación de escoria metálica y bolsas de polietileno fundido en cantidades variadas en la capacidad de soporte del suelo de subrasante de la vía Caracoto – Sillustani.



1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación técnica

El objetivo de la investigación propuesta es mejorar los métodos de estabilización del suelo para facilitar el avance de la construcción de carreteras sostenibles. El estudio examinará las combinaciones y cantidades más eficientes de componentes orgánicos del suelo, junto con escorias metálicas y bolsas de polietileno, para establecer su mejor rendimiento. El objetivo de esta investigación es proporcionar conocimientos científicos novedosos que puedan utilizarse para mejorar la composición de los suelos de subrasante.

1.4.2 Justificación económica

El objetivo en el ámbito económico es minimizar los gastos asociados a la estabilidad del suelo, obviando así la necesidad de utilizar técnicas más costosas como enrocados o geomallas. El objetivo de este estudio es reducir los costos relacionados con la estabilización del camino bajo examen, evitando así cargos adicionales por mantenimiento una vez terminado el camino.

1.4.3 Justificación social

El objetivo del estudio propuesto es mejorar el bienestar general de los seres humanos mediante el uso de escorias metálicas y bolsas de polietileno derretido de manera sustentable.

1.4.4 Justificación ambiental

La investigación busca abordar el problema mundial de la contaminación ambiental, con un enfoque específico en el nivel local. Participar en la práctica del reciclaje y la reutilización de materiales es esencial para abordar adecuadamente este problema. El objetivo del estudio de investigación es disminuir la cantidad de escoria metálica y bolsas de polietileno derretidas integrándolas en las mezclas de suelo de subrasante utilizadas en



la construcción de carreteras. Este diseño abordará eficazmente los requisitos de infraestructura de la ciudad y al mismo tiempo fomentará la sostenibilidad.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 Hipótesis general

La influencia del uso de escoria metálica y bolsas de polietileno fundido mejorará las propiedades del suelo de subrasante de la vía Caracoto – Sillustani.

1.5.2 Hipótesis específicas.

1. Las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante de la vía Caracoto – Sillustani, serán suelos deficientes e inestables.
2. El efecto de la adición de escoria metálica y bolsas de polietileno fundido en cantidades variadas reducirá el índice de plasticidad del suelo de subrasante de la vía Caracoto – Sillustani.
3. La influencia de la incorporación de escoria metálica y bolsas de polietileno fundido en cantidades variadas incrementará el grado de compactación del suelo de subrasante de la vía Caracoto – Sillustani.
4. El efecto de la aplicación de escoria metálica y bolsas de polietileno fundido en cantidades variadas mejorará la capacidad de soporte del suelo de subrasante de la vía Caracoto – Sillustani.

1.6 Variables e indicadores

1.6.1 Variable independiente

Escoria metálica y bolsas de polietileno fundido

1.6.2 Variable dependiente

Propiedades del suelo subrasante



1.7 Procedimiento para la medición de variables

Tabla 1

Procedimiento para la medición de variables

Variable Independiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Inst. De Medición
ESCORIA METALICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO	La escoria metálica es una sustancia residual producida como resultado del proceso de fundición de metales en la industria metalúrgica. Las bolsas de polietileno fundido se producen mediante el proceso de reciclaje del polietileno.	Dosificaciones de los materiales a emplearse sobre la subrasante.	Combinación de ambos materiales en 4%, 8% y 12%	Herramientas proporcionadas por el laboratorio.
Variable Dependiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos De Medición
PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE	La mayoría de veces se presenta problemas de resistencia, esta capa es de arcilla, arena, etc.	Índice de plasticidad	IP. MDS. CBR.	Equipos y herramientas de laboratorio Fichas de control



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Para, A. Pérez et al., (2020) en su trabajo titulado "Ensayo Acelerado de Pavimentos para Evaluar el Desempeño de Concreto Reforzado con Fibras Metálicas", Es crucial evaluar, comparar y confirmar la influencia de los nuevos materiales y aditivos en la eficacia de las infraestructuras viarias, teniendo en cuenta su aplicación con el objetivo de mejorarlas. En este artículo se evalúan las alteraciones en la eficacia estructural de un elemento de hormigón de tamaño natural durante un tiempo definido. El elemento está dividido en dos secciones: la primera sección está construida con hormigón armado que incluye fibras metálicas, mientras que la segunda sección está hecha de hormigón normal. El objetivo principal del experimento es mejorar la comprensión de cómo afectan las fibras metálicas al comportamiento del pavimento. Para acelerar el deterioro del pavimento, ambas partes se deterioraron deliberadamente utilizando la tecnología HVS (Simulador de Vehículos Pesados). Para evaluar las alteraciones en la estructura del pavimento, se montaron sensores de deformación superficial y se realizaron mediciones de deflectometría. Las pruebas se realizaron para determinar la distribución de la carga entre

las losas, medir la deflexión máxima, calcular el módulo de elasticidad y evaluar otras características importantes. La evaluación del comportamiento del pavimento se realizó después de cada 500.000 ejes equivalentes de 80 kN.

Seguidamente, (Kumar et al., 2022) En este trabajo se investiga “Estabilización de subrasante de suelo expansiva mediante residuos de plástico” En las últimas décadas, India ha sido testigo de un aumento sustancial en el consumo de plástico, lo que ha llevado a una acumulación sustancial de desechos plásticos anualmente debido a la falta de un sistema de reciclaje suficiente. El plástico no es capaz de descomponerse mediante procesos naturales y ocupa un espacio considerable en los vertederos, lo que obliga a reconsiderar su utilidad. El presente estudio propone el uso de bolsas de plástico de desecho como agente fortalecedor del suelo, avanzando así en los principios de la ingeniería sustentable. Los investigadores han utilizado productos de desecho industriales como Escoria metálica, fosfoyeso y otros compuestos para mejorar la calidad del suelo sirviendo como estabilizadores del mismo. Hay escasez de estudios en la literatura que examinen la utilización de bolsas de plástico de desecho como material para fortalecer el suelo. El presente estudio utilizó procedimientos de laboratorio para examinar muestras de suelo compuestas de algodón negro mezclado con tiras de plástico de diferentes tamaños y proporciones, medidas en peso. Se realizó un análisis para estudiar los efectos de tiras de plástico con diferentes proporciones sobre diversas propiedades, incluidas las características de compactación, la relación de carga de California (CBR) y la resistencia al corte del suelo en expansión. Además, el estudio muestra la viabilidad de utilizar tiras de bolsas de plástico de desecho como agente fortalecedor en suelos en expansión para mejorar sus propiedades de ingeniería.

2.1.2 Antecedente nacional

Para, Linares Chavez, (2019) en su investigación titulada “Estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante con adición de bolsas de polietileno fundido, Chachapoyas,



2018" El estudio tuvo como objetivo examinar la influencia de bolsas de polietileno derretidas en la estabilidad de un suelo arcilloso a nivel de subrasante. Se tomaron muestras de suelo en el cruce de la Av. Los Libertadores y Jr. Las Orquídeas, Pueblo Joven 16 de octubre, Chachapoyas, Amazonas, con el propósito de evaluar sus propiedades físico-mecánicas. Según la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), el suelo varía de A-4(3) (suelo limo-arcilloso) a A-7-6(9) (suelo arcilloso). Según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), el suelo varía de ML (suelo arcilloso con plasticidad restringida) a CL (suelo arcilloso con plasticidad moderada a baja). La muestra se produjo fundiendo bolsas de plástico y mezclándolas después con el material del suelo arcilloso en cantidades iguales. Las muestras se produjeron utilizando el agregado principal, con proporciones del 4%, 8% y 12% en relación con el peso seco de la muestra. El tratamiento T1 (4%) demostró el comportamiento más favorable en términos de atributos físicos. La aplicación de una solución de BPF al 4% en el suelo provocó una disminución significativa del índice de plasticidad. La indicación sufrió una reducción del 13,55% en el suelo inicial al 8,98% en el suelo tratado. El tratamiento T3 tiene un impacto significativo en las propiedades mecánicas. El contenido medio de carbono orgánico (OCH) disminuye del 18,23% en el suelo inalterado al 15,46% en el suelo que contiene una proporción del 12% de biocarbón generado por pirólisis (BPF). La densidad seca máxima media (MDS) aumenta de 1,730 g/cm³ en el suelo no alterado a 1,807 g/cm³ en el suelo que incluye un 12% de relleno de aglutinante y pigmento (BPF). Además, la media del coeficiente portante California (CBR) aumenta del 5,6% en el suelo no alterado al 9,9% en el suelo con un 12% de fibra polimérica bituminosa (BPF). Los resultados del estudio indican que la utilización de bolsas de polietileno licuado mejora las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso a nivel de la subrasante. De acuerdo con el Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, el suelo se categoriza como estabilizado ya que ha sido tratado con un 12% de Fibra Polietilénica de Bagazo (BPF), dando como resultado un California Bearing Ratio (CBR) del 10,3%.



Finalmente, Cubas & Manay, (2021) nos dice que el presente estudio "Mejoramiento de subrasante para pavimento industrial de tránsito pesado utilizando escoria metálica, en estacionamiento vehicular avenida Circunvalación – Jaén – Cajamarca 2021" El objetivo principal de la tesis es mejorar el suelo de la subrasante mediante la incorporación de escoria metálica en la construcción de pavimentos industriales que soporten tráfico pesado en los aparcamientos de vehículos de la Avenida Circunvalación - Jaén - Cajamarca en 2021. Se realizaron análisis experimentales para demostrar que la incorporación de escoria metálica en concentraciones de 2,0%, 4,0% y 8,0% mejora sustancialmente la capacidad portante de la subrasante en el estacionamiento ubicado en la avenida circunvalación. El tipo de suelo se identificó utilizando la clasificación SUCS como SC - SM, que significa una mezcla de arena arcillosa y arena limosa. Según la norma AASHTO, el suelo se clasifica como A-2-4 (0), lo que indica que se trata de una combinación de suelo arenoso y arcilloso con presencia de grava. El laboratorio realiza numerosas pruebas, como análisis granulométricos, límites de Atterberg, contenido de humedad, Proctor modificado y California Bearing Ratio (CBR). Analizaremos los resultados de las pruebas realizadas para determinar las respuestas a nuestros problemas y alcanzar los objetivos deseados. Según los datos de laboratorio, la cantidad óptima de escoria metálica para un suelo de tipo SC-SM o A-2-4(0) es del 4,0%. Esta dosificación mejora en gran medida la capacidad de la subrasante para soportar cargas pesadas.

2.1.3 Antecedente de ámbito local.

Para, Flores & Mayta, (2022) su investigación titulada "Mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas incorporando PET y cal en la subrasante de la carretera Unocolla, Puno - 2022", El objetivo es mejorar los atributos físicos y mecánicos de la subrasante mediante la introducción de PET y 5% de cal por inyección. El estudio empleó la técnica hipotético-deductiva, específicamente la variante aplicada y un diseño



experimental. Los estudios se realizaron siguiendo las indicaciones del manual de ensayos de materiales del MTC. Se realizaron análisis de laboratorio en el suelo de subrasante en el casco urbano de Unocolla, específicamente desde el kilómetro 0+000 al 1+000 en dirección al casco urbano de Chacas. El objetivo de estos ensayos fue evaluar diversas propiedades de los suelos, incluyendo contenido de humedad, distribución granulométrica, límites de plasticidad, compactación Proctor modificada y California Bearing Ratio (CBR). Los experimentos se realizaron en muestras de suelo, tanto con y sin la inclusión de tereftalato de polietileno (PET) en concentraciones de 2%, 4% y 6%, además de 5% de cal. En resumen, la adición de PET fragmentado y cal no produjo ninguna mejora significativa en las propiedades físicas y mecánicas de nuestra subrasante. Los estudios han descubierto que la cantidad óptima de PET para suelos arcillosos oscila entre el 3% y el 4%. Este hallazgo es el resultado de un análisis metódico del comportamiento mostrado por las muestras durante los ensayos y su posterior comparación con otras investigaciones pertinentes.

Finalmente para, (Gamez & Vargas, 2023) su investigación titulada "Mejoramiento de Propiedades del Suelo Cohesivo de Subrasante de la Carretera Maravillas - Vilcapata con Escoria de Hornos Artesanales, Juliaca, 2023", El objetivo de este proyecto es mejorar las características del suelo El proyecto es un esfuerzo de investigación que utiliza una técnica cuantitativa e integra un diseño experimental. El segmento de carretera bajo investigación abarca una distancia de 6.45 kilómetros, con un énfasis específico en mejorar la movilidad vehicular entre las localidades de 5+500 km y 6+000 km. Utilizaremos métodos de muestreo no probabilísticos e incorporaremos formularios de recogida de datos avalados por expertos en la materia. El suelo de la subrasante se fortificará incorporando escoria de horno artesanal, un residuo generado durante el proceso de calcinación de la fabricación artesanal de ladrillos. Los resultados del estudio mostraron que el uso de escoria de horno artesanal mejoraba las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante. El índice de plasticidad (IP) original del suelo natural era del 16,52%. La incorporación de



un 10% de escoria de horno artesanal produjo una reducción del 12,65% en el índice de plasticidad (IP). Al añadir un 15% de escoria, el índice de plasticidad (IP) experimentó una reducción del 9,21%. Además, la inclusión de un 20% de escoria condujo a una disminución significativa del 6,66% en el IP. El suelo se estabilizó con la adición de una lechada que contenía un 20% de escoria. La resiliencia de la subrasante mejoró con la inclusión de proporciones variables de escoria de horno artesanal, según el ensayo CBR realizado al 95% de la densidad seca máxima. La adición de un 10% de escoria dio lugar a un aumento preciso del 2,58% en el coeficiente de soporte de California (CBR). Del mismo modo, la adición de un 15% de escoria provocó un aumento del 4,50%, y la adición de un 20% de escoria dio lugar a un aumento del 6,97%. Utilizando un 20% de escoria se obtuvo el máximo nivel de resistencia.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Pavimentos

El pavimento es una capa construida sobre la superficie del suelo con el objetivo de mejorar la transitabilidad y circulación de personas o vehículos. Puede ser de diferentes materiales, como asfalto, concreto, adoquines u otros, y se utiliza principalmente en calles, carreteras, aceras, patios, plazas y otros espacios para facilitar el desplazamiento de personas y vehículos. También se utiliza en la construcción de pistas deportivas y otros espacios donde se requiera una superficie firme y nivelada. (Salazar Tello, 2019)

2.2.1.1 Estructura de los pavimentos flexibles

Una estructura de pavimento flexible es un tipo de diseño de carretera que se compone de varias capas de materiales diferentes colocados sobre una base de suelo compactado. Estas capas se disponen de manera que distribuyan las cargas de tráfico de manera uniforme y permitan la flexión del pavimento bajo cargas dinámicas, como el paso de vehículos. (Paucar Curo, 2019)

Sobre la sub-base se coloca la capa base, que puede ser de material granular o asfáltico y actúa como una capa de soporte para la estructura del pavimento. (Paucar Curo, 2019)

Esta capa generalmente está compuesta por mezclas asfálticas o concreto asfáltico que se colocan y compactan en varias capas para lograr la resistencia y flexibilidad deseada.

Entre la capa de base y la capa de rodadura, se pueden incluir capas intermedias de refuerzo o drenaje, dependiendo de las condiciones del terreno y el clima. Estas capas adicionales ayudan a mejorar la durabilidad y la resistencia del pavimento flexible.

En resumen, la estructura de un pavimento flexible está diseñada para distribuir las cargas de tráfico de manera eficiente, proporcionar resistencia a la deformación y mejorar la durabilidad del pavimento a lo largo de su vida útil. Este tipo de diseño es comúnmente utilizado en carreteras y autopistas donde las cargas de tráfico son altas y se requiere una flexibilidad para resistir el impacto de vehículos pesados.

2.2.1.2 Subrasante

Se construye la estructura del pavimento. Para asegurar la estabilidad y resistencia adecuada, la subrasante debe cumplir con ciertos requisitos de densidad, compactación y nivelación, así como tener una capacidad de carga suficiente para soportar el tráfico previsto. (López Barbarán, 2021)

La preparación adecuada de la subrasante es fundamental para la construcción de un pavimento de calidad y duradero. Se debe realizar un adecuado análisis del suelo para determinar las características del terreno y evaluar si es necesario realizar mejoras en la subrasante, como la adición de material de relleno o la estabilización del suelo. Además, es importante mantener la subrasante libre de agua estancada, ya que la presencia de humedad puede debilitar la estructura del pavimento y causar asentamientos.

El Manual de Carreteras del MTC (2019) Esta capa es el suelo que proporciona el soporte fundacional para la estructura estructural completa de un pavimento. La

subrasante es esencial para proporcionar soporte y transferir las cargas aplicadas al pavimento. La subrasante debe poseer propiedades específicas, como estar libre de materia orgánica, residuos o compuestos inestables, y demostrar una compactación óptima. Además, es fundamental realizar ensayos para determinar las propiedades físicas y técnicas del material en cuestión.

2.2.2 *Propiedades de un suelo*

2.2.2.1 Clasificación de los suelos

Esto permite entender mejor las características y capacidades de los suelos, así como su idoneidad para diferentes usos, como la agricultura, la construcción o la conservación del medio ambiente. Hay diferentes sistemas de clasificación de suelos, siendo los más utilizados. (Servicio de Conservación de Recursos Naturales). (Labajos & Núñez, 2020)

2.2.2.2 Clasificación de suelos (sucs)

La Clasificación de Suelos (SUCS, por sus siglas en inglés) es un sistema utilizado en ingeniería civil para categorizar y describir los suelos con base en sus propiedades físicas y mecánicas. Este sistema clasifica los suelos en diferentes grupos y subgrupos en función de su granulometría, plasticidad, contenido de arena, limo y arcilla, entre otros factores. La clasificación SUCS permite a los ingenieros y geotécnicos comprender mejor el comportamiento del suelo y tomar decisiones adecuadas en el diseño de estructuras y cimentaciones. (Chavez et al., 2020)

Tabla 2

Clasificación de suelos según SUCS

Tipo de suelo	Prefijo	Subgrupo	Sufijo
Gravas	G	Bien gradadas	W



Arenas

S

Pobremente gradadas

P

2.2.2.3 Sistema de clasificación AASHTO

El sistema AASHTO generalmente está estructurado en categorías de clasificación separadas:

- La grava y la arena se clasifican como suelos granulares que consisten en partículas comparativamente grandes. La categorización de estos suelos está determinada por el tamaño de sus partículas y sus propiedades cohesivas.
- Las arcillas están compuestas principalmente de partículas de arcilla y se encuentran comúnmente en las formaciones del suelo. Se clasifican según su maleabilidad y contenido de humedad.
- El limo se refiere a suelos que están compuestos principalmente de partículas de limo. La categorización de estos suelos se basa en su viscosidad y tamaño de partículas.
- Los suelos orgánicos están compuestos por materiales orgánicos y se clasifican en función de su contenido de materia orgánica y su capacidad para sustentar otras sustancias.
- El sistema de categorización AASHTO está determinado por una variedad de factores, tales como:
 - Tamaño de las partículas: Los suelos se pueden clasificar como gruesos (que contienen grava y arena) o finos (compuestos por arcilla y limo).
 - Las pruebas de límite de Atterberg se utilizan para evaluar la plasticidad de suelos finos, clasificándolos como no plásticos, algo plásticos o excesivamente plásticos.
 - La granulometría es el proceso de medir y categorizar partículas en función de su distribución de tamaño, que se determina mediante técnicas analíticas granulométricas.
- El sistema de clasificación AASHTO proporciona una técnica sistemática y uniforme para clasificar suelos, lo que permite a los ingenieros y diseñadores de carreteras

seleccionar materiales apropiados para la construcción de carreteras y determinar los parámetros de diseño necesarios para cada categoría de suelo.

2.2.2.4 Contenido de humedad

El contenido de humedad a menudo se evalúa mediante análisis de laboratorio o métodos de campo especializados. (Shimokawa & Antonio, 2020)

2.2.2.5 Análisis granulométrico

La granulometría se refiere al examen de la disposición de los tamaños de las partículas en una sustancia granular, como suelos, agregados u otros materiales granulares. La granulometría es el proceso de medición y análisis de los distintos tamaños de las partículas de una sustancia. Se suele emplear una curva granulométrica para ilustrar la distribución del material que retienen los distintos tamaños de filtro. El tamaño de las partículas es de suma importancia en ingeniería civil y geotécnica, ya que influye directamente en diversas características del suelo, como la permeabilidad, la compactación, la resistencia y la estabilidad. Las técnicas de análisis granulométrico se emplean para evaluar y clasificar suelos y áridos, y son cruciales en el desarrollo de mezclas de hormigón, suelos estabilizados y materiales para la construcción de carreteras.

2.2.2.6 Índice de plasticidad

Los suelos con un alto índice de plasticidad tienen una mayor capacidad para retener agua y son más propensos a encogerse y expandirse en respuesta a cambios en los niveles de humedad.

2.2.2.7 Máxima densidad seca

La densidad máxima en seco es una característica de los suelos que indica la mayor cantidad de material del suelo que puede comprimirse en un volumen determinado en condiciones reguladas de humedad y compactación. La determinación se realiza

mediante un examen de laboratorio conocido como ensayo Proctor, en el que una muestra de suelo se expone a diversos grados de humedad y energía de compactación para evaluar su compresibilidad. (Huancas Correa, 2020)

La densidad seca máxima se refiere a la mayor masa de suelo que puede compactarse dentro de un volumen especificado utilizando un método de compactación controlado. El procedimiento implica la aplicación de una cantidad precisa de energía de compactación a una muestra de suelo con distintos niveles de humedad, normalmente utilizando un martillo o un pisón. El material se comprime en capas, y su densidad se mide después de que cada capa se haya secado.

La densidad máxima en seco es un parámetro crucial en los ámbitos de la ingeniería civil y geotécnica. Ofrece datos cruciales sobre la capacidad de carga del suelo, su estabilidad y su nivel de compactación. Obtener esta información es esencial para el desarrollo estratégico y la ejecución de proyectos de infraestructuras, como carreteras, cimientos y presas.

2.2.2.8 Capacidad de soporte CBR

El California Bearing Ratio (CBR) es una medida cuantificable expresada en porcentaje. El cálculo consiste en dividir la fuerza necesaria para penetrar en el suelo hasta una profundidad determinada, normalmente 2,54 mm (0,1 pulgadas) o 5,08 mm (0,2 pulgadas), por la fuerza necesaria para penetrar en un material estándar, normalmente una muestra de roca triturada compactada. Ambas penetraciones se realizan en las mismas condiciones.

El valor CBR se utiliza en la construcción de pavimentos y carreteras para evaluar la capacidad del suelo para resistir la deformación cuando se somete a una carga. Un valor CBR más alto significa que el suelo posee una mayor capacidad para soportar tensiones y, por lo tanto, es más resistente a la deformación. El California Bearing Ratio (CBR) se utiliza en la construcción de subrasantes de pavimentos, bases y capas de subbase. Es



crucial para evaluar la capacidad y calidad del suelo para soportar estructuras de pavimento.

2.2.3 Estabilización de suelos

Este procedimiento se emplea con frecuencia en la construcción de carreteras, pavimentos, cimientos y otras construcciones civiles para garantizar que el suelo pueda soportar adecuadamente las cargas estáticas y dinámicas. (Fonseca et al., 2019)

- La estabilización del suelo abarca una variedad de métodos que pueden clasificarse en dos grupos principales:
- La estabilización química consiste en mejorar las características del suelo mezclándolo con cemento Portland o cemento estabilizado con cal. El cemento reacciona químicamente con el suelo, formando compuestos que mejoran su resistencia y durabilidad.
- La lima es un cítrico que se suele utilizar por su zumo ácido y su cáscara aromática. Es conocida por su color verde brillante y su sabor ácido.
- La estabilización mecánica es el proceso de utilizar la fuerza mecánica para comprimir el suelo con el fin de aumentar su densidad y resistencia.
- La selección de la técnica óptima de estabilización del suelo depende de los atributos distintivos del suelo y de las exigencias precisas del proyecto. La estabilización del suelo se emplea para mejorar su calidad y garantizar la seguridad y durabilidad de los proyectos civiles.

2.2.3.1 Estabilización mecánicas de suelos

El objetivo de esta técnica es mejorar la capacidad de carga, la resistencia, la longevidad y la estabilidad del suelo. Esto garantiza un rendimiento óptimo del suelo bajo tensiones estáticas y dinámicas. (Fonseca et al., 2019)

La compactación implica la aplicación de energía mecánica para aumentar la densidad y la resistencia del suelo. Los compactadores de rodillos se emplean para comprimir y consolidar las partículas del suelo, reduciendo así los espacios vacíos y mejorando su capacidad para soportar cargas.

Interacción con partículas sólidas: Los materiales granulares, como la grava, la arena o la piedra triturada, se incorporan al suelo para mejorar sus características. Los componentes granulares sirven para fortificar y aumentar la estabilidad del suelo. Dependiendo de las características del suelo y de las especificaciones del proyecto, se pueden emplear varias técnicas de mezcla, como la mezcla in situ o la mezcla externa.

Beneficios de la estabilización mecánica del suelo:

- Aumenta la capacidad de carga del suelo.
- Mejora las propiedades físicas y la flexibilidad del suelo.
- Mejora la resistencia a la erosión y a la deformación.
- Aumenta la resistencia y longevidad de las estructuras civiles.

La estabilización mecánica de suelos es una técnica versátil y eficaz empleada en diversas aplicaciones, como la construcción de carreteras, la instalación de pavimentos, la construcción de cimentaciones, la formación de terraplenes y otros proyectos de ingeniería civil. Este procedimiento mejora la calidad del suelo de forma rentable y respetuosa con el medio ambiente, garantizando la estabilidad y longevidad de las estructuras construidas sobre suelo estabilizado.

2.2.3.2 Estabilización de combinación de suelos

La mezcla de suelos es el proceso de incorporación de agentes estabilizadores, como cemento, cal, Escoria metálica, polímeros u otros compuestos, al suelo existente. Estos materiales tienen la capacidad de alterar las propiedades del suelo, mejorando su



longevidad, estabilidad, capacidad de drenaje del agua, capacidad de soportar peso y resistencia a la erosión.

- La mezcla del suelo se puede lograr mediante muchos enfoques, seleccionados en función de las características individuales del suelo y de los objetivos del proyecto.
- La mezcla in situ se refiere al proceso de adición de ingredientes estabilizantes directamente en el lugar del suelo, utilizando equipos especializados tanto para la mezcla como para la compactación.
- La mezcla fuera de obra se refiere a la práctica de mezclar los elementos estabilizantes con el suelo en una instalación separada dedicada a la mezcla, en lugar de hacerlo en la propia obra. Posteriormente, la mezcla estabilizada se transporta a la obra y se coloca cuidadosamente en lugares específicamente elegidos.
- El tratamiento superficial se refiere al proceso de aplicación de compuestos estabilizantes sobre la capa superior del suelo, que posteriormente se mezclan mediante técnicas de fresado, arado o grada.
- La mezcla de suelos es una técnica comúnmente utilizada en la construcción de carreteras, cimientos, terraplenes, plataformas industriales y otras estructuras. Se emplea para aumentar las cualidades del suelo actual, garantizando la estabilidad y durabilidad de la estructura.

2.2.3.3 Estabilización por sustitución de suelos

El objetivo de esta técnica es mejorar la capacidad del suelo para soportar peso, aumentar su resistencia y durabilidad y mejorar su estabilidad. De este modo se garantiza que el suelo funcione eficazmente tanto bajo cargas estáticas como dinámicas. (Valladares et al., 2020)

El procedimiento de estabilización del suelo mediante sustitución implica los siguientes pasos sucesivos:

La excavación del suelo se refiere al acto de eliminar la capa superior del suelo natural, que puede consistir en material orgánico, arcillas blandas, suelos poco compactados o suelos con capacidad restringida para soportar peso.

La preparación del suelo conlleva los procesos de nivelación y compactación de las regiones especificadas donde tendrá lugar la sustitución del suelo, con el objetivo de establecer una base sólida y estable para el nuevo material.

La sustitución del suelo implica la inserción y consolidación de una sustancia fresca en las regiones donde se ha extraído el primer suelo. Las alternativas de material disponibles consisten en grava, arena, piedra triturada u otras sustancias granulares que proporcionan una mayor capacidad de soporte y estabilidad en comparación con el suelo natural actual.

- Las ventajas de la estabilización por sustitución del suelo incluyen
- Mejora significativa de la capacidad de carga del suelo.
- Mejora de la durabilidad, resistencia y longevidad del suelo.
- Mayor resistencia a la erosión, deformación y asentamiento.
- Mejora de las condiciones de drenaje y permeabilidad del suelo.

La estabilización por sustitución de suelos es un método que mejora de forma eficaz y económica la calidad del suelo y garantiza la seguridad y longevidad a largo plazo de las estructuras civiles. Este proceso se utiliza comúnmente en la construcción de carreteras, pavimentos, cimentaciones, terraplenes y otras construcciones que requieren una base fuerte y duradera.

2.2.3.4 Suelos estabilizados con cemento

Los suelos estabilizados con cemento son suelos cuyas características mecánicas y físicas se han mejorado mediante la incorporación de cemento al suelo original. La estabilización del suelo se emplea para aumentar su resistencia, longevidad y firmeza, modificándolo así para que cumpla los requisitos particulares de una obra de construcción.

La estabilización con cemento es el proceso de añadir una cantidad específica de cemento Portland al suelo y, a continuación, mezclarlo y compactarlo a fondo. A lo largo de este procedimiento, el cemento actúa como agente aglutinante, experimentando una reacción química con el agua del suelo y produciendo sustancias químicas que mejoran la coherencia y la durabilidad del suelo. (Villalba Velasque & Venegas Vergara, 2023)

- Mayor capacidad de recuperación y adaptación: La estabilización con cemento aumenta la capacidad del suelo para resistir la erosión, la abrasión y los agentes químicos, prolongando así su longevidad.
- El cemento mejora la impermeabilización al reducir la permeabilidad del suelo, disminuyendo así su capacidad de absorción de agua y aumentando su resistencia frente a la erosión inducida por el agua.
- El procedimiento de estabilización con cemento se lleva a cabo siguiendo los siguientes pasos:
 - Selección del suelo: Elegir el tipo de suelo apropiado para el proyecto y calcular la cantidad de cemento necesaria para alcanzar las características deseadas.
 - Mezcla: Emplear maquinaria especializada, como estabilizadoras de suelos, para fusionar cemento y suelo en proporciones precisas.
 - Compactación: Utilizar maquinaria de compactación adecuada para alcanzar la densidad prevista de la mezcla de suelo y cemento.

2.2.4 Escoria metálica

La escoria metálica es un subproducto generado durante el proceso metalúrgico que engloba diversos metales como hierro, acero, cobre, aluminio y componentes relacionados. Esta sustancia se genera al someter los minerales metálicos a altas temperaturas en un horno metalúrgico, provocando su fusión. Este procedimiento conduce a la eliminación de impurezas no metálicas, como la ganga y otros compuestos no



deseados. La escoria se forma combinando impurezas y otros elementos presentes en el mineral, como sílice, calcio, magnesio, alúmina y varios otros. (Melgarejo Illescas, 2019)

La escoria metálica es una sustancia amorfa que se solidifica rápidamente al salir del horno. Las fluctuaciones del mineral licuado dependen de sus propiedades físicas y químicas, así como de las metodologías metalúrgicas utilizadas. Las características típicas de la escoria metálica incluyen:

- La composición química de la escoria metálica depende del mineral fundido y del método metalúrgico utilizado. La sustancia está compuesta por óxidos de hierro, sílice, calcio, magnesio, alúmina y otros componentes.
- La escoria metálica presenta un aspecto vítreo que se distingue por su estructura carente de forma definida y su superficie lisa y no cristalina.
- Color: el tono de la escoria metálica puede variar del negro al gris, dependiendo de su composición química y del material que se haya fundido.
- Dureza: La dureza de la escoria metálica puede variar, de baja a alta, en función de su composición química y del método de enfriamiento utilizado.
- El material de relleno y drenaje se utiliza con frecuencia en obras de ingeniería civil.
- Los abrasivos se emplean para limpiar e imprimir superficies.
- Aditivo utilizado en el proceso de fabricación de materiales cerámicos y refractarios.
- El reciclaje de componentes metálicos extraídos de la escoria para su reutilización en la industria metalúrgica.

En resumen, la escoria metálica es un subproducto útil obtenido del proceso de fundición de metales. Tiene varios usos en la industria de la construcción, la ingeniería civil y la producción de materiales.

2.2.4.1 Composición de la escoria metálica

La composición de la escoria metálica es variada y depende del proceso metalúrgico específico del que se origina. Sin embargo, suele contener una mezcla de óxidos metálicos y no metálicos. La escoria se produce durante la fundición y refinación de metales, ya que los elementos no metálicos de los minerales reaccionan con los fundentes y se separan del metal líquido. (Gamez Condori & Vargas Condori, 2023)

- Los óxidos metálicos constan de varios compuestos, incluidos óxidos de hierro (FeO , Fe_2O_3), óxidos de aluminio (Al_2O_3), óxidos de calcio (CaO), óxidos de magnesio (MgO), óxidos de silicio (SiO_2) y óxidos de manganeso (MnO).
- El proceso metalúrgico emplea minerales y fundentes que contienen óxidos no metálicos, como sílice (SiO_2), alúmina (Al_2O_3), calcio (CaO), magnesio (MgO), manganeso (MnO) y otros óxidos.

La composición de la escoria metálica varía mucho y depende de factores como el metal específico que se produce, el tipo de mineral utilizado y las condiciones del proceso metalúrgico. Sin embargo, la escoria metálica generalmente comprende una cantidad sustancial de óxidos metálicos y no metálicos, que le confieren características distintas que la hacen apropiada para su uso en la construcción, incluida la estabilización de suelos y materiales para carreteras.

2.2.4.2 Propiedades mecánicas de las escorias metálicas

Las características mecánicas de las escorias metálicas pueden diferir significativamente según su composición química, técnica de producción y metal de origen. Sin embargo, las escorias metálicas suelen poseer características mecánicas convencionales específicas, tales como. (Cosio Huillca & Franco Centeno, 2023)

- Las escorias metálicas pueden presentar un amplio rango de dureza, que está determinada por su composición química y el método de enfriamiento. Se pueden



emplear varias técnicas, como la escala de Mohs o la escala de dureza de Vickers, para evaluar y cuantificar este atributo particular.

- Debido a su excepcional resistencia a la compresión, la escoria metálica es muy adecuada para su utilización como agregado en la construcción de carreteras, ferrocarriles y estructuras de hormigón.
- Resistencia a la abrasión: La escoria metálica exhibe una notable resistencia al desgaste, lo que la hace muy ideal para su utilización como sustancia abrasiva en la limpieza y preparación de superficies.
- La resistencia al impacto de las escorias metálicas puede diferir según su composición química y estructura. Ciertos tipos particulares de escorias pueden exhibir una mayor vulnerabilidad al agrietamiento y la fractura cuando se someten a tensiones de impacto.
- La longevidad de las escorias metálicas puede variar según su composición y estructura química. Ciertas variedades de escorias pueden presentar mayores niveles de fragilidad, mientras que otras pueden poseer mayor durabilidad y resistencia contra las fracturas.
- La escoria metálica generalmente posee un coeficiente de fricción apropiado, lo que la hace excelente para su utilización como material de relleno y drenaje en proyectos de ingeniería civil.

2.2.5 Bolsas de polietileno fundido

Las bolsas de polietileno fundido son bolsas de plástico fabricadas a partir de polietileno, un polímero termoplástico muy utilizado en el sector del embalaje debido a su adaptabilidad, resistencia y rentabilidad. Las bolsas se fabrican mediante un proceso de extrusión, en el que el polietileno se funde y se moldea en una película delgada. Luego, la película se divide con precisión, se sella de forma segura y, finalmente, se convierte en bolsas de diferentes tamaños y formas. (Chavez et al., 2020)



- Las bolsas de polietileno fundido se fabrican con polietileno, un polímero termoplástico derivado del etileno. El polietileno posee las características de ser liviano, flexible, resistente a la humedad y a la mayoría de agentes químicos y fácilmente reciclable.
- La producción de bolsas de polietileno fundido comienza con la extrusión del polietileno, durante la cual el material se funde y se forma una película delgada. La película pasa por un proceso de enfriamiento y luego se transforma en una lámina de polietileno unificada. Luego, la película se separa cuidadosamente, se cierra de forma segura y se convierte en bolsas de diferentes tamaños y formas utilizando equipos de corte y sellado.
- Características físicas: Las bolsas de polietileno fundido presentan variaciones en espesor, color, transparencia y textura de la superficie, que pueden adaptarse para adaptarse a requisitos específicos para diferentes aplicaciones. Poseen la capacidad de mostrar transparencia, opacidad o embellecerse con gráficos personalizados.
- Características: Las bolsas de polietileno fundido poseen atributos como flexibilidad, resistencia al desgarro y al impacto, impermeabilidad al agua y la capacidad de bloquear eficazmente la humedad y los productos químicos. Estas bolsas son livianas y económicas, lo que las hace adecuadas para diversas necesidades de embalaje.
- Las bolsas de polietileno fundido se utilizan en diversas industrias, incluidas la alimentaria, la agrícola, la minorista, la hotelera, la farmacéutica, la electrónica y otras. Cumplen la función de encerrar y proteger una amplia variedad de artículos, como alimentos, ropa, electrónica, productos químicos y otros bienes.

Las bolsas de polietileno fundido son bolsas de plástico fabricadas extruyendo polietileno mediante el proceso de extrusión. Se utilizan ampliamente en la industria del embalaje porque son adaptables, resistentes y rentables.

2.2.5.1 Características y propiedades de bolsas de polietileno fundido

Las bolsas de polietileno fundido son una forma de embalaje fabricado a partir de polietileno, un polímero termoplástico ampliamente utilizado en el sector del embalaje por su flexibilidad, durabilidad, rentabilidad y facilidad de producción. Las bolsas se fabrican mediante un proceso de extrusión, en el que el polietileno se funde y se le da forma de película delgada. Posteriormente, la película se segmenta con precisión, se sella de forma segura y posteriormente se transforma en bolsas de diversos tamaños y formas. (Torres Caceres, 2021)

Esta publicación ofrece un examen exhaustivo de los atributos y cualidades de las bolsas de polietileno fundido.

- El material utilizado para fabricar bolsas de polietileno fundido es etileno, que es un polímero termoplástico formado a partir de polietileno.
- El polietileno es una sustancia liviana y flexible que muestra resistencia tanto a la humedad como a la mayoría de los químicos. Además, puede reciclarse fácilmente.
- Método de fabricación: Las bolsas de polietileno fundido se producen mediante un proceso de extrusión, donde el polietileno se funde y se le da forma de película delgada.
- La película se somete a un proceso de enfriamiento y solidificación para crear una lámina de polietileno sin costuras. Posteriormente, esta lámina se divide con precisión, se sella herméticamente y se le da forma de bolsas de varios tamaños y formas utilizando equipos de corte y sellado.
- Atributos físicos: Las bolsas de polietileno fundido presentan diferencias en espesor, colores, claridad y acabados superficiales, que se personalizan para satisfacer las necesidades individuales de cada uso.
- Tienen la capacidad de mostrar translucidez, opacidad o adornarse con diseños personalizados.
- Características que diferencian algo de los demás:



- **Flexibilidad:** Las bolsas de polietileno fundido poseen una cualidad flexible, lo que les permite moldearlas y adaptarlas sin esfuerzo para adaptarse a diversos tamaños y formas de mercancías.
- **Resiliencia:** Poseen una notable robustez y fortaleza, lo que los hace muy adecuados para transportar y mantener de forma segura una amplia gama de artículos, ya que tienen una alta resistencia al desgarro y al impacto.
- **Impermeabilidad:** Proporcionan una barrera confiable contra la humedad y los productos químicos, protegiendo los materiales empaquetados tanto de la humedad como de la contaminación.
- **Peso:** Estos artículos están contruidos con un peso reducido, facilitando su movimiento y almacenamiento. Como resultado, hay ahorros en términos de gastos de transporte y almacenamiento.
- **Económicamente,** las bolsas de papel tienen un coste de producción favorable en comparación con otros materiales de embalaje, lo que las hace muy adecuadas para embalajes a gran escala.
- Las bolsas de polietileno fundido se utilizan ampliamente en varias industrias y sectores, como el alimentario, agrícola, minorista, hotelero, farmacéutico, electrónico y otros.
- Tienen el propósito de encerrar y salvaguardar una amplia gama de cosas, incluidos alimentos, ropa, productos electrónicos, productos químicos y otros productos básicos.

Las bolsas de polietileno fundido son una opción de embalaje multifuncional, duradera, rentable y fácil de usar. Su proceso de fabricación utiliza polietileno mediante una técnica de extrusión. Debido a sus características y atributos excepcionales, son muy apropiados para una amplia gama de propósitos de embalaje en muchas industrias.



2.3 Marco conceptual

2.3.1. Bolsas

Las bolsas son contenedores flexibles y generalmente duraderos, a menudo hechos de materiales como papel, plástico o tela. Cumplen la función de encerrar, transportar o proteger una amplia gama de objetos, incluidos alimentos, bienes industriales, productos agrícolas, productos químicos y varios otros artículos. Las bolsas se ofrecen en varias dimensiones, formas y diseños, y cumplen una amplia gama de funciones tanto en entornos domésticos como industriales. (Guerrero Saavedra & Valladolid Carrasco, 2021)

2.3.2. CBR

El índice de carga de California (CBR) es una medida cuantitativa que evalúa la capacidad relativa del suelo para soportar cargas, particularmente con el fin de construir pavimentos y carreteras. La determinación se logra mediante la realización de un examen de laboratorio que compara la presión necesaria para la penetración del suelo con la presión necesaria para la penetración de una sustancia estándar, a menudo una muestra de roca triturada comprimida, en las mismas condiciones. (Flores Ruiz & Romero Mendo, 2023)

2.3.3. Contenido de humedad

El contenido de humedad del suelo es la cantidad de agua que hay en el suelo, expresada como porcentaje del peso del suelo cuando está completamente seco. El contenido de humedad del suelo es un factor vital en la ingeniería civil ya que afecta directamente las propiedades y el comportamiento del suelo, como su plasticidad, compresibilidad, resistencia y capacidad de carga. El contenido de humedad a menudo se evalúa mediante pruebas de laboratorio o métodos de campo especializados. (Pineda Nina, 2019)

2.3.4. Estabilización

La estabilización de suelos es un método utilizado en ingeniería civil para mejorar las propiedades del suelo natural, aumentando así su capacidad para soportar peso, su resistencia al desgaste, su vida útil y su estabilidad. El procedimiento implica la adición de sustancias o la aplicación de técnicas para modificar las características del suelo, como compactarlo o inyectar cemento, cal, materiales granulares u otros agentes para mejorar su estabilidad. El objetivo es adquirir terrenos aptos para la construcción de infraestructura civil, abarcando caminos, pavimentos, cimentaciones, terraplenes y otras estructuras, garantizando su seguridad y durabilidad. (Torres Caceres, 2021)

2.3.5. Escoria metálica

La escoria metálica es el subproducto que queda después de los procesos metalúrgicos. Durante el proceso de fundición y refinación, el metal sufre una transformación en la que se funden y eliminan impurezas y componentes no metálicos, dando como resultado la creación de una nueva sustancia. La sustancia se compone principalmente de óxidos metálicos y no metálicos, y su composición precisa varía según el metal particular y la técnica de producción utilizada. La escoria metálica se utiliza en varias aplicaciones, como la construcción, la fabricación de cemento, el refuerzo de suelos y la fabricación de materiales de construcción. (Cosio Huilca & Franco Centeno, 2023)

2.3.6. Índice plástico

El Índice de Plasticidad (PI) es una medida numérica de la capacidad de un suelo para cambiar de forma y sufrir deformación sin romperse cuando se somete a fuerzas de compresión. El atributo que se menciona a menudo se conoce como plasticidad. El cálculo implica la deducción del Límite Líquido (LL) del Límite Plástico (LP) del suelo. (Huaman Vargas & Zanabria Calderon, 2020)



2.3.7. Polietileno

El polietileno es un polímero termoplástico versátil y duradero que se usa ampliamente en diversas aplicaciones debido a su flexibilidad, durabilidad y rentabilidad. El polietileno se produce polimerizando etileno, lo que da como resultado diferentes densidades y propiedades según el proceso de fabricación específico. El polietileno se emplea en la fabricación de una amplia gama de productos, incluidos contenedores, bolsas, botellas, juguetes, tuberías y películas plásticas. Es ampliamente reconocido por su excepcional resistencia al impacto, flexibilidad y resistencia a la humedad, lo que lo hace adecuado para una amplia gama de aplicaciones. (Torres Caceres, 2021)

2.3.8. Suelos

Los suelos son el estrato superior de la corteza terrestre y comprenden una mezcla de partículas minerales y materiales orgánicos en proporciones variables. Las plantas son esenciales para establecer las condiciones ecológicas necesarias para el florecimiento de la vida en la Tierra. Los suelos están compuestos por minerales, materia orgánica, agua, aire y seres vivos. (Fonseca et al., 2019)



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de la investigación

Para el actual estudio de investigación realizada se empleó el diseño experimental, Los resultados de este experimento se presentan porque la variable independiente, que es la combinación de diversos porcentajes de escoria metálica y bolsas de polietileno fundido, se modificó intencionadamente. Esto permitió presentar los resultados. Estos componentes se proporcionan en combinaciones que se mezclan con el suelo que se utiliza para la subrasante.

3.2 Método de la investigación

Para el actual estudio realizado se utilizará el método científico, Permitirá llevar a cabo una investigación metódica, controlada, empírica y crítica de las afirmaciones hipotéticas sobre los numerosos fenómenos de los que se dice que tienen vínculos entre sí. Al tratarse de una actividad disciplinada, se dice que es sistemática porque no deja los hechos al azar. El término "empírico" se refiere al proceso de recopilación e interpretación de datos del mundo existente.

3.3 Nivel y tipo de la investigación

3.3.1 Nivel de la investigación

Entre los niveles de investigación más comunes se encuentran el exploratorio, descriptivo, correlacional, explicativo y experimental. Cada nivel implica diferentes métodos y técnicas de investigación, así como distintos objetivos y resultados esperados. (Ramos Galarza, 2020)

En el actual estudio realizado, tenemos un nivel explicativo, teniendo en cuenta que la escoria metálica y las bolsas de polietileno fundido son deliberadamente alteradas (variables independientes) antes de su incorporación al suelo, este estudio pretende examinar el impacto de dichas modificaciones en las características mecánicas y físicas del material de subrasante de la carretera investigada.

3.3.2 Tipo de la investigación

No obstante, reconoce que sus investigaciones y descubrimientos pueden dar lugar a nuevos avances y productos científicos. (Castro Maldonado et al., 2023)

El presente estudio, es de tipo **aplicativo**, Por ello, las muestras suelen consistir en procesos prácticos, pruebas realizadas en el laboratorio y un análisis previo de los datos adquiridos, aplicando los resultados obtenidos en la investigación anterior.

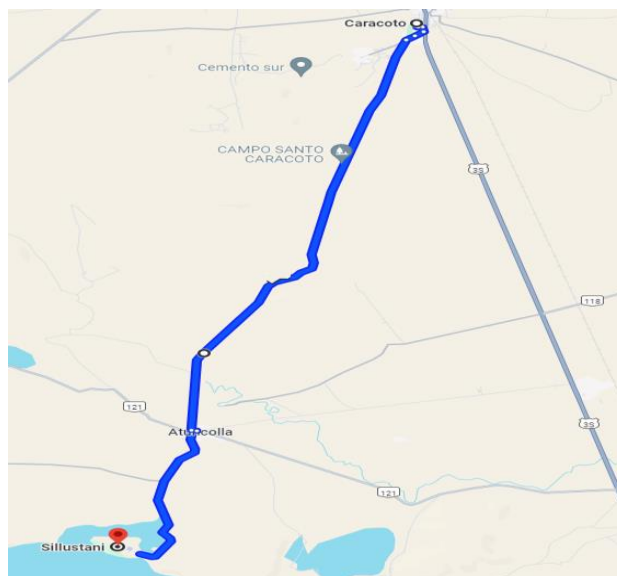
3.4 Población y muestra de la investigación

3.4.1 Población

Una vez que el módulo de análisis ha producido sus resultados, se ha marcado la población que se va a analizar y se ha determinado el lugar donde se van a obtener los resultados. Por lo tanto, la población se define como el total de hechos que coinciden con los requisitos. En el ámbito de la investigación, la carretera de la via Caracoto – Sillustani, sirvió como población investigada.

Figura 1

Mapa ubicación



Nota: carretera Caracoto – Sillustani

3.4.2 Muestra

Una muestra en el contexto de una tesis se refiere a un grupo representativo de individuos, objetos o eventos que se seleccionan para su estudio y análisis con el fin de obtener conclusiones generalizables sobre una población más amplia. La muestra debe ser seleccionada de manera aleatoria o estratificada para garantizar su representatividad y minimizar el sesgo en los resultados de la investigación. La muestra utilizada en una tesis puede ser de diferentes tamaños y características, dependiendo de la naturaleza y objetivos del proyecto de investigación.

Para la presente investigación, tenemos por muestra la vía trocha Caracoto hacia Sillustani, en el cual se realizaron 3 calicatas en 3 puntos distintos a cada 500 metros, para la extracción de las muestras para los ensayos.

Tabla 3

Numero de ensayos realizados



Descripción	IP	Grado Compactación	CBR
S-N	5	5	5
S+ 4% de EM+BPF	5	5	5
S+ 8% de EM+BPF	5	5	5
S+ 12% de EM+BPF	5	5	5
TOTAL	20	20	20

Nota: S-N (Suelo natural), EM (Escoria Metálica), BPF (Bolsas de polietileno fundido)

3.5 Técnicas e instrumentos

3.5.1 Técnicas

Las técnicas para la elaboración de una tesis son las estrategias y métodos que se utilizan para llevar a cabo la investigación y escritura de un trabajo académico de larga extensión. Algunas de estas técnicas incluyen la recopilación de información, la revisión de la literatura, la organización de ideas, la redacción de borradores, la revisión y edición del texto, entre otras. (Suárez P. et al., 2022)

Es importante tener en cuenta que las técnicas para la elaboración de una tesis pueden variar dependiendo de la disciplina en la que se esté trabajando y de los requisitos específicos de cada institución educativa. En general, es recomendable seguir un proceso sistemático y ordenado que incluya la planificación, la ejecución y la evaluación de cada etapa del trabajo de investigación.

- Observación directa

Figura 2*Muestras recabadas*

3.5.2 Instrumentos de recolección de datos investigación

Los instrumentos para una tesis son las herramientas y técnicas utilizadas para recopilar datos y obtener información relevante para la investigación. Estos instrumentos pueden ser cuestionarios, entrevistas, encuestas, observaciones, pruebas, entre otros. Su objetivo es obtener datos confiables y válidos que puedan ser analizados y utilizados para responder las preguntas de investigación planteadas en la tesis. Los instrumentos deben ser seleccionados cuidadosamente de acuerdo con los objetivos de la investigación y la población de estudio, y deben ser diseñados de manera que permitan obtener información precisa y relevante para la investigación. (Suárez P. et al., 2022)

3.6 Validación y confiabilidad del instrumento

3.6.1 Validación de los instrumentos

La validación es un aspecto crucial de la investigación, necesario para garantizar la fiabilidad de los datos recogidos.



3.6.2 Confiabilidad de instrumentos

La seguridad del instrumento es el grado en que un instrumento genera de manera consistente y confidencial datos sólidas en diversas situaciones y durante un ciclo de estación.

3.7 Plan de recolección y procesamiento de datos

3.7.1 Selección de calicatas

La selección de pozos de prueba es un aspecto vital de las investigaciones geotécnicas, geológicas y de construcción. El procedimiento implica identificar lugares precisos para las excavaciones con el fin de evaluar las propiedades del suelo o subsuelo en una región particular. Los pozos de prueba, ya sean excavados a mano o con maquinaria, proporcionan un método directo para examinar el perfil del suelo, la estratigrafía y las características físicas. Esto permite la recolección de muestras precisas que se utilizarán para análisis de laboratorio adicionales. Esta técnica es crucial para el diseño de cimientos, sistemas de drenaje, pavimento y otras formas de infraestructura.

La selección de la ubicación de los pozos de prueba debe basarse en una evaluación inicial del sitio, teniendo en cuenta aspectos como las características físicas del terreno, la composición predominante del suelo, el uso previsto del edificio y la distribución de carga sobre la estructura. Además, es crucial tener en cuenta la accesibilidad y las condiciones ambientales, ya que estos factores podrían afectar la viabilidad de la excavación. Se colocan deliberadamente pozos de prueba en toda la región de interés para recopilar datos completos y representativos sobre el área.

Después de la selección de los sitios, se excavan pozos de prueba a diferentes profundidades según los objetivos del estudio, que a menudo oscilan entre 1 y 3 metros, o hasta alcanzar una capa estable de suelo o roca. A la hora de elegir los pozos de sondeo es fundamental tener en cuenta la organización de las capas o estratos del suelo y las posibles irregularidades que puedan afectar la estabilidad del proyecto. Las observaciones

in situ incluyen la identificación de muchos factores, incluidos los tipos de suelo, los niveles de humedad, la compactación, la capacidad de carga y la presencia de agua subterránea. Simultáneamente, las muestras recolectadas se analizan para obtener información sobre las propiedades físicas y mecánicas.

En resumen, la selección de pozos de sondeo es una etapa crucial en el examen de una propiedad y la creación de diseños de construcción. Esta técnica garantiza el logro de un conocimiento profundo y preciso del suelo subyacente, garantizando así la seguridad y viabilidad del proyecto.

Figura 3

Localización de los puntos de exploración

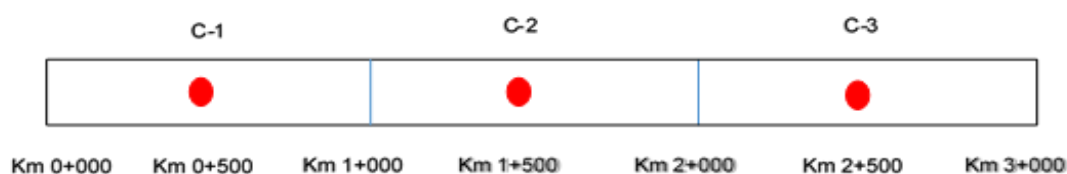


Tabla 4

Aspectos relevantes sobre las calas de terreno

Tramo	Km	Calicata	Margen
0+0 – 1+0	0+5	1	D
1+0 – 2+0	1+5	2	I
2+0 – 3+0	2+5	3	D

Figura 4

Ubicación exacta del punto C-1



Figura 5

Ubicación exacta del punto C-2



Figura 6

Ubicación exacta del punto C-3



Toma de muestra del material

El muestreo es esencial en el proceso de caracterización de suelos, agregados y otros materiales de construcción. El procedimiento implica la adquisición de muestras representativas de un fármaco bajo investigación, que luego serán analizadas en el laboratorio. Esta técnica es crucial para evaluar las propiedades físicas, mecánicas y químicas del artículo, asegurando su cumplimiento de los criterios técnicos y reglamentarios necesarios para el proyecto de construcción. Garantizar la precisión e inclusividad de las muestras recopiladas es esencial para garantizar la confiabilidad y el uso de los resultados del análisis para la toma de decisiones.

Es esencial planificar cuidadosamente el método de muestra, considerando factores como la composición del material, los objetivos del estudio y el origen geográfico del material. Cuando se trata de materiales como el suelo, las muestras a menudo se obtienen a través de pozos o perforaciones de prueba designados. Alternativamente, cuando se trata de agregados o materiales reciclados, se pueden tomar decisiones sobre



su selección, ya sea a partir de pilas de almacenamiento o en diferentes puntos del proceso de fabricación. Es fundamental prestar una estricta atención a determinados procesos para evitar cualquier contaminación o alteración de las propiedades del material durante todo el proceso de extracción.

Hay muchos métodos de muestreo diferentes disponibles, que dependen del producto químico que se muestrea y del análisis particular que se realiza. El muestreo perturbado es el acto de adquirir una muestra que no conserva su estructura inicial. Sin embargo, incluso con esta modificación, la muestra sigue siendo apropiada para realizar pruebas relacionadas con atributos como el tamaño de partícula, el contenido de humedad o la composición química. Por el contrario, el muestreo sin perturbaciones requiere mantener la integridad del material sin ningún cambio, especialmente para pruebas que evalúan la compactación, la cohesión o la resistencia al estrés. Los estudios geotécnicos analizan principalmente las propiedades intrínsecas del suelo en su estado original, ya que estas cualidades influyen directamente en la construcción de cimentaciones o pavimentos.

La elección de los dispositivos de muestreo depende de las características particulares del objeto que se está muestreando. Los muestreadores de núcleos, barrenas o baldes se utilizan a menudo para tomar muestras de suelo, mientras que las palas o palas se utilizan generalmente para agregados o materiales granulares. Es fundamental almacenar las muestras en recipientes debidamente marcados y sellados, en condiciones que impidan cualquier degradación antes del ensayo. Para mantener la integridad de las muestras de suelo, es fundamental protegerlas tanto de la desecación como de la exposición al medio ambiente.

En resumen, el proceso de muestreo de material requiere gran atención al detalle y una ejecución impecable para proporcionar resultados precisos y representativos. Es esencial en cualquier proceso de investigación o control de calidad relacionado con materiales de construcción, ya que proporciona una comprensión profunda de los atributos de estos materiales y garantiza que el diseño y la construcción sean seguros y eficientes.



Obtención de escorias metálicas y bolsas de polietileno

Las escorias metálicas son materiales residuales producidos como resultado de los procedimientos de fundición y refinación de metales. A menudo existen en varias industrias, incluidas las del acero, el hierro, el aluminio y el cobre. La adquisición de esta sustancia es una etapa crucial en el proceso de extracción y refinación de metales a partir de minerales, con el objetivo de aislar el metal valioso de cualquier contaminante. Las operaciones metalúrgicas incluyen la exposición de materiales metálicos a altas temperaturas en hornos especializados, como hornos de arco eléctrico o altos hornos. Además, se utilizan fundentes como cal, dolomita o arena. Durante el proceso de fusión, las impurezas, compuestas principalmente de óxidos, silicatos, sulfuros y otros compuestos, reaccionan químicamente con los fundentes, lo que lleva a la creación de una masa flotante en la superficie del metal líquido, denominada escoria.

La decantación es un método utilizado para separar la escoria del metal fundido aprovechando la diferencia de sus densidades, facilitando la eliminación de la escoria. Después del proceso de extracción, la escoria se somete a un procedimiento de enfriamiento, que se puede lograr sumergiéndola en agua o dejándola enfriar naturalmente en el aire. Este enfoque evalúa si la escoria tendrá una estructura vítrea o cristalina, evaluando así su uso potencial en la industria. Una vez endurecida la escoria, se pulveriza y clasifica según sus dimensiones para diferentes usos. Estas aplicaciones incluyen su uso como sustancia primaria en la fabricación de cemento (conocida como escoria granulada de alto horno), como agregados de construcción, para aislamiento térmico, como relleno de carreteras o como componente en suelos estabilizados.

El uso de escorias metálicas ha adquirido gran importancia en la búsqueda de soluciones sostenibles en el sector. El reciclaje y reutilización de escorias metálicas reduce los residuos sólidos industriales y promueve la conservación de los recursos naturales mediante la sustitución de materiales frescos en otros usos. El uso de este químico en la producción de cementos y concreto mejora las características de durabilidad y longevidad de estos materiales. La adquisición y el tratamiento de escorias metálicas son esenciales

no sólo en el campo de la metalurgia, sino que también sirven como un activo importante para promover la economía circular y garantizar la sostenibilidad industrial.

Adquirir Bolsas de Polietileno

Las bolsas de polietileno, utilizadas a menudo para el almacenamiento y transporte de mercancías en el ámbito cotidiano, se producen mediante un procedimiento industrial que implica la polimerización de etileno, un gas obtenido de fuentes de petróleo o gas natural. El polietileno es un polímero termoplástico que se crea combinando moléculas de etileno mediante un proceso llamado polimerización, que ocurre bajo alta presión y temperatura. Este proceso crea largas cadenas de polímeros compuestas de átomos de carbono e hidrógeno.

Las bolsas de polietileno se producen utilizando varias formas de polietileno, siendo las más frecuentes el polietileno de baja densidad (LDPE) y el polietileno de alta densidad (HDPE). El LDPE se distingue por su flexibilidad y capacidad de resistir la humedad, mientras que el HDPE se caracteriza por su rigidez y durabilidad, lo que permite producir bolsas que duran más.

El proceso de producción comienza con la fusión del polietileno en extrusoras, que luego se convierte en una película continua mediante el uso de una tecnología llamada extrusión por soplado. Esta técnica implica la expulsión de polietileno derretido a través de una boquilla, seguida de su expansión utilizando aire para crear un objeto plástico esférico. Durante la fase de enfriamiento, la burbuja sufre una metamorfosis y se transforma en una fina capa. Posteriormente, la película se enrolla cuidadosamente y se corta con precisión según los requisitos particulares para fabricar las bolsas. Además, el bolso está equipado con características adicionales como asas, sellado e inclusión de logotipos o marcas, según el uso previsto. El deterioro prolongado de las bolsas de polietileno en el medio ambiente ha generado una creciente preocupación por sus consecuencias ecológicas. En consecuencia, la importancia del reciclaje de bolsas de polietileno ha aumentado en las últimas décadas. Las bolsas recicladas se pueden transformar en nuevos productos de plástico, como mobiliario urbano, tuberías o más bolsas, mediante métodos mecánicos o



químicos. Sin embargo, el reciclaje de estos materiales todavía encuentra obstáculos científicos y económicos. En consecuencia, los científicos están explorando alternativas biodegradables o compostables para reemplazar el polietileno en algunas aplicaciones.

En resumen, la producción de bolsas de polietileno supone un procedimiento industrial muy eficiente y adaptable, que permite fabricar artículos que tienen una importancia sustancial en la sociedad contemporánea. Sin embargo, presenta dificultades debido a sus consecuencias ecológicas, lo que impulsa el avance de la tecnología de reciclaje y la exploración de materiales alternativos que exhiban una mayor sostenibilidad ecológica.

Ensayos en laboratorio

1. Contenido de humedad:

crucial para comprender las propiedades de los suelos, agregados y otros materiales de construcción en los dominios de la ingeniería civil y geotécnica. Este atributo influye significativamente en las propiedades mecánicas, la estabilidad y la capacidad de soportar cargas de los materiales, así como en su proceso de compactación y resistencia.

En entornos de laboratorio, el contenido de humedad en suelos y materiales granulares a menudo se determina extrayendo una muestra representativa y exponiéndola a un secado controlado en un horno a una temperatura determinada (generalmente entre 105 y 110 °C) hasta que se elimina toda el agua. El contenido de humedad se mide calculando la diferencia porcentual entre el peso original del material y su peso después del proceso de secado, respecto al peso de la sustancia cuando está completamente seca. Este parámetro es crucial en el estudio del suelo ya que impacta directamente la cohesión, densidad y capacidad de respuesta a fuerzas externas. En consecuencia, tiene un impacto significativo en las decisiones de diseño tomadas para cimientos, pavimentos y otros proyectos de infraestructura.

Es esencial controlar el nivel de humedad en cada etapa del proceso de fabricación de componentes prefabricados de hormigón, como los adoquines. Un contenido

inadecuado de agua en la mezcla de concreto puede tener un efecto adverso en la durabilidad y vida útil del producto final. El control preciso de los niveles de humedad es esencial en la estabilización del suelo cuando se introducen productos químicos como cemento, cal o agentes químicos. Una cantidad excesiva o inadecuada de agua podría alterar el proceso de estabilización.

En resumen, el contenido de humedad de los materiales de construcción es un factor vital que impacta en gran medida en su calidad y comportamiento, tanto durante su estado original como durante su procesamiento y utilización en proyectos de ingeniería civil. La garantía de la seguridad, estabilidad y longevidad de las estructuras depende en gran medida del seguimiento y regulación de su desempeño.

2. Ensayo de límites de consistencia:

Figura 7

Ensayos de laboratorio



La prueba de límites de consistencia, a veces denominada prueba de límites de Atterberg, es un examen geotécnico que se utiliza para determinar las características plásticas y de flujo de suelos finos, particularmente aquellos que contienen arcillas. Esta



prueba clasifica los suelos según su respuesta a los cambios en los niveles de humedad, particularmente en la definición de los límites de su firmeza. Para comprender plenamente la transición del suelo de un estado seco a un estado plástico y, en última instancia, a un estado líquido, es necesario tener una comprensión profunda de los límites y limitaciones asociados. Desempeñan un papel crucial en la predicción del comportamiento del suelo bajo diferentes condiciones de humedad, carga y compactación, y son esenciales en la planificación de proyectos de construcción y el desarrollo de cimentaciones.

El estudio de las limitaciones de consistencia comprende tres evaluaciones principales:

El límite líquido (LL) es el nivel de humedad en el que el suelo sufre un cambio de una condición plástica a una condición líquida. En tales condiciones, el suelo demuestra una propiedad similar a la de un líquido, fluyendo fácilmente en reacción incluso a una pequeña deformación. La prueba de límite líquido se realiza utilizando un aparato de Casagrande, en el que se coloca una muestra de suelo húmedo en una pequeña taza que se divide por la mitad mediante una ranura. Luego, la muestra se golpea repetidamente contra una base fuerte.

El Límite Plástico (PL) es el contenido de humedad al cual el suelo cambia de una condición semisólida a una plástica. En tales condiciones, el suelo exhibe una naturaleza flexible y maleable, lo que permite darle forma sin fracturarse ni desarrollar fisuras. Para determinar el límite plástico, se hace rodar una pequeña cantidad de tierra sobre una superficie plana hasta que adquiere la forma de cilindros delgados con un diámetro de aproximadamente 3 mm.

El Índice de Flexibilidad (PI) es una métrica numérica que cuantifica el grado de flexibilidad que exhibe un material. Un índice de plasticidad más alto indica una mayor deformabilidad del suelo sin romperse, lo que sugiere una mayor cohesividad en suelos arcillosos.

Los resultados de las pruebas de límites de consistencia permiten categorizar los suelos según su plasticidad y susceptibilidad al agua, lo que es crucial para la planificación

de proyectos de construcción sobre suelos finos. Los suelos que tienen un límite líquido alto y un índice de plasticidad alto son más susceptibles a la expansión y contracción cuando los niveles de humedad fluctúan. Esto tiene el potencial de afectar la estabilidad de los edificios construidos sobre diversos tipos de suelo. Por otro lado, los suelos con menos limitaciones suelen ser más estables, pero tienen menos cohesividad. En consecuencia, estos suelos pueden necesitar el uso de medidas de estabilización para mejorar su capacidad para soportar cargas.

En general, la prueba de límites de consistencia ofrece información útil sobre las características físicas de los suelos finos. Al evaluar el comportamiento del suelo bajo diferentes niveles de humedad, los ingenieros y profesionales geotécnicos pueden emitir juicios informados sobre el diseño y la construcción.

3. Ensayo de análisis granulométrico:

Figura 8

Granulometría



La prueba de análisis granulométrico es un proceso geotécnico utilizado para determinar la distribución del tamaño de partículas en el suelo o agregado. La realización de investigaciones es fundamental para categorizar suelos y materiales granulares según su tamaño, ya que las propiedades mecánicas y físicas de estos materiales están muy



influenciadas por la composición granulométrica de estos. La prueba puede realizarse en suelos de diversos grados de aspereza; sin embargo, la metodología utilizada depende del tamaño de las partículas.

Esta prueba ofrece datos sobre la dispersión comparativa de varios tamaños de partículas en una muestra, lo que permite evaluar su idoneidad para una variedad de aplicaciones que incluyen construcción de carreteras, cimientos, terraplenes y rellenos. Además, ayuda a predecir la permeabilidad, compactabilidad y capacidad de carga del suelo, factores esenciales en los campos de la ingeniería civil y la geotecnia.

Hay dos métodos principales utilizados para el análisis del tamaño de grano:

El tamizado es un método que se puede utilizar para separar partículas de suciedad grandes. El tamizado es un método comúnmente utilizado para separar partículas con un tamaño superior a 75 micrones, concretamente arenas y gravas. Este procedimiento implica el uso de una sucesión de tamices con aberturas progresivamente decrecientes, organizados en un orden determinado. La muestra de suelo se coloca en el tamiz superior y luego se somete a agitación mecánica, lo que hace que las partículas más pequeñas atraviesen los tamices colocados debajo. Una vez finalizada la prueba, se mide la cantidad de material que queda en cada tamiz y se determina la proporción total de partículas que han pasado a través de cada tamiz. El resultado se muestra visualmente mediante una curva de tamaño de grano, lo que permite evaluar la dispersión de los tamaños de partículas.

El análisis hidrómetro es un método utilizado para investigar las propiedades de los suelos que contienen partículas finas. El tamizado no es eficaz para suelos que contienen partículas de menos de 75 micrones, como limos y arcillas, debido al tamaño minúsculo de estas partículas. Alternativamente, se utiliza el método del hidrómetro, que se basa en la sedimentación de partículas en un líquido para determinar la dispersión de partículas de dimensiones diminutas. El principio fundamental de este enfoque tiene sus raíces en la ley de Stokes, que afirma que las partículas dentro de un fluido se sedimentan a velocidades variables dependiendo de sus respectivos tamaños. El hidrómetro se utiliza para medir la



concentración de partículas suspendidas a varias profundidades durante un período determinado, lo que ayuda a evaluar la distribución del tamaño de las partículas.

Resultados del análisis del tamaño de grano.

Después de obtener los resultados de ambas técnicas, se genera una curva de distribución granulométrica. Esta curva representa visualmente la proporción de partículas que atraviesan los tamices o se depositan en el líquido, según lo determinado por sus respectivos tamaños. Esta curva produce variables esenciales.

El diámetro efectivo, a menudo conocido como D_{10} , se refiere al tamaño de partícula en el que se concentra el 10% de la masa total de la muestra.

El coeficiente de uniformidad (C_u) es una métrica que cuantifica la distribución de tamaños de partículas. Se calcula dividiendo el tamaño de partícula al que pasa el 60% de las partículas por el tamaño efectivo (D_{60}/D_{10}). El parámetro C_u cuantifica la gradación del suelo, donde un valor alto de C_u significa un suelo con tamaño de grano uniforme y un valor bajo de C_u significa un suelo con tamaño de grano heterogéneo.

El coeficiente de curvatura (C_c) es un parámetro utilizado para caracterizar con precisión la forma de la curva de tamaño de grano. El valor se determina utilizando el procedimiento de elevar al cuadrado D_{30} y dividirlo por el producto de D_{10} y D_{60} . Una evaluación exitosa se indica mediante un número entero que se encuentra dentro del rango numérico de 1 a 3.

La distribución del tamaño de grano es de suma importancia en la ingeniería civil ya que tiene un impacto directo en cualidades cruciales del suelo como la capacidad de drenaje, la estabilidad y la compactabilidad. Los suelos que poseen un tamaño de grano constante tienden a presentar una compresión reducida y una mayor permeabilidad a fluidos o gases. Por otro lado, los suelos que están bien graduados exhiben una mayor compresibilidad mientras experimentan una menor permeabilidad.

El análisis del tamaño de grano desempeña un papel vital en la construcción de carreteras y pavimentos al permitir la selección precisa de materiales y mezclas que proporcionan el nivel necesario de resistencia y durabilidad. Una comprensión integral de

la distribución de los tamaños de grano es crucial en la construcción de cimientos para reducir los problemas de asentamiento y garantizar la resiliencia a largo plazo del proyecto.

La prueba de análisis del tamaño de grano ofrece una comprensión integral de la dispersión del tamaño de las partículas en un suelo o material granular. Los ingenieros pueden mejorar el diseño y construcción de infraestructuras considerando las características mecánicas y el comportamiento de los materiales.

4. Proctor modificado:

La prueba Proctor modificada se realiza utilizando un enfoque idéntico a la prueba Proctor estándar, excepto con un mayor nivel de energía de compactación. La principal distinción está en el uso de un martillo más grande y una mayor altura de caída, lo que reproduce condiciones más desafiantes para la compactación en el campo.

Procedimiento de prueba

La preparación de muestras implica la creación de una muestra representativa de tierra o material granular, a menudo después de que se haya secado previamente. La sustancia se combina con cantidades variables de agua para generar muestras con diversos niveles de humedad.

El procedimiento de compactación en moldes consiste en colocar la muestra en un molde cilíndrico con un volumen predeterminado y luego compactarla en cinco etapas. La compactación de cada capa se logra mediante un martillo de 4,5 kg, que se lanza desde una altura de 45 cm sobre la muestra. Cada capa se somete a 25 golpes, lo que da como resultado un mayor nivel de energía de compactación en comparación con el enfoque Proctor habitual.

La determinación de la densidad implica comprimir la muestra y luego retirarla del molde. Luego se mide el peso de la muestra para obtener la densidad húmeda del material. Luego la muestra se deshidrata en un horno para determinar su contenido de humedad.

Se genera una curva de compactación trazando los resultados de las mediciones de densidad seca frente a los datos de contenido de humedad asociados. El punto más

alto de esta curva representa la densidad seca máxima, mientras que el nivel de humedad en este punto indica el contenido de humedad ideal.

Importancia de la prueba supervisora modificada

Esta prueba es vital para confirmar que el suelo o material granular utilizado en una obra tiene la densidad adecuada para soportar las cargas previstas y evitar nuevos asentamientos. Una compactación inadecuada puede provocar problemas estructurales, como asentamientos importantes, capacidad de carga restringida o dificultades de drenaje, especialmente en pavimentos y estructuras grandes.

La prueba Proctor Modificada se utiliza a menudo en proyectos que necesitan una compactación meticulosa y la capacidad de soportar cargas sustanciales. La compactación efectiva de las capas de cimentación y subbase es crucial en la construcción de carreteras para evitar la distorsión causada por el peso de los vehículos. De manera similar, durante la construcción de infraestructuras como presas y aeropuertos, se utilizan pruebas Proctor Modificadas para garantizar que el suelo compactado tenga suficiente resistencia y estabilidad.

Un examen de las disparidades entre las técnicas de Proctor modificado y Proctor estándar.

El método Proctor modificado genera una mayor cantidad de energía de compactación en comparación con el método Proctor estándar, lo que genera una densidad seca máxima más alta y, a menudo, un contenido de humedad ideal más bajo. Esta distinción es vital en proyectos que necesitan una mayor durabilidad y estabilidad del suelo. La prueba Proctor modificado requiere configuraciones de campo estrictas para reproducir con precisión las circunstancias observadas en sitios de trabajo desafiantes, como carreteras o regiones expuestas a cargas dinámicas significativas.

El ensayo Proctor Modificado es una técnica crucial utilizada en proyectos de ingeniería civil para garantizar una compactación suficiente de suelos y áridos. Optimiza la correlación entre humedad y densidad para lograr el mayor nivel de estabilidad y capacidad de carga del suelo.

5. CBR:

El CBR, desarrollado por primera vez por el Departamento de Transporte de California, ha logrado el reconocimiento mundial como estándar para evaluar la capacidad de los suelos para transportar cargas. El valor CBR se mide como porcentaje y luego se compara con un suelo de referencia estándar, a menudo compuesto por una mezcla de grava triturada.

Este ensayo es fundamental para la construcción de pavimentos flexibles ya que ayuda a evaluar la calidad del suelo de subrasante, subbase y capas de base, así como su capacidad para soportar el tránsito de vehículos durante un largo período de tiempo.

Metodología para realizar la prueba California Bearing Ratio (CBR).

Preparación de la muestra: Se extrae una muestra representativa del suelo o material granular. Esta muestra puede compactarse en el laboratorio utilizando la técnica Proctor estándar o modificada, o puede adquirirse directamente del campo, ya sea de forma natural o en condiciones controladas.

Colocación en el molde: La muestra comprimida se inserta en un cilindro metálico y, si el experimento requiere niveles de humedad controlados, se satura completamente con agua. Por lo general, se permite que la muestra se drene durante un período de 24 horas para imitar las condiciones de humedad que se parecen mucho a situaciones de la vida real.

Aplicación de inicialización: Un pistón cilíndrico, de unos 50 mm de diámetro, está en contacto directo con la superficie de la tierra. Posteriormente, se aplica una fuerza vertical constante al pistón a una velocidad controlada, generalmente 1,25 mm por minuto, para penetrar el suelo hasta una profundidad de 2,5 mm y luego hasta 5 mm.

Cuantificar la resistencia a la infiltración: esto implica medir la cantidad de fuerza aplicada por el pistón a diferentes profundidades en el suelo y compararla con una muestra de suelo de referencia. El valor CBR es la relación entre la presión requerida para penetrar el suelo probado y la presión requerida para producir la misma penetración en un material de referencia, a menudo roca triturada.

El CBR (Relación de rodamiento de California) se puede determinar usando la siguiente ecuación: El CBR (Relación de rodamiento de California) se calcula dividiendo la fuerza necesaria para perforar el suelo por la fuerza necesaria para penetrar un material estándar y luego multiplicando el resultado por 100. .

Las medidas de penetración típicas son 2,5 mm y 5 mm. Generalmente, la relación de rodamiento de California (CBR) se determina utilizando la medida de 2,5 mm, a menos que el valor de 5 mm sea mayor, en cuyo caso se emplea este último.

Importancia de la prueba CBR

El valor CBR es esencial para el diseño de pavimentos y carreteras, ya que ayuda a determinar el espesor necesario de la subrasante, la subbase y las capas de base para resistir el tráfico. Los suelos que tienen un valor de California Bearing Ratio (CBR) inferior al 5% se clasifican como débiles, como arcillas blandas o suelos saturados. Estos tipos particulares de suelos necesitan la adición de capas adicionales o técnicas de estabilización. Por otro lado, los suelos con un índice de carga de California (CBR) superior al 20% tienen una capacidad de carga excepcional, comparable a la de los suelos granulares compactados. Como resultado, esto permite el uso de capas más delgadas en la creación del pavimento.

La prueba CBR es una herramienta crucial para evaluar la calidad del suelo en la construcción de carreteras y pavimentos.

Evaluar la necesidad de utilizar métodos de estabilización de suelos, como el uso de cal, cemento u otros productos químicos.

Incrementar el espesor de las capas estructurales del pavimento para optimizar la rentabilidad y mejorar la durabilidad de la infraestructura.

Factores variables que afectan la medición del CBR (California Bearing Ratio)

Varias cosas afectan el valor CBR del suelo:

Los valores están influenciados por el tipo de suelo, siendo los suelos arcillosos los que presentan valores bajos y los suelos granulares compactados los que presentan valores altos.



- La capacidad de los suelos para soportar peso a menudo se ve reducida por condiciones húmedas o muy húmedas.

- Densidad del suelo: El suelo compactado tiene un valor CBR más alto en comparación con el suelo suelto.

- Estado del drenaje: Los suelos mal drenados pueden tener valores bajos de índice de carga de California (CBR) debido a la acumulación de agua.

Aplicaciones de la prueba CBR

La prueba CBR se utiliza ampliamente en ingeniería civil, concretamente en proyectos de carreteras, pistas y pavimentación, para evaluar la capacidad de los suelos en capas estructurales para resistir las tensiones esperadas. También se utiliza para evaluar la viabilidad del uso de materiales granulares reprocesados y consolidados en la construcción.

En resumen, la prueba CBR es una técnica confiable para evaluar la capacidad de los suelos y agregados para soportar cargas, lo que la hace esencial para el diseño preciso de pavimentos y la creación de infraestructura duradera.

3.8 Procesamiento y análisis de datos

El análisis de datos es un paso esencial en la investigación que convierte datos no procesados en conocimientos significativos y valiosos. El proceso comienza con la recopilación y sistematización de datos, mediante la cual los datos adquiridos a partir de experimentos, encuestas u observaciones se clasifican y organizan sistemáticamente. En esta etapa, es crucial clasificar los datos según los criterios pertinentes y organizarlos en tablas o bases de datos. Además, se lleva a cabo una evaluación inicial para detectar errores o anomalías que puedan ocurrir debido a fallas de medición o desafíos encontrados durante la recopilación de datos. La limpieza de datos es esencial para garantizar la confiabilidad del conjunto de datos. El procedimiento incluye rectificar errores, estandarizar mediciones y resolver cualquier caso de datos faltantes.



Después de organizar y purificar los datos, se realiza un análisis descriptivo para obtener una comprensión integral de los patrones y cualidades de los datos. Este estudio implica calcular medidas estadísticas fundamentales, como la media, la mediana, la moda, la desviación estándar y la varianza. Estas métricas facilitan el reconocimiento de patrones, tendencias y la dispersión de los datos, proporcionando una primera interpretación de los resultados. El análisis gráfico mejora este método al representar gráficamente los datos mediante el uso de histogramas, diagramas de dispersión, gráficos de barras y diagramas de caja. Estos gráficos facilitan la identificación visual de patrones y correlaciones que pueden no ser evidentes en los datos numéricos no procesados.

Las investigaciones utilizan el análisis inferencial para sacar conclusiones amplias de los datos o examinar hipótesis. Esta fase implica el uso de pruebas estadísticas para verificar la significancia de los resultados. Las pruebas estadísticas de uso común incluyen las pruebas t de Student, que comparan las medias de dos grupos; Análisis de Varianza (ANOVA), que compara medias de más de dos grupos; y pruebas de correlación y regresión, que investigan asociaciones entre variables. Estas metodologías facilitan el proceso de derivar conclusiones y generar predicciones basadas en datos recopilados de un subconjunto particular de la población.

Un paso esencial en el análisis de resultados es ubicar los hallazgos dentro del marco teórico de la investigación. Los hallazgos se evalúan comparándolos con investigaciones anteriores y datos históricos para determinar el alcance de los impactos observados y su importancia práctica. Este paso es crucial para derivar hallazgos significativos y crear sugerencias basadas en los hechos.

Al final, se produce un informe de resultados que muestra efectivamente los datos de manera concisa y organizada. El informe comprende tablas, gráficos y análisis estadísticos, con el objetivo de documentar las conclusiones derivadas de los datos. Además, podría identificar posibles temas para una investigación adicional o proporcionar sugerencias prácticas. Un informe bien elaborado garantiza que los hallazgos puedan replicarse y cumplir con las normas científicas y éticas de la disciplina.



El análisis de datos es un proceso crucial que transforma los datos sin procesar en conocimientos significativos, al mismo tiempo que garantiza la precisión, relevancia y practicidad de los hallazgos.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Presentación y análisis de resultados

Los hallazgos de los experimentos de laboratorio fueron examinados cuidadosamente durante la producción de este capítulo. El objetivo principal fue la investigación de las características físicas y mecánicas de los suelos debajo de la subrasante de la carretera. En concentraciones del 4%, 8% y 12%, este estudio examina la reacción del suelo a la escoria metálica y las bolsas de polietileno derretidas. Encontrar las proporciones óptimas para la integración de la subrasante es el objetivo principal de la investigación. Para comprender cómo la adición de escoria metálica y bolsas de polietileno derretidas afectará las características generales del suelo de subrasante, los datos adquiridos son cruciales.

4.1.1 *Propiedades del suelo de la subrasante*

a. Presencia de humedad

Tabla 5

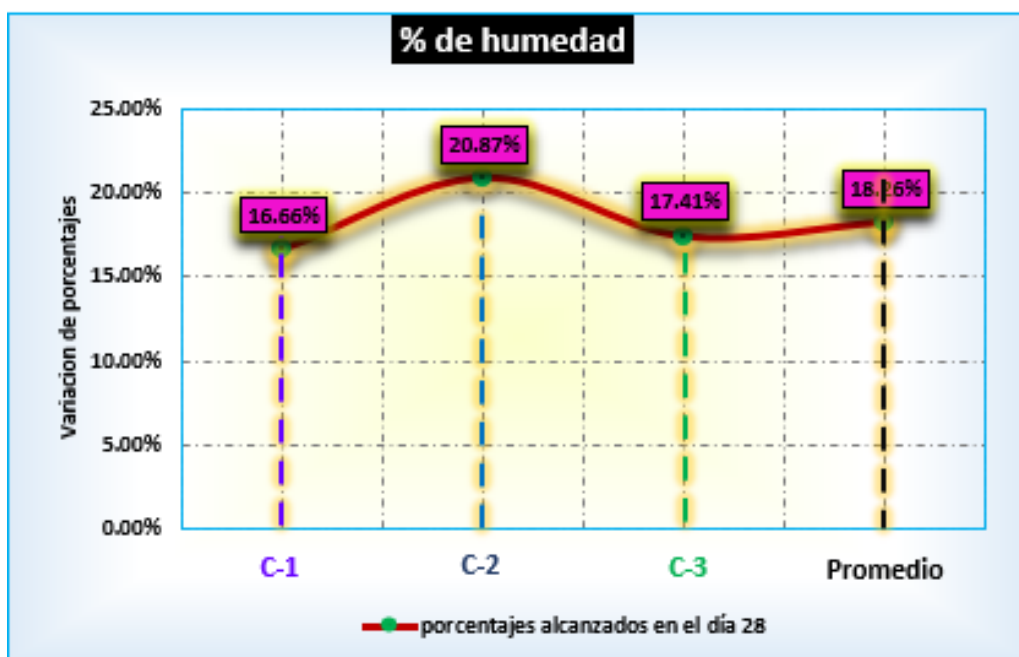
Detección de humedad en las perforaciones de campo

Calicata	(%) Humedad
T_1	16.12
T_2	20.45
T_3	17.14
Prom.	18.26

Las detecciones de la humedad en las diferentes cantidades de humedad presentada en las distintas calicatas evaluadas durante nuestro estudio, el cual tenemos como resultado que la humedad media de las muestras es 18.26%.

Figura 9

Medición de la humedad en las zanjas exploratorias



Los porcentajes de humedad hallados en las muestras nos arrojaron los datos graficados por ende se tiene una media de 18.26%.

a. Análisis granulométrico

Figura 10

Distribución de granos en el suelo de la calicata 1

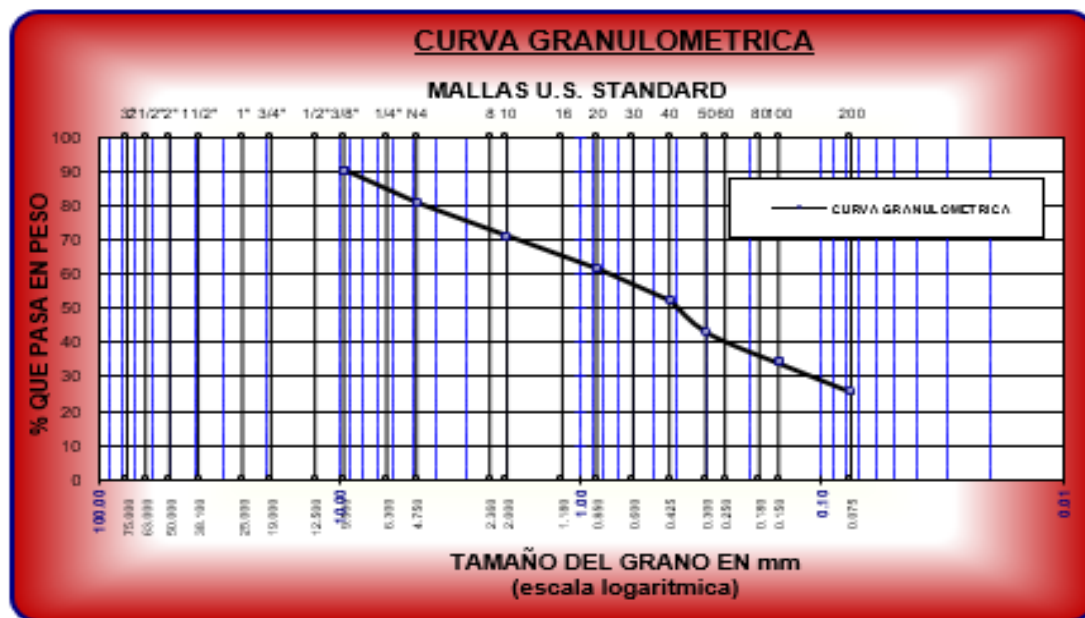


Figura 11

Distribución de granos en el suelo de la calicata 2

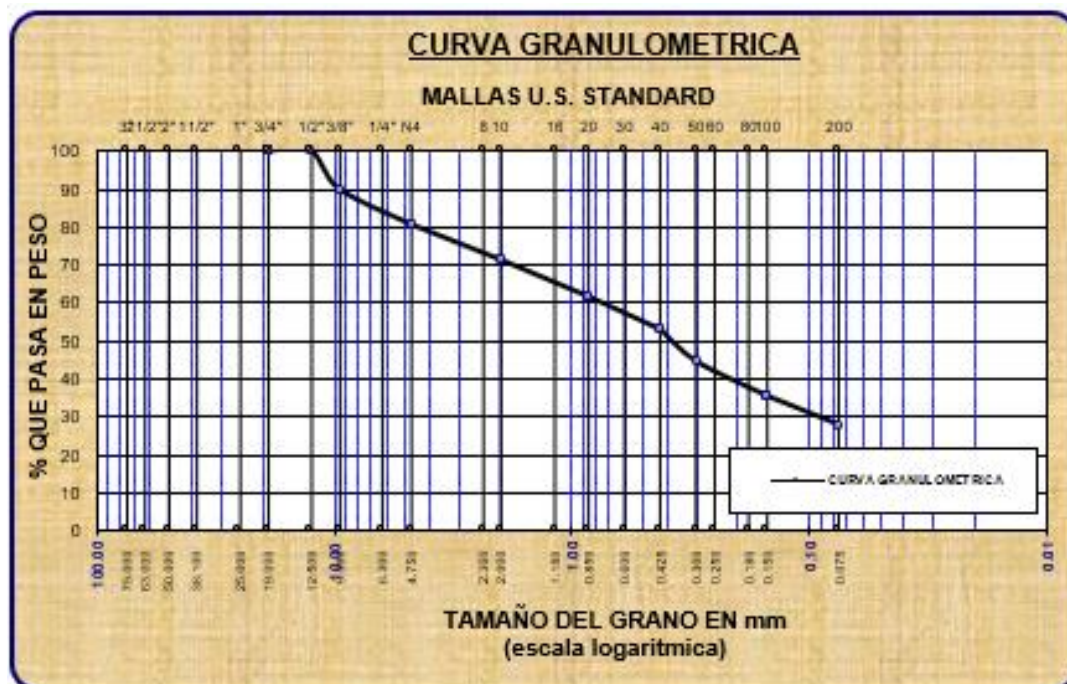
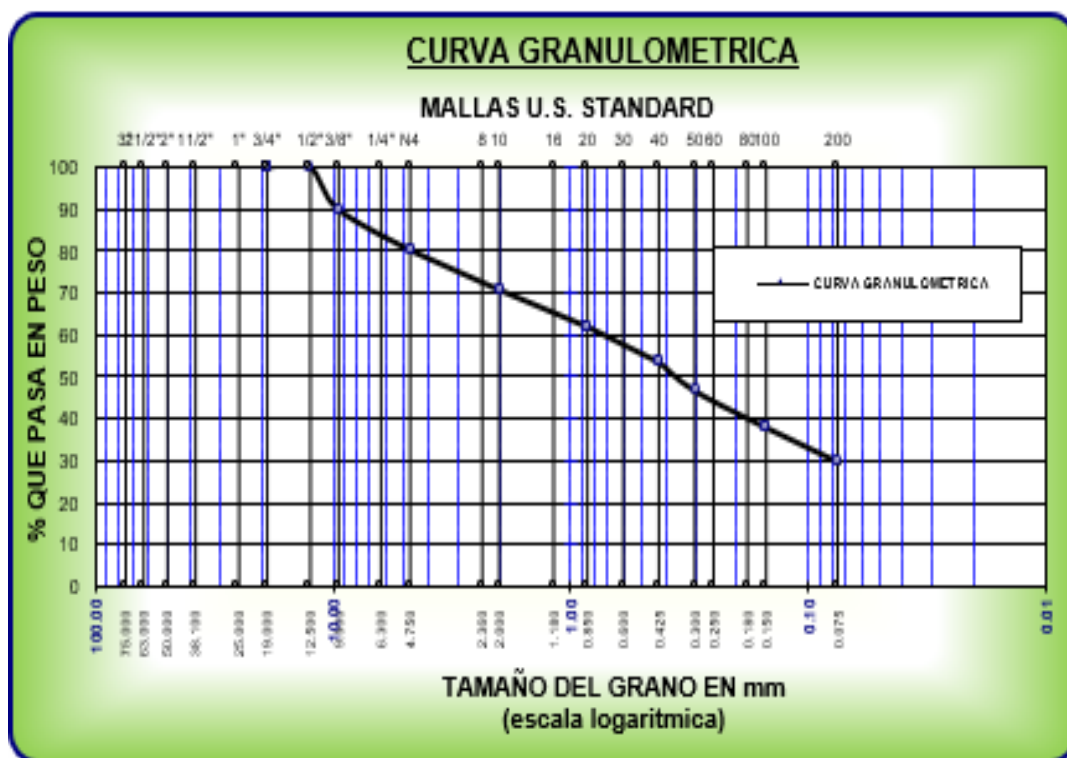


Figura 12

Distribución de granos en el suelo de la calicata C-03



b. Índice de plasticidad

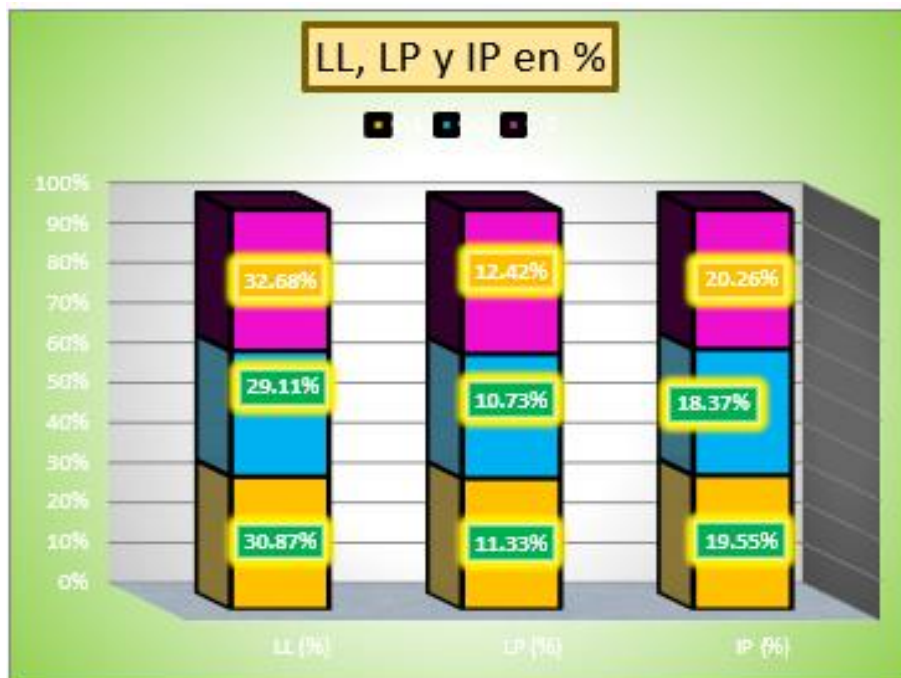
Tabla 6

Coefficiente de plasticidad en las muestras de campo

Límites de Atterberg – Subrasante			
Calicata	LL (%)	LP (%)	IP (%)
C-1	30.87%	11.33%	19.55%
C-2	29.11%	10.73%	18.37%
C-3	32.68%	12.42%	20.26%
Prom.	-	-	19.39%

Figura 13

Índice de plasticidad de las muestras naturales



Nuestro estudio analiza las distintas evoluciones de las muestras de acuerdo a los estándares establecidos, según los límites líquidos, límites plásticos e índices de plasticidad en porcentajes variables de las diferentes muestras estudiadas u analizadas.

c. Grado de compactación

Tabla 7

Grado de firmeza del terreno base.

Calicata	MDS (gr./cc.)	OCH (%)
Cal.-1	1.810	8.17
Cal.-2	1.805	8.12
Cal.-3	1.809	8.15
Prom.	1.808	8.146

Nota. gr. (gramos), cc. (centímetros cúbicos)

Figura 14

Grado de compactación de material de subrasante C-1

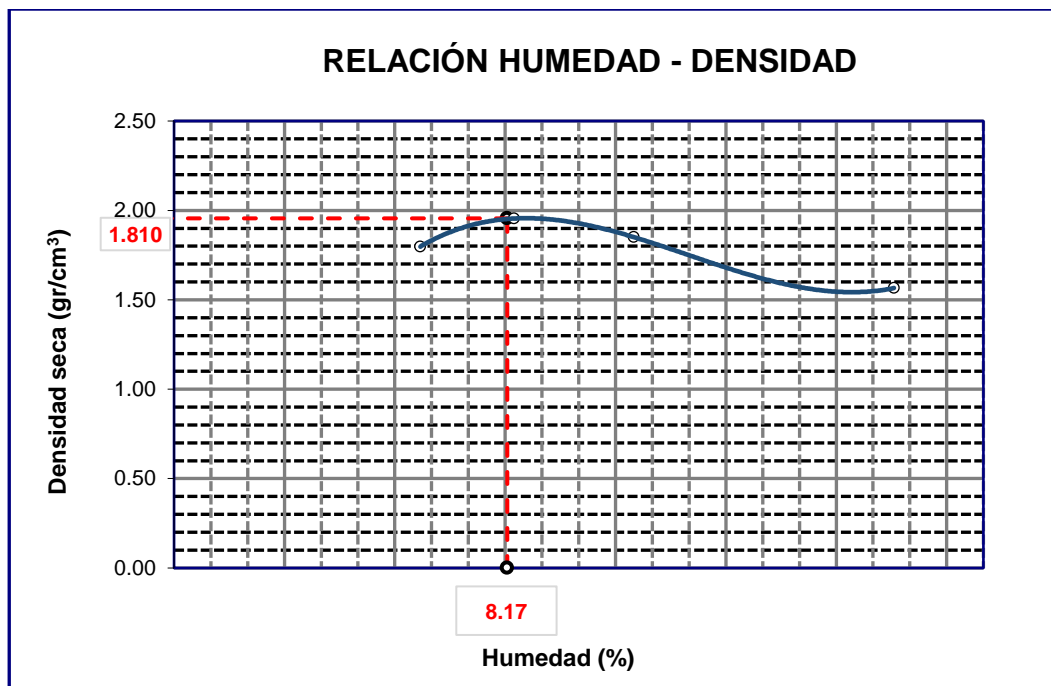


Figura 15

Grado de compactación de material de subrasante C-2

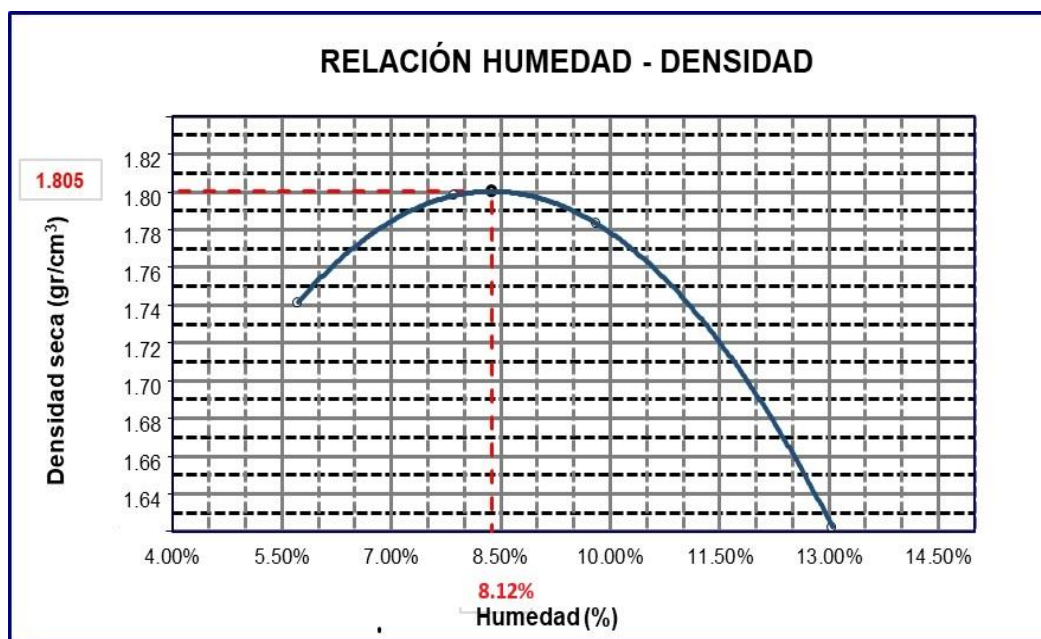


Figura 16

Grado de compactación de material de subrasante C-3

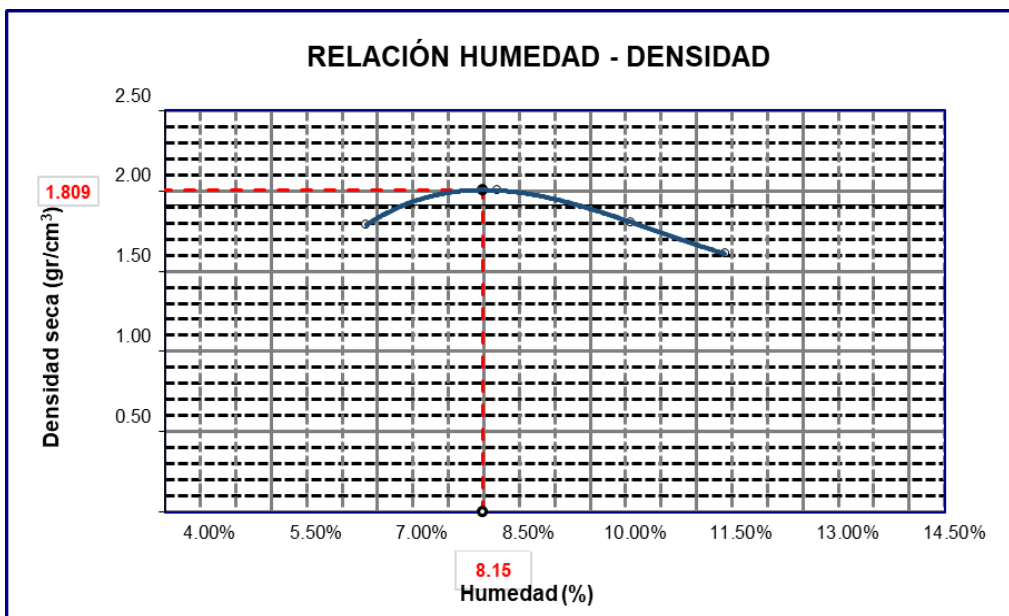


Figura 17

Evaluación comparada del apisonamiento del suelo de las muestras de subrasante



Los valores recabados por los grados de compactación se relatan en la gráfica elaborada por ende nos demuestra los distintos valores que toman las distintas muestras al ser sometida a ensayos de compactación.

d. Capacidad de soporte

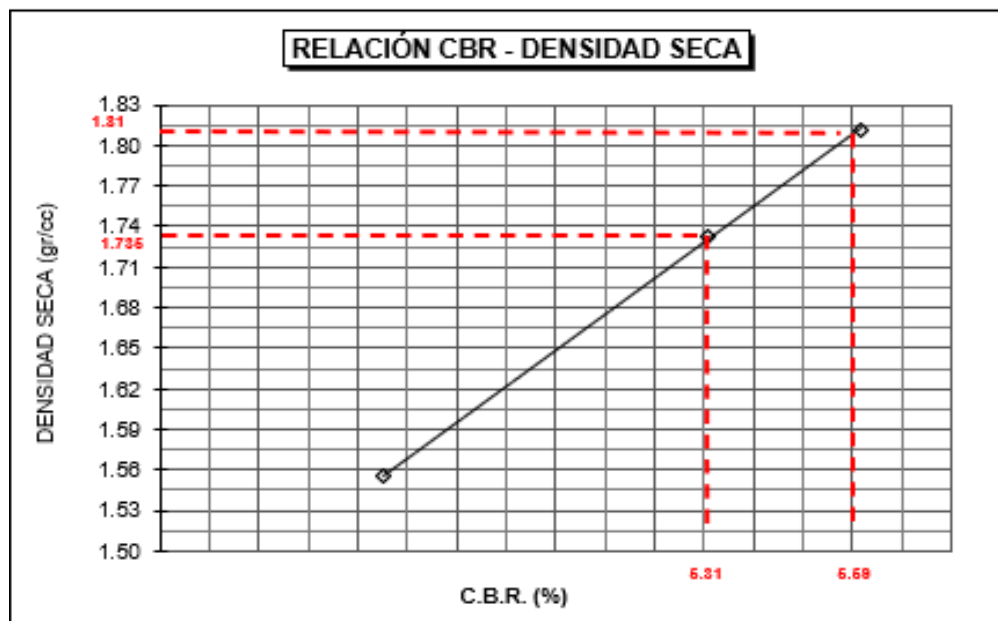
Tabla 8

Resultados de California Bearing Ratio de las calicatas

Exploración-Calicata	CBR - 100%	CBR - 95%
Tes-1	5.59	5.31
Tes-2	5.61	5.33
Tes-3	5.70	5.41
Prom.	5.63	5.35

Figura 18

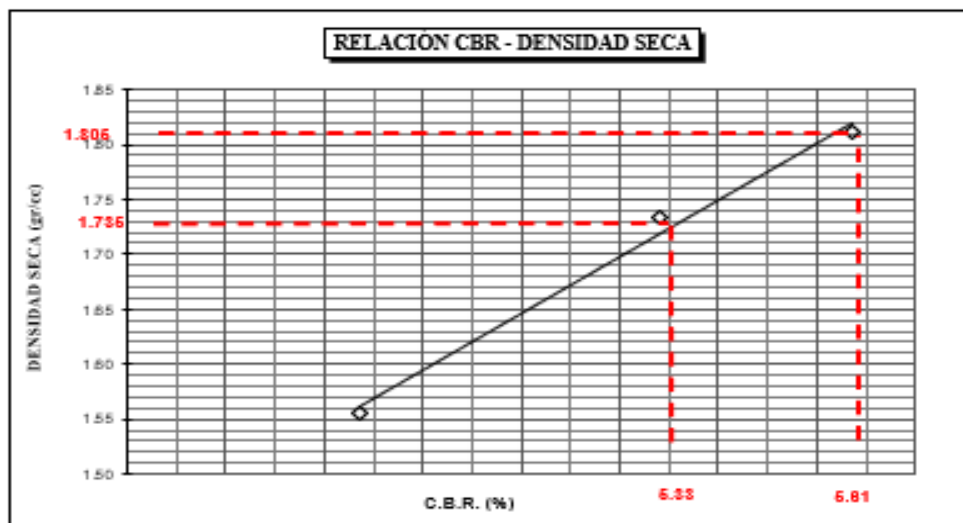
Relación de soporte de California en la calicata 1



Haciendo la Recabación de los datos en los ensayos de CBR se puede apreciar los comportamientos en porcentajes de la densidad seca, los cuales están relatados en la gráfica, teniendo como porcentaje de CBR al 95% y al 100%, esta muestra corresponde a la calicata 1 y las distintas muestras obtenidas de esta misma.

Figura 19

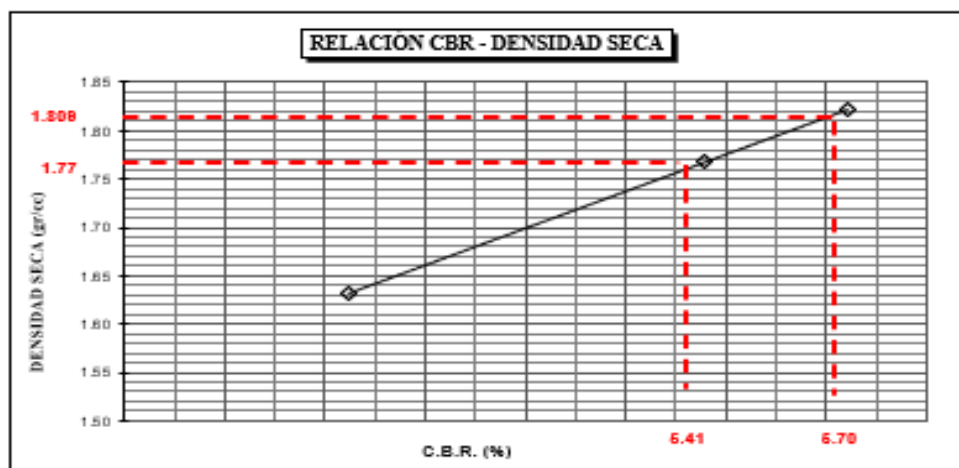
Relación de soporte de California en la calicata 2



Haciendo la Recabación de los datos en los ensayos de CBR se puede apreciar los comportamientos en porcentajes de la densidad seca, los cuales están relatados en la gráfica, teniendo como porcentaje de CBR al 95% y al 100%, esta muestra corresponde a la calicata 2 y las distintas muestras obtenidas de esta misma.

Figura 20

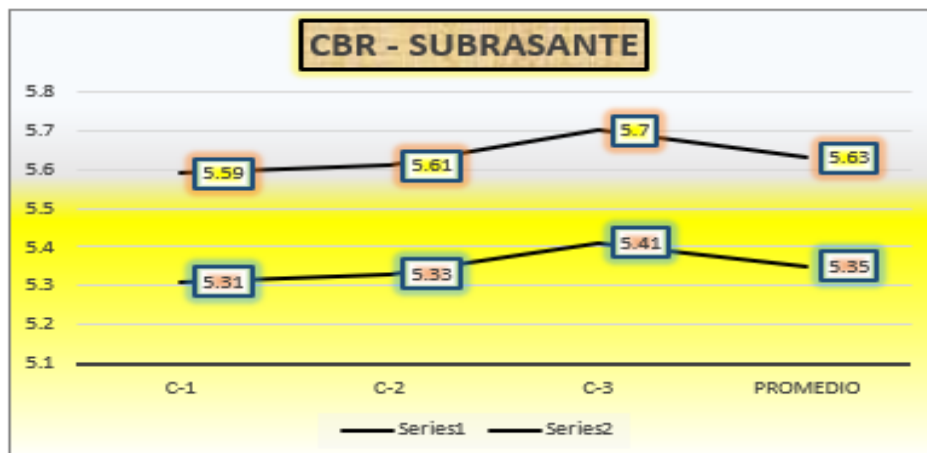
Relación de soporte de California en la calicata 3



Haciendo la Recabación de los datos en los ensayos de CBR se puede apreciar los comportamientos en porcentajes de la densidad seca, los cuales están relatados en la gráfica, teniendo como porcentaje de CBR al 95% y al 100%, esta muestra corresponde a la calicata 1 y las distintas muestras obtenidas de esta misma.

Figura 21

Informe sobre el CBR en los sondeos



Haciendo la Recabación de los datos en los ensayos de CBR se puede apreciar los comportamientos en porcentajes de la densidad seca, los cuales están relatados en la gráfica, teniendo como porcentaje de CBR al 95% y al 100%, esta muestra corresponde a la calicata 1 y las distintas muestras obtenidas de esta misma.

4.1.2 Influencia de escoria metálica y bolsas de polietileno fundido (4%,8% y 12%) en el índice de plasticidad

Tabla 9

Adición del 4% de escoria + bolsas de polietileno

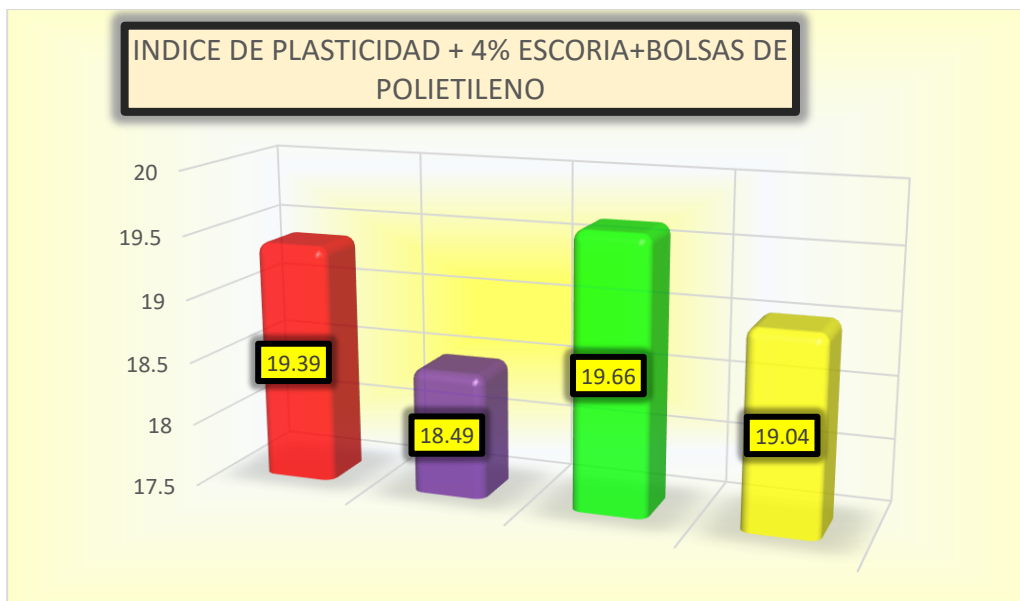
S+4% de Escoria y Bolsas de Polietileno			
Descripción	IP (%)	Prom.	Variación en (%)
S-N	19.39	-	-
+ 4% de EM+BPF	18.49		
+ 4% de EM+BPF	19.66	19.06	-1.68%
+ 4% de EM+BPF	19.04		

Nota. S-N (suelo natural), EM+BPF (escoria metálica + bolsas de polietileno fundido)

La tabla muestra de manera muy detallada de los índices de plasticidad de las muestras extraídas con adición de porcentajes variables de bolsas de polietileno y escorias de cobre, para este caso en particular se tiene que se incorporo un 4% de este material.

Figura 22

Adición del 4% de escoria + bolsas de polietileno – Índice plástico



La grafica estará relatando de manera óptima y detallada los resultados concernientes a los distintos índices de plasticidad, para este caso en particular se aplicó el 4% de esta mezcla de materiales, por ende, se puede decir que estamos optimizando el material extraído con estos dos materiales en particular.

Tabla 10

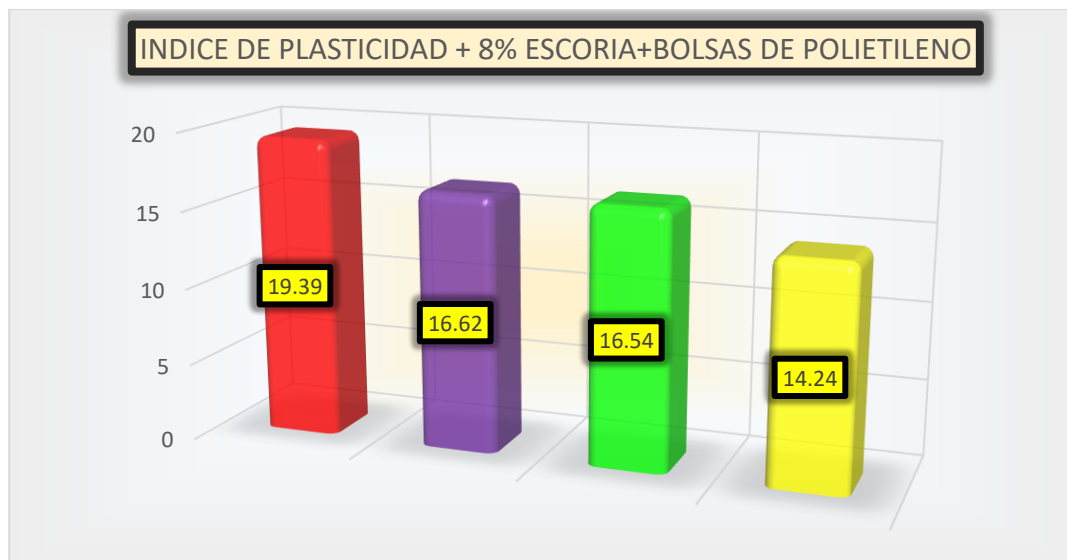
Adición del 8% de escoria + bolsas de polietileno – Índice plástico

Índice de plasticidad – S+8% de escoria + bolsas de polietileno			
Descripción	IP (%)	Prom.	Variación en (%)
S-N	19.39	-	-
+ 8% de EM+BPF	16.62		
+ 8% de EM+BPF	16.54	15.80	-18.51%
+ 8% de EM+BPF	14.24		

La tabla muestra de manera muy detallada de los índices de plasticidad de las muestras extraídas con adición de porcentajes variables de bolsas de polietileno y escorias de cobre, para este caso en particular se tiene que se incorporó un 8% de este material.

Figura 23

Adición del 8% de escoria + bolsas de polietileno – Índice plástico



La grafica estará relatando de manera óptima y detallada los resultados concernientes a los distintos índices de plasticidad, para este caso en particular se aplicó el 8% de esta mezcla de materiales, por ende, se puede decir que estamos optimizando el material extraído con estos dos materiales en particular.

Tabla 11

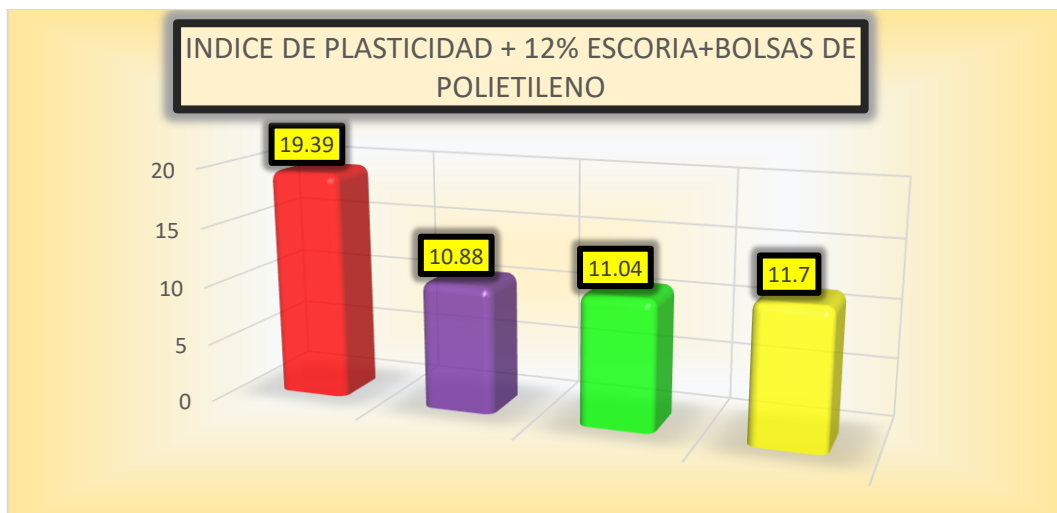
Adición del 12% de escoria + bolsas de polietileno – Índice plástico

Índice de plasticidad – S+12% de Escoria + bolsas de polietileno			
Descripción	IP (%)	Prom.	Variación en (%)
S-N	19.39	-	-
+ 12% de EM + BPF	10.88		
+ 12% de EM + BPF	11.04	11.21	-42.20%
+ 12% de EM + BPF	11.70		

La tabla muestra de manera muy detallada de los índices de plasticidad de las muestras extraídas con adición de porcentajes variables de bolsas de polietileno y escorias de cobre, para este caso en particular se tiene que se incorporó un 12% de este material.

Figura 24

Adición del 12% de escoria + bolsas de polietileno – Índice plástico



La grafica estará relatando de manera óptima y detallada los resultados concernientes a los distintos índices de plasticidad, para este caso en particular se aplicó el 4% de esta mezcla de materiales, por ende, se puede decir que estamos optimizando el material extraído con estos dos materiales en particular.

Comparativa

Tabla 12

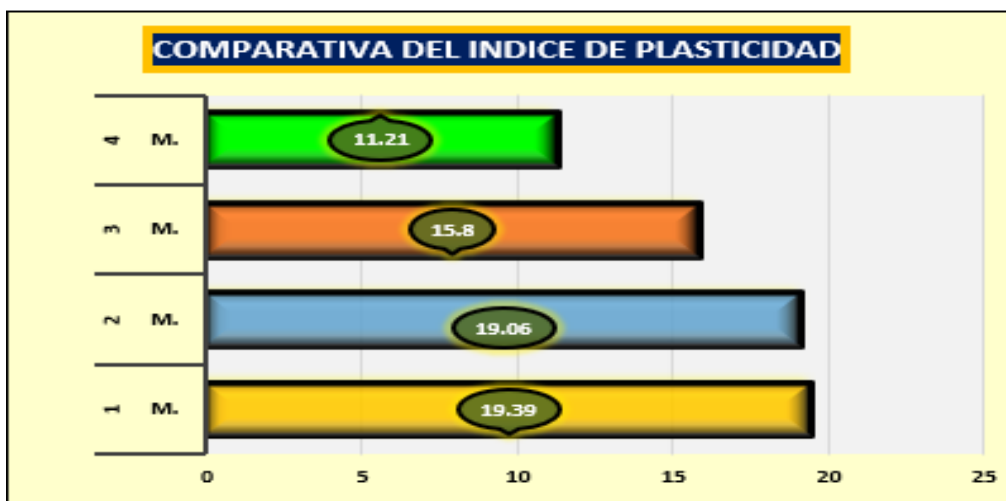
Comparativa del Índice plasticidad

S-N + % de EM+BPF		
Descripción	IP (%)	Variación en (%)
S-N	19.39	-
+ 4% de EM + BPF	19.06	-1.68%
+ 8% de EM + BPF	15.80	-18.51%
+ 12% de EM + BPF	11.21	-42.20%

La tabla muestra de manera muy detallada de los índices de plasticidad de las muestras extraídas con adición de porcentajes variables de bolsas de polietileno y escorias de cobre.

Figura 25

Comparativa de la plasticidad en los suelos estudiados



La grafica nos enseña los índices plástico de las distintas muestras con diferentes dosificaciones del material adicionante como lo son las escorias metálicas con bolsas de polietileno fundido, se puede destacar que la adición de estos materiales incrementa el índice de plasticidad cuando mayor son las dosificaciones.

4.1.3 Influencia de escoria metálica y bolsas de polietileno fundido en el grado de compactación

a) Máxima densidad seca (MDS)

Tabla 13

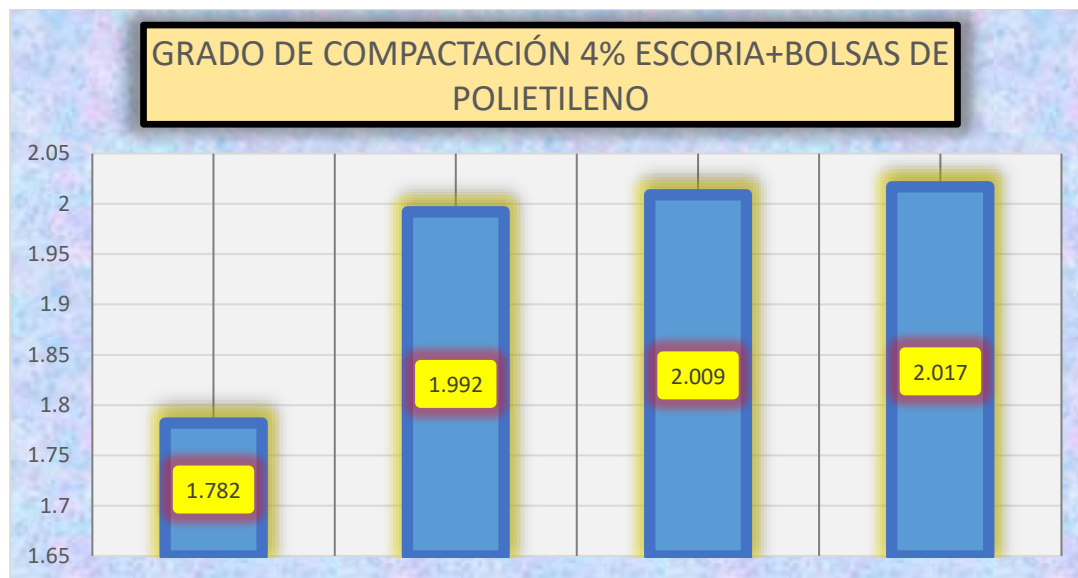
Adición del 4% escorias metálicas + bolsas de polietileno - MDS

Grado de compactación–S+ 4% de Escoria + bolsas de polietileno			
Descripción	MDS (gr/cc)	Prom.	Aumento en (%)
S-N	1.782	-	-
+ 4% de EM+BPF	1.992		
+ 4% de EM+BPF	2.009	1.96	8.84%
+ 4% de EM+BPF	2.017		

La tabla muestra de manera muy detallada las máximas densidades secas de las muestras extraídas con adición de porcentajes variables de bolsas de polietileno y escorias de cobre, para este caso en particular se tiene que se incorporó un 4% de este material.

Figura 26

Adición del 4% de escoria + bolsas de polietileno



Las muestras con incorporación de 4% del material adicionante en este caso tuvieron los resultados destacados en la visualización de datos que se presenta a continuación por ende se puede deducir que la introducción de 4% de material adicionado mejora sus propiedades de compactación a comparación de la muestra normal.

Tabla 14

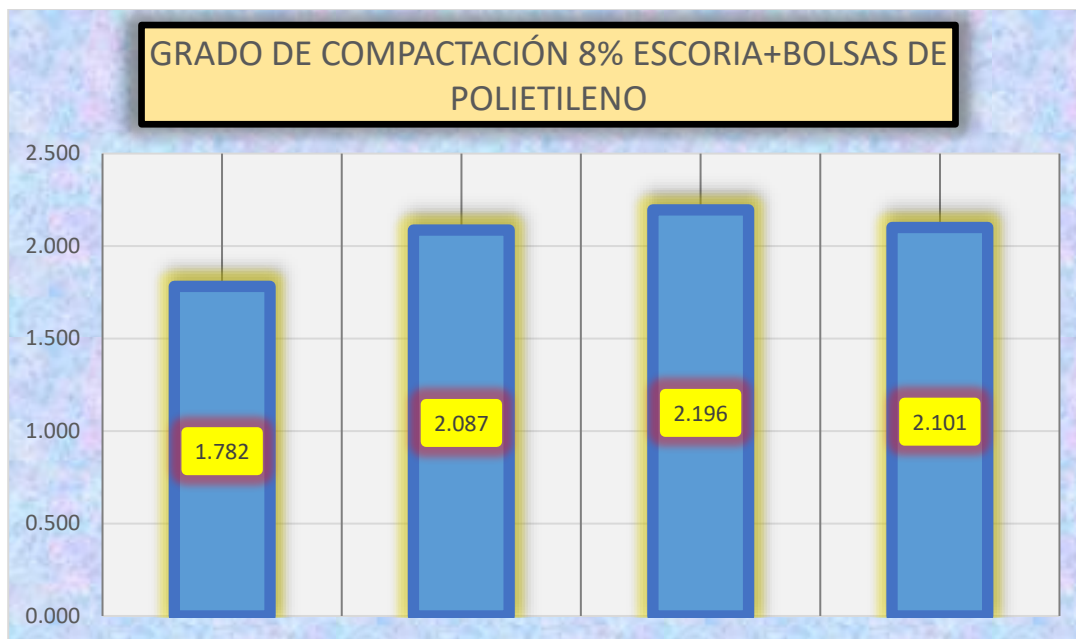
Adición del 8% de escoria + bolsas de polietileno - MDS

S+ 8% de Escoria Metálica + bolsas de polietileno fundido			
Descripción	MDS (gr/cc)	Prom.	Aumento en (%)
S-N	1.782	-	-
+ 8% de EM+BPF	2.087		
+ 8% de EM+BPF	2.196	2.128	15.30%
+ 8% de EM+BPF	2.101		

La tabla muestra de manera muy detallada las máximas densidades secas de las muestras extraídas con adición de porcentajes variables de bolsas de polietileno y escorias de cobre, para este caso en particular se tiene que se incorporó un 8% de este material.

Figura 27

Adición del 8% de escoria + bolsas de polietileno - MDS



Las muestras con incorporación de 8% del material adicinante en este caso tuvieron los resultados destacados en la visualización de datos que se presenta a continuación por ende se puede deducir que la introducción de 8% de material adicinado mejora sus propiedades de compactación a comparación de la muestra normal.

Tabla 15

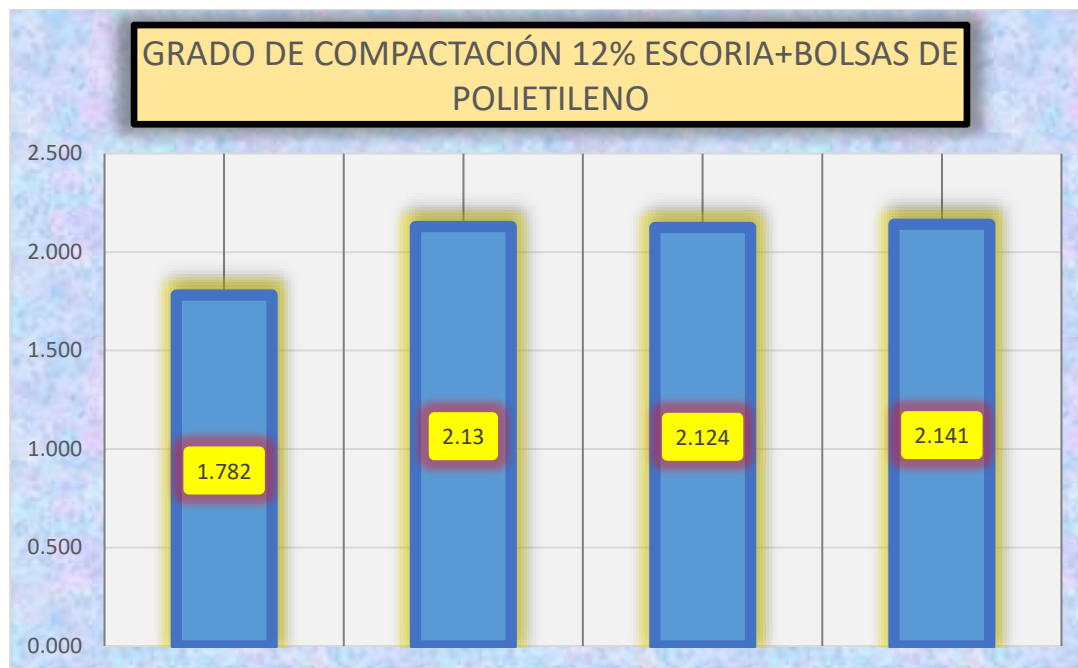
Adición del 12% de escoria metálica y bolsas de polietileno fundido - MDS

S+ 12% de Escoria + bolsas de polietileno			
Descripción	MDS (gr/cc)	Prom.	Aumento en (%)
S-N	1.782	-	-
+ 12% de EM+BPF	2.130		
+ 12% de EM+BPF	2.124	2.13	19.53%
+ 12% de EM+BPF	2.141		

La tabla muestra de manera muy detallada las máximas densidades secas de las muestras extraídas con adición de porcentajes variables de bolsas de polietileno y escorias de cobre, para este caso en particular se tiene que se incorporó un 12% de este material.

Figura 28

Adición del 12% de escoria + bolsas de polietileno - MDS



Las muestras con incorporación de 12% del material adiconante en este caso tuvieron los resultados destacados en la visualización de datos que se presenta a continuación por ende se puede deducir que la introducción de 12% de material adiconado mejora sus propiedades de compactación a comparación de la muestra normal.

Tabla 16

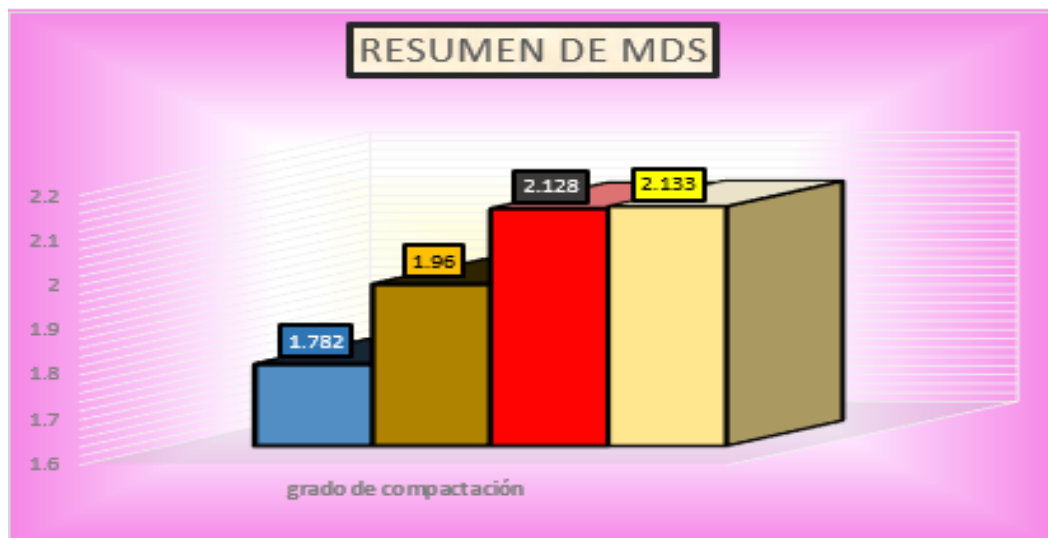
Comparativa de MDS

Grado de compactación – S + % de escoria + bolsas de polietileno		
Descripción	MDS (gr/cc)	Variación en (%)
S-N	1.782	-
+ 4% de EM+BPF	1.960	8.84%
+ 8% de EM+BPF	2.128	15.30%
+ 12% de EM+BPF	2.133	19.53%

La tabla muestra de manera muy detallada de los grados de compactación de las muestras extraídas con adición de porcentajes variables de bolsas de polietileno y escorias de cobre.

Figura 29

Comparativa de MDS



En la grafica se aprecia las síntesis promedio de los distintos testigos estudiados con proporciones diferentes de los materiales utilizados para nuestro estudio en particular, por ende, se deduce que la incorporación de este material será beneficioso para un suelo convencional mejorando en algunas de sus propiedades.

b) Contenido óptimo de humedad

Tabla 17

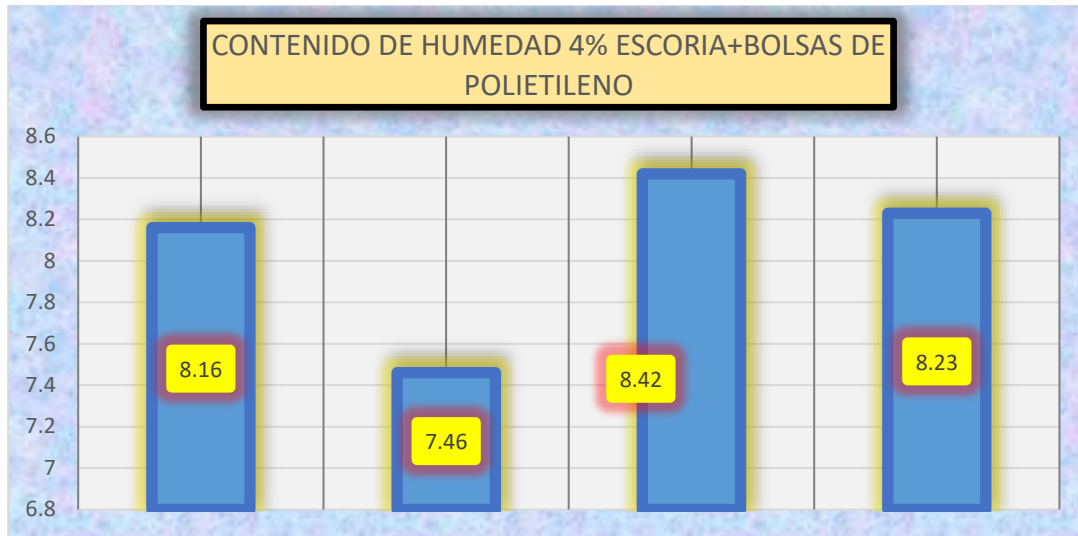
Adición del 4% de escoria + bolsas de polietileno -OCH

Óptimo Contenido de humedad S-N + 4% de Escoria y Bolsas de Polietileno		
Descripción	OCH (%)	Prom.
S-N	8.16	-
+ 4% de EM+BPF	7.46	
+ 4% de EM+BPF	8.42	8.14
+ 4% de EM+BPF	8.23	

La tabla muestra de manera muy detallada los contenidos de humedad óptimos de las muestras extraídas con adición de porcentajes variables de bolsas de polietileno y escorias de cobre, para este caso en particular se tiene que se incorporó un 4% de este material.

Figura 30

Adición del 4% de escoria + bolsas de polietileno - OCH



Las muestras con incorporación de 4% del material adicinante en este caso tuvieron los resultados destacados en la visualización de datos que se presenta a continuación por ende se puede deducir que la introducción de 4% de material adicionado mejora sus propiedades de compactación a comparación de la muestra normal.

Tabla 18

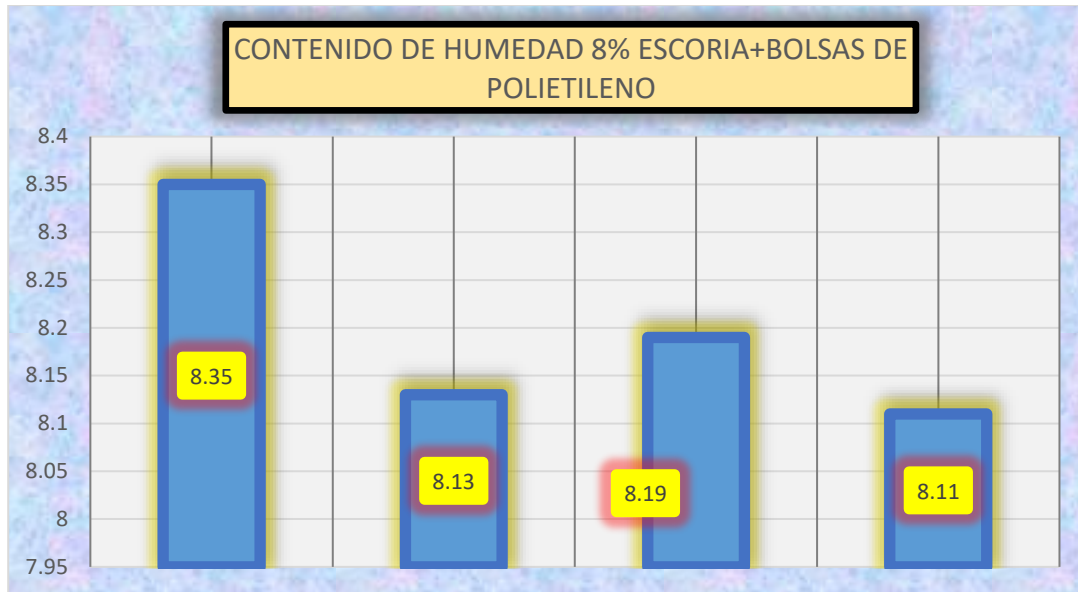
Adición del 8% de escoria metálica más bolsas de polietileno fundido - OCH

Óptimo Contenido de humedad S-N + 8% de Escoria y Bolsas de Polietileno		
Descripción	OCH (%)	Prom.
S-N	8.35	-
+ 8% de EM+BPF	8.13	
+ 8% de EM+BPF	8.19	8.04
+ 8% de EM+BPF	8.11	

La tabla muestra de manera muy detallada los contenidos de humedad óptimos de las muestras extraídas con adición de porcentajes variables de bolsas de polietileno y escorias de cobre, para este caso en particular se tiene que se incorporó un 8% de este material.

Figura 31

Adición del 8% de escoria + bolsas de polietileno - OCH



Las muestras con incorporación de 8% del material adicionante en este caso tuvieron los resultados destacados en la visualización de datos que se presenta a continuación por ende se puede deducir que la introducción de 8% de material adicionado mejora sus propiedades de compactación a comparación de la muestra normal.

Tabla 19

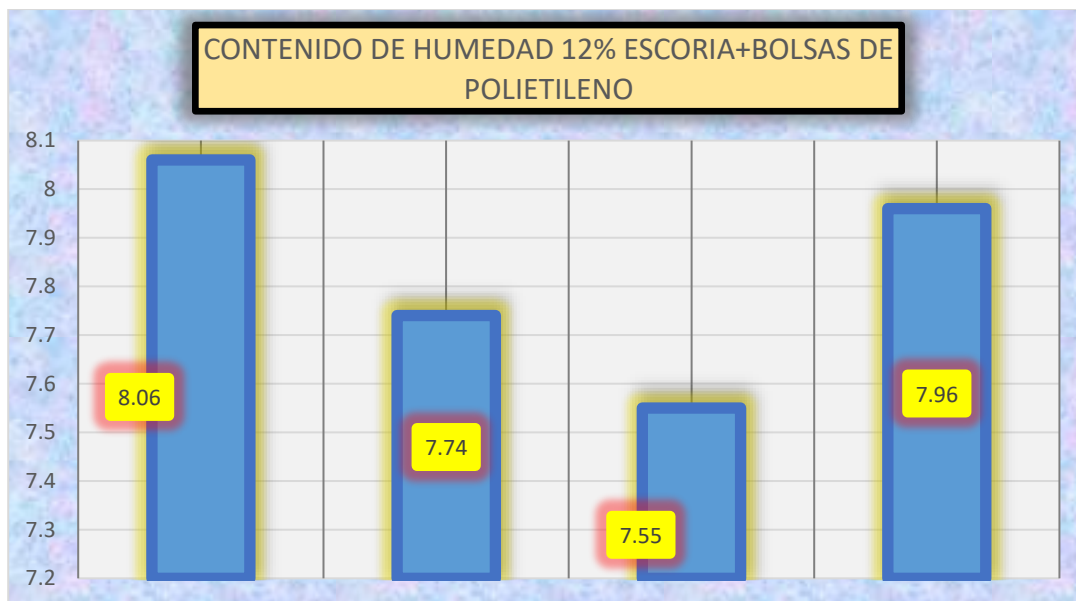
Adición del 12% de escoria + bolsas de polietileno - OCH

Óptimo Contenido de humedad S-N + 12% de Escoria y Bolsas de Polietileno		
Descripción	OCH (%)	Prom.
S-N	8.06	-
+ 12% de EM+BPF	7.74	
+ 12% de EM+BPF	7.55	7.75
+ 12% de EM+BPF	7.96	

La tabla muestra de manera muy detallada los contenidos de humedad óptimos de las muestras extraídas con adición de porcentajes variables de bolsas de polietileno y escorias de cobre, para este caso en particular se tiene que se incorporó un 12% de este material.

Figura 32

Adición del 12% de escoria + bolsas de polietileno - OCH



Las muestras con incorporación de 12% del material adiconante en este caso tuvieron los resultados destacados en la visualización de datos que se presenta a continuación por ende se puede deducir que la introducción de 12% de material adicionado mejora sus propiedades de compactación a comparación de la muestra normal.

4.1.4 Influencia de escorias + bolsas de polietileno en la capacidad de soporte

Tabla 20

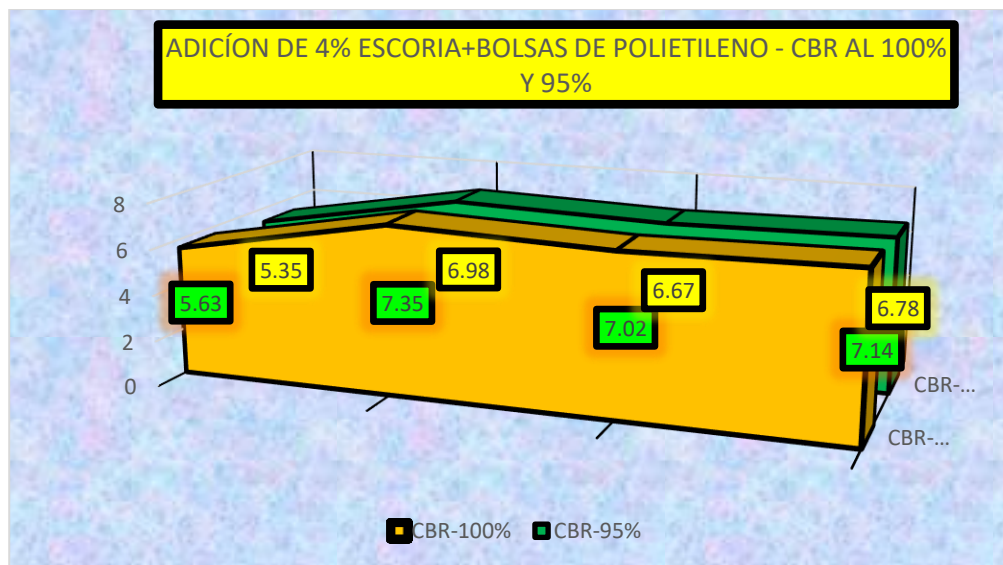
Incremento del índice CBR con adiciones el 4 % de escoria + bolsas de polietileno

CBR de S-N + 4% de Escoria Metálica y Bolsas de Polietileno Fundido				
Descripción	CBR-100%	Prom.	CBR-95%	Prom.
S-N	5.63	-	5.35	-
+ 4% de EM+BPF	7.35		6.98	
+ 4% de EM+BPF	7.02	7.17	6.67	6.81
+ 4% de EM+BPF	7.14		6.78	

La tabla muestra de manera muy detallada los CBR de las muestras extraídas con adición de porcentajes variables de bolsas de polietileno y escorias de cobre, para este caso en particular se tiene que se incorporó un 4% de este material.

Figura 33

Incremento del índice CBR con adiciones el 4 % de escoria + bolsas de polietileno



Las muestras con incorporación de 4% del material adicionante en este caso tuvieron los resultados destacados en la visualización de datos que se presenta a continuación por ende se puede deducir que la introducción de 4% de material adicionado mejora sus propiedades de compactación a comparación de la muestra normal.

Tabla 21

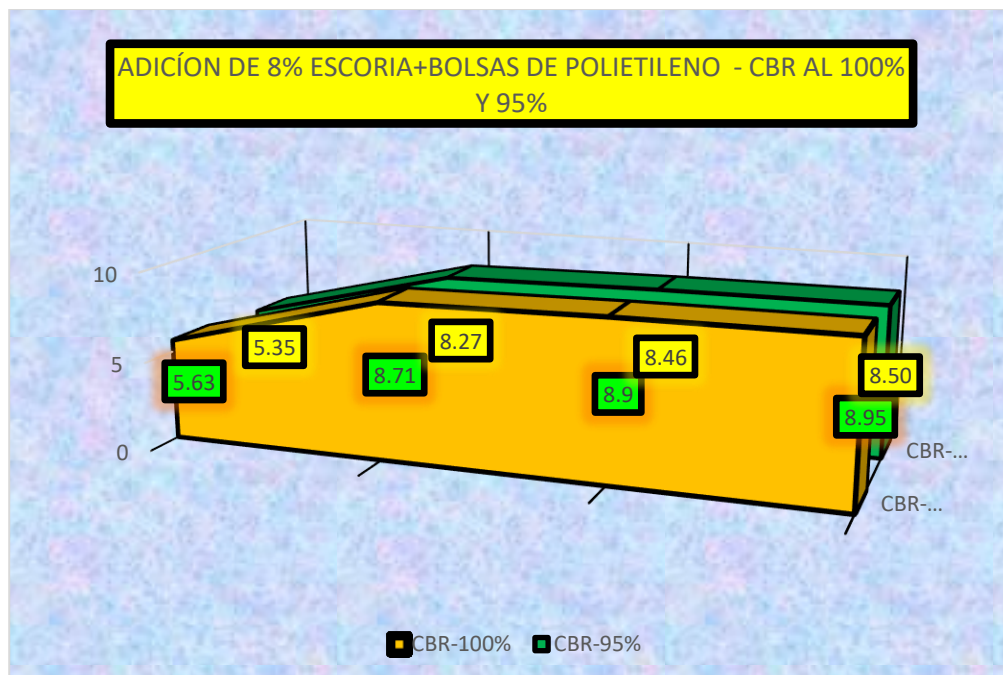
Incremento del índice CBR con adiciones el 8 % de escoria + bolsas de polietileno

CBR de S-N + 8% de Escoria Metálica y Bolsas de Polietileno Fundido				
Descripción	CBR-100%	Prom.	CBR-95%	Prom.
S-N	5.63	-	5.35	-
+ 8% de EM+BPF	8.71		8.27	
+ 8% de EM+BPF	8.90	8.85	8.46	8.41
+ 8% de EM+BPF	8.95		8.50	

La tabla muestra de manera muy detallada los CBR de las muestras extraídas con adición de porcentajes variables de bolsas de polietileno y escorias de cobre, para este caso en particular se tiene que se incorporó un 8% de este material.

Figura 34

Incremento del índice CBR con adiciones el 8 % de escoria + bolsas de polietileno



Las muestras con incorporación de 8% del material adiconante en este caso tuvieron los resultados destacados en la visualización de datos que se presenta a continuación por ende se puede deducir que la introducción de 8% de material adiconado mejora sus propiedades de compactación a comparación de la muestra normal.

Tabla 22

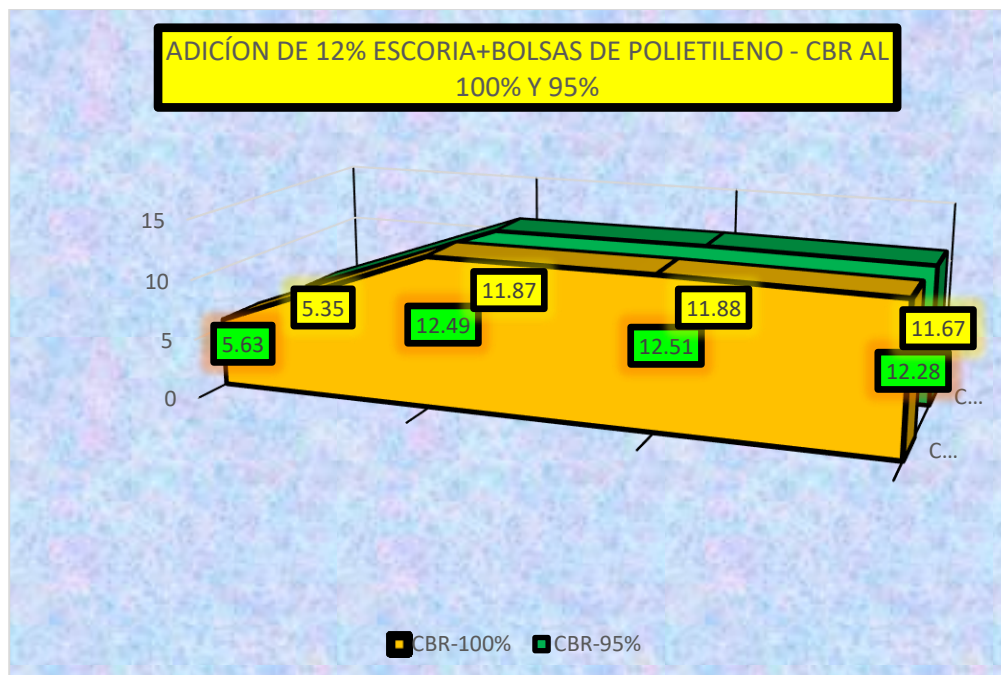
Incremento del índice CBR con adiciones el 12 % de escoria + bolsas de polietileno

CBR de S-N + 12% de Escoria Metálica y Bolsas de Polietileno Fundido				
Descripción	CBR-100%	Prom.	CBR-95%	Prom.
S-N	5.63	-	5.35	-
+ 12% de EM+BPF	12.49		11.87	
+ 12% de EM+BPF	12.51	12.43	11.88	11.81
+ 12% de EM+BPF	12.28		11.67	

La tabla muestra de manera muy detallada los CBR óptimos de las muestras extraídas con adición de porcentajes variables de bolsas de polietileno y escorias de cobre, para este caso en particular se tiene que se incorporó un 12% de este material.

Figura 35

Incremento del índice CBR con adiciones el 12% de escoria + bolsas de polietileno



Las muestras con incorporación de 12% del material adicionante en este caso tuvieron los resultados destacados en la visualización de datos que se presenta a continuación por ende se puede deducir que la introducción de 12% de material adicionado mejora sus propiedades de compactación a comparación de la muestra normal.

Tabla 23

Resumen de Incremento del índice CBR con adiciones de escoria + bolsas de polietileno

CBR de S-N + % de escoria metálica más bolsas de polietileno fundido		
Descripción	CBR-100%	CBR-95%
S-N	5.63	5.35
+ 4% de EM+BPF	7.17	6.81
+ 8% de EM+BPF	8.85	8.41
+ 12% de EM+BPF	12.43	11.81

La tabla muestra de manera muy detallada los contenidos de humedad óptimos de las muestras extraídas con adición de porcentajes variables de bolsas de polietileno y escorias de cobre, para este caso en particular se tiene que se incorporó un 12% de este material.

Figura 36

Evaluación comparativa del CBR en diferentes calicatas



Las muestras con incorporación de 12% del material adiconante en este caso tuvieron los resultados destacados en la visualización de datos que se presenta a continuación por ende se puede deducir que la introducción de 12% de material adiconado mejora sus propiedades de compactación a comparación de la muestra normal.

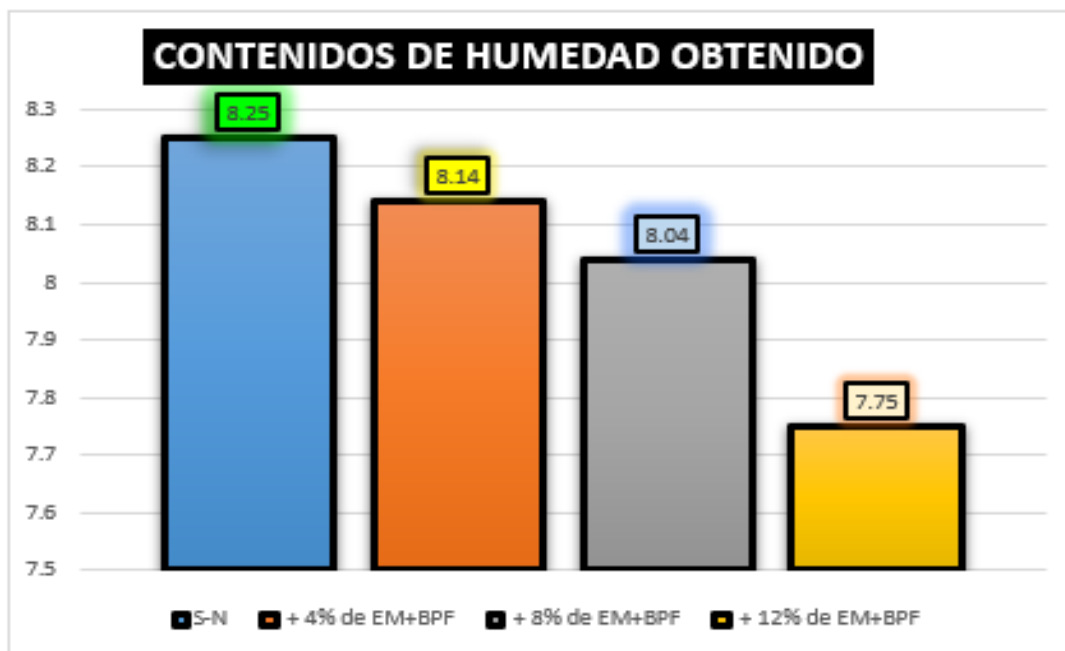
Tabla 24

Resumen de contenido de humedad de las muestras-adicionando escoria + BPF

Optimo Contenido de Humedad de escoria metálica más bolsas de polietileno fundido

Descripción	OCH (%) PROM.
S-N	8.25
+ 4% de EM+BPF	8.14
+ 8% de EM+BPF	8.04
+ 12% de EM+BPF	7.75

Figura 37

Comparativa de contenidos de humedad

Esta sección proporciona datos estadísticos sobre las cantidades de humedad detectadas en varias muestras. Estas muestras variaron desde las tomadas del suelo natural hasta las combinadas con escorias metálicas y bolsas de polietileno derretido. La adición de escorias metálicas y bolsas de polietileno fundido provocó una caída en los valores de contenido de humedad, que descendieron al menos al 12%.

4.2 Discusión de resultados

Zimar et al. (2022) investigaron con gran detalle la escoria metálica para la estabilización de la subrasante. Se seleccionaron tres porcentajes distintos (8%, 10% y 12%) para evaluar el efecto de este aumento. Los resultados de la prueba del 95% de California Bearing Ratio (CBR) demostraron que la resistencia del suelo había mejorado significativamente. El índice de carga de California (CBR, por sus siglas en inglés) del suelo sin tratar aumentó significativamente del 14,13 % al 18,12 % cuando se añadió un 4 % de escoria metálica. Un aumento del 6% llevó la tasa bruta de natalidad (CBR) al 21,33%. Junto a él, el CBR alcanzó un notable 25,27%, gracias a un aumento del 9%. Nuestra



investigación demuestra sin lugar a dudas razonables que agregar escoria metálica al suelo puede aumentar su resistencia, lo que a su vez podría afectar la estabilidad de la subrasante. La densidad máxima del suelo varió significativamente, según la prueba del grado de compactación. La mayor densidad inicial del suelo natural utilizado fue de 1,75 g/cm³. La densidad aumentó ligeramente hasta 1,77 gr/cm³ después de un aumento del 4%. Se obtuvo un agregado con una densidad máxima de 1,8 g/cm² mezclando líquidos con concentraciones del 6% y 9%. Sin embargo, la densidad aumentó a 1,83 g/cm² cuando se aplicó solo la solución al 9%.

Según los resultados, la escoria hace que el suelo sea más resistente e incluso podría cambiar su densidad.

En 2019, Baldeón Sauñe analizó la posibilidad de preservar la subrasante de la carretera Chachapoyas mediante escorias metálicas. Las concentraciones de escoria empleadas en las pruebas controladas oscilaron entre el quince y el veinticinco por ciento. Los resultados mostraron que en el hoyo original había un 12,45% de suelo natural que contenía humedad. El estudio del contenido de humedad reveló que los siguientes aumentos de 15%, 20% y 25% llevaron a niveles de humedad de 8,45%, 9,74% y 7,14%, respectivamente. En la segunda excavación se obtuvieron resultados de 9,35%, 9,78% y 10,25%, pero en la tercera excavación se obtuvieron resultados de 15,25%, 16,75% y 15,05%. La adición de cal a la combinación aumentó el índice de plasticidad en un 8%, la escoria metálica en un 9% y el agua en un 10% en la primera prueba. Mismos porcentajes (12%,10%,9% y7%) en el segundo tajo.

CONCLUSIONES

Primera, Primero, dado que las arcillas predominan en la carretera Caracoto - Sillustani en Juliaca, el suelo presenta un elevado índice de plasticidad de 19.39%. Asimismo, el contenido óptimo de humedad es del 8.146%, con una densidad seca máxima de 1.808 gr/cm³. Al evaluar la capacidad de soporte del suelo, el índice CBR fue calculado en 5.63% y 5.35% al 100% y 95% de la MDS, respectivamente. Estos resultados no cumplen con los estándares establecidos por la DG-2018, lo que evidencia una capacidad de soporte insuficiente.

Segunda, En segundo lugar, la inclusión de escoria metálica y polietileno en proporciones del 4%, 8%, y 12% mostró efectos favorables en la plasticidad del suelo. El índice de plasticidad disminuyó del 19.39% al 19.06% con una adición del 4% de estos materiales. Al aumentar al 8%, el índice se redujo a 15.80%, y al llegar al 12%, el índice de plasticidad se redujo aún más hasta 11.21%.

Tercera, Tercero, la incorporación de escoria metálica y polietileno en los mismos porcentajes también mejoró la compactación del suelo. Se observó un incremento en la densidad seca máxima, que pasó de 1.808 gr/cm³ a 1.960 gr/cm³ con una adición del 4%. Con un 8%, la densidad alcanzó 2.128 gr/cm³, y con el 12%, se llegó a 2.133 gr/cm³.

Cuarta, Por último, la capacidad de soporte del suelo, medida a través del índice CBR, también mostró mejoras notables con la adición de estos materiales. El índice CBR al 95% aumentó de 5.35% a 6.81% con un 4% de escoria y polietileno. Con el 8%, el CBR alcanzó 8.41%, y con un 12%, llegó a 11.81%, lo que clasifica el suelo con una buena capacidad de soporte.



RECOMENDACIONES

Primera, para cumplir las leyes locales y satisfacer los requisitos de calidad del suelo, es aconsejable examinar a fondo la normativa vigente, que proporciona instrucciones y normas detalladas para diseños y construcciones.

Segunda, ejercer extrema precaución al llevar a cabo el manejo de las escorias metálicas y la fundición de plásticos de polietileno, ya que una ejecución incorrecta podría dar lugar a daños materiales y hasta lesiones de los usuarios. En caso de ser posible, se recomienda optar por realizar esta actividad con las medidas de seguridad adecuadas para su manipulación, minimizando así los riesgos asociados.

Tercera, se sugiere llevar a cabo múltiples repeticiones de cada ensayo con el fin de obtener resultados más consistentes y disminuir la variabilidad inherente a los experimentos. La repetición de pruebas incrementa la fiabilidad de los datos, proporcionando una base más sólida para las conclusiones finales.

Cuarta, se recomienda realizar distintos tipos de ensayos para corroborar los resultados obtenidos. Esto incluye emplear diversos métodos para medir la densidad máxima o la capacidad de soporte CBR, con el objetivo de comparar los resultados y asegurar la coherencia entre los métodos utilizados.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Andrade Ruiz, yesica. (2019, noviembre 11). *Registro de Documentos* [Pagina del congreso]. validación de instrumentos. https://www2.congreso.gob.pe/sicr/biblioteca/Biblio_con.nsf/999a45849237d86c052577920082c0c3/96B415B0E5B5C0AA052584AF006B7372
- Baldeon Sauñe, I. P. (2019). Análisis del Uso de la Escoria metalica en la Estabilización de la Subrasante. *Universidad Peruana Los Andes*. <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/1307>
- Calamani Flores, L., & Quispe Yujra, E. R. (2023). *Estabilización de suelo fino arcilloso (CL) con desechos de fibras de botellas PET y cemento IP-40, aplicado en una subrasante*. [Thesis]. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/34266>
- Castro Maldonado, J. J., Gómez Macho, L. K., Camargo Casallas, E., Castro Maldonado, J. J., Gómez Macho, L. K., & Camargo Casallas, E. (2023). La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI. *Tecnura*, 27(75), 140-174. <https://doi.org/10.14483/22487638.19171>
- Chavez, R. R. L., Rojas, M. E. A., & Puente, E. E. R. D. L. (2020). Estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante con adición de bolsas de polietileno fundido. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 3(2), Article 2. <https://doi.org/10.25127/ucni.v3i2.612>
- Cosio Huillca, S. F., & Franco Centeno, R. P. (2023). Diseño de pavimento flexible agregando escoria de acero como mejora de infraestructura vial en las Lomas, Ventanilla alta, 2023. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/131990>
- Cubas Calderón, J. A., & Manay Vásquez, L. (2021). Mejoramiento de subrasante para pavimento industrial de tránsito pesado utilizando escoria metálica, en estacionamiento vehicular



- avenida Circunvalación – Jaén – Cajamarca 2021. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/71303>
- Flores Cruz, P. D., & Mayta Calci, R. (2022). Mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas incorporando PET y cal en la subrasante de la carretera Unocolla, Puno—2022. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/98809>
- Flores Ruiz, L. J., & Romero Mendo, C. A. R. (2023). Análisis correlacional entre el Índice de Penetración y el Índice CBR en el Módulo de Reacción de la subrasante de la ciudad de Pucallpa, Ucayali. *Universidad Ricardo Palma - Repositorio Institucional*.
<https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/7203>
- Fonseca, A. M., Piratova, A. M., & Piratova, A. M. (2019). *Estabilización de suelos*. Ediciones de la U.
- Gamez Condori, F. O., & Vargas Condori, G. E. (2023). Mejoramiento de Propiedades del Suelo Cohesivo de Subrasante de la Carretera Maravillas—Vilcapata con Escoria de Hornos Artesanales, Juliaca, 2023. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/114718>
- Guerrero Saavedra, R., & Valladolid Carrasco, C. E. (2021). Mejoramiento de la resistencia del suelo a nivel de subrasante aplicando bolsas de polietileno fundido, sector II Villa Hermosa, Lambayeque. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/86598>
- Huaman Vargas, J. T., & Zanabria Calderon, J. S. (2020). *INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD Y GRADO DE COMPACTACIÓN EN EL EFECTO DEL SIFONAMIENTO DEL NÚCLEO DE PRESA DE TIERRA*. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3402>
- Huancas Correa, D. (2020). *Incremento de la energía de compactación y su influencia en la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad de suelos granulares de canteras en el Perú*.
<https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3412>
- Kumar, M., Azhar, M., Mondal, S., & Singh, R. P. (2022). Stabilization of expansive soil subgrade by waste plastic. *Arabian Journal of Geosciences*, 15(10), 936.
<https://doi.org/10.1007/s12517-022-10112-7>



- Labajos, O. G., & Núñez, J. H. S. (2020). Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 3(1), Article 1. <https://doi.org/10.25127/ucni.v3i1.589>
- Linares Chavez, R. R. (2019). Estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante con adición de bolsas de polietileno fundido, Chachapoyas, 2018. *Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza - UNTRM*. <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/1800>
- López Barbarán, J. (2021). Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de cáscara de arroz para el mejoramiento de subrasante, en la localidad de Moyobamba – departamento de San Martín. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/654616>
- Melgarejo Illescas, C. (2019). Influencia de la Escoria al Producir Concreto Permeable en Pavimentos Urbanos de la Ciudad de Pasco – Distrito de Yanacancha – 2019. *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion*. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1137>
- Ojeda, D. P. C. (2020). *Universo, población y muestra*.
- Paucar Curo, E. F. (2019). Evaluación de pavimentos flexibles y rígidos aplicando las metodologías de inspección visual de zonas y rutas en riesgo e índice de condición del pavimento para el mantenimiento vial, caso de la Av. Floral y Jr. Carabaya, Puno. *Universidad Nacional del Altiplano*. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3582415>
- Pérez, A., Castro, F., Franco, M. Á., & Garnica, P. (2020). Accelerated Pavement Test to Evaluate the Performance of Concrete Reinforced with Metal Fibers. En A. Chabot, P. Hornych, J. Harvey, & L. G. Loria-Salazar (Eds.), *Accelerated Pavement Testing to Transport Infrastructure Innovation* (pp. 169-177). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-55236-7_18
- Pineda Nina, J. O. (2019). Calibración de la ecuación de correlación entre el P.D.C (Penetración Dinámica de Cono) y C.B.R (Capacidad de Soporte California) bajo incidencia de la humedad, en suelos a nivel de la subrasante caso de estudio vía Juliaca – Caracoto. *Universidad Peruana Unión*. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/1680>



- Ramos Galarza, C. A. (2020). Los alcances de una investigación. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 9(3), 1-6.
- Reyes, E. (2022). *Metodología de la Investigación Científica*. Page Publishing Inc.
- Salazar Tello, A. A. (2019). Evaluación de las patologías del pavimento flexible aplicando el método PCI, para mejorar la transitabilidad de la carretera Pomalca—Tumán. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/40648>
- Shimokawa, L. M., & Antonio, L. (2020). *Medición del grado de humedad en agregados de concreto por medio de frecuencias de microondas*. <https://hdl.handle.net/11042/4492>
- Suárez P., I. T., Varguillas C., C. S., & Ronceros Morales, C. (2022). *Técnicas e instrumentos de investigación. Diseño y validación desde la perspectiva cuantitativa*. <http://repositorio.upsjb.edu.pe/handle/20.500.14308/4759>
- Torres Caceres, J. F. (2021). Estabilización de subrasante adicionando bolsas de polietileno fundido en la trocha carrozable Moyocorral—Umaccata, Abancay, Apurímac 2021. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/63569>
- Uribe Quispe, J. F. (2020). Aplicación del Polietileno (PET) en pavimento flexible para determinar el comportamiento físico—Mecánico en la Av. Los Geranios, Huaral 2020. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/54387>
- Valladares, J. D. B., Zárate, A. R., Cruz, R. C. C. D. la, Gaspar, G. A., Mendoza, C. C., Valladares, J. D. B., Zárate, A. R., Cruz, R. C. C. D. la, Gaspar, G. A., & Mendoza, C. C. (2020). La aplicación combinada de abonos orgánicos mejora las propiedades físicas del suelo asociado al cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 401-408. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.12>
- Vega, S. A. D. L. C., & Cahuana, G. A. P. (2021). Diseño de infraestructura vial con pavimento flexible para mejora de transitabilidad de la avenida Industrial, Lurín, Lima. *Memoria Investigaciones en Ingeniería*, 21, Article 21. <https://doi.org/10.36561/ING.21.9>
- Villalba Velasque, A., & Venegas Vergara, M. del P. (2023). Evaluación de las propiedades físico—Mecánicas de entre un suelo estabilizado con cemento y suelo con polímero 2022. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13287>



Zimar, Z., Robert, D., Zhou, A., Giustozzi, F., Setunge, S., & Kodikara, J. (2022). Application of coal fly ash in pavement subgrade stabilisation: A review. *Journal of Environmental Management*, 312, 114926. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114926>



ANEXOS

Anexo. Matriz de Consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es la influencia del uso de escoria metálica y bolsas de polietileno fundido sobre las propiedades del suelo de subrasante de la vía Caracoto – Sillustani?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Evaluar la influencia del uso de escoria metálica y bolsas de polietileno fundido sobre las propiedades del suelo de subrasante de la vía Caracoto – Sillustani.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>La influencia del uso de escoria metálica y bolsas de polietileno fundido mejorará las propiedades del suelo de subrasante de la vía Caracoto – Sillustani.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>Escoria metálica + bolsas de polietileno</p> <p>Dimensiones:</p> <p>MP + 4% EM + BP MP + 8% EM + BP MP + 12% EM + BP</p> <p>Variable Dependiente</p> <p>PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Índice de plasticidad • Grado de compactación (MDS y OCH) • Capacidad de soporte (CBR) 	<p>Software e implementos del laboratorio de suelos</p> <p>Ensayos realizados en el laboratorio de suelos.</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante de la vía Caracoto – Sillustani?</p> <p>¿Cuál es el efecto de la adición de escoria metálica y bolsas de polietileno fundido en cantidades variadas en el índice de plasticidad del suelo de subrasante de la vía Caracoto – Sillustani?</p> <p>¿Cuál es la influencia de la incorporación de escoria metálica y bolsas de polietileno fundido en cantidades variadas en el grado de compactación del suelo de subrasante de la vía Caracoto – Sillustani?</p> <p>¿Cuál es el efecto de la aplicación de escoria metálica y bolsas de polietileno fundido en cantidades variadas en la capacidad de soporte del suelo de subrasante de la vía Caracoto – Sillustani?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante de la Avenida Manco Cápac de la ciudad de San Miguel.</p> <p>Determinar el efecto de la adición de escoria metálica y bolsas de polietileno fundido en cantidades variadas en el índice de plasticidad del suelo de subrasante de la vía Caracoto – Sillustani.</p> <p>Determinar la influencia de la incorporación de escoria metálica y bolsas de polietileno fundido en cantidades variadas en el grado de compactación del suelo de subrasante de la vía Caracoto – Sillustani.</p> <p>Determinar el efecto de la aplicación de escoria metálica y bolsas de polietileno fundido en cantidades variadas en la capacidad de soporte del suelo de subrasante de la vía Caracoto – Sillustani.</p>	<p>Hipótesis Específicas</p> <p>Las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante de la vía Caracoto – Sillustani, serán suelos deficientes e inestables.</p> <p>El efecto de la adición de escoria metálica y bolsas de polietileno fundido en cantidades variadas reducirá el índice de plasticidad del suelo de subrasante de la vía Caracoto – Sillustani.</p> <p>La influencia de la incorporación de escoria metálica y bolsas de polietileno fundido en cantidades variadas incrementará el grado de compactación del suelo de subrasante de la vía Caracoto – Sillustani.</p> <p>El efecto de la aplicación de escoria metálica y bolsas de polietileno fundido en cantidades variadas mejorará la capacidad de soporte del suelo de subrasante de la vía Caracoto – Sillustani.</p>		

Anexo 2. Panel fotográfico

Fotografía 01. Pesado de las muestras en las instalaciones del laboratorio



Fotografía 02. Secado de las muestras al horno



Fotografía 03. Muestras sacadas del horno para su evaluación



Fotografía 04. Alistado del material para los ensayos de compactación



Fotografía 05. Ensayo de compactación de suelos



Fotografía 06. Relleno de la muestra para compactación



Fotografía 07. Muestras recabadas de cada calicata



Fotografía 08. Ensayo de absorción de las muestras



Fotografía 09. Secado de las muestras



Fotografía 10. Tamizado de las muestras







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 : INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO – SILLUSTANI

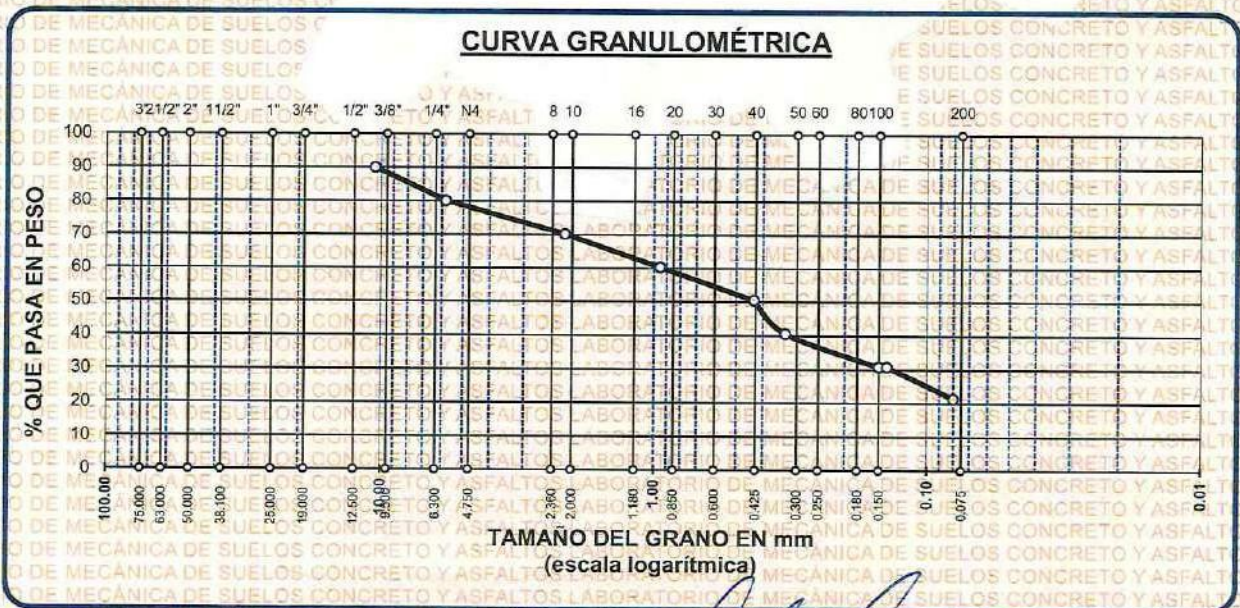
SOLICITANTE : BACHILLER RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE

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

MUESTRA : CALICATA 1 - MUESTRA 1

FECHA : 13 DE MAYO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	74.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.I.= 1000.00
2"	51.000						P.L.= 786.05
1 1/2"	39.100						P.P.= 213.95
1"	24.000						% W = 16.66
3/4"	20.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	13.500						L.L.= 30.87
3/8"	10.500	100.00	10.00	10.00	90.00		L.P.= 11.33
1/4"	5.200						I.P.= 19.54
No4	5.780	99.33	9.93	19.93	80.07		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.650						D10= --- Cu= ---
No10	2.120	99.12	9.91	29.85	70.16		D30= 0.135 Cc= ---
No16	1.070						D60= 0.94
No20	0.950	99.06	9.91	39.75	60.25		CLASIFICACIÓN:
No30	0.500						I.G. = :
No40	0.430	98.06	9.81	49.56	50.44		SUCS : ML
No 50	0.330	98.78	9.88	59.44	40.57		ASSTHO : :
No60	0.270						OBSERVACIONES:
No80	0.160						
No100	0.140	98.06	9.81	69.24	30.76		
No200	0.080	93.64	9.36	78.61	21.40		
BASE		213.95	21.40	100.00	0.00		
TOTAL		1000.00	100.00				
% PERDIDA							



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

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA

[Signature]



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 : INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO – SILLUSTANI
SOLICITANTE : BACHILLER RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE
LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V - JULIACA
MUESTRA : CALICATA 1 - MUESTRA 1
FECHA : 13 DE MAYO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	91.81
SUELO SECO + TARRO	gr	82.20
PESO DEL TARRO	gr	24.50
PESO DEL AGUA	gr	9.61
PESO DEL SUELO SECO	gr	57.70
HUMEDAD %	%	16.66

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

TARRO N°		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
		1	2	3	A	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	29.48	29.68	29.98	17.21	17.24
SUELO SECO + TARRO	gr	27.12	27.32	27.25	15.92	15.97
PESO DEL TARRO	gr	21.00	21.00	21.00	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr	2.36	2.36	2.73	1.29	1.27
PESO DEL SUELO SECO	gr	6.12	6.32	6.25	7.92	7.97
HUMEDAD %	%	30.41	32.42	31.24	11.14	14.24
N° DE GOLPES		30	25	15		

LÍMITE LÍQUIDO % : 30.87 **LÍMITE PLÁSTICO %** : 11.33

ÍNDICE PLÁSTICO % : 19.54

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - C.A.F. INGENIERÍA CIVIL
M.Sc.A. *[Firma]*
Mgtr. **Arnando 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

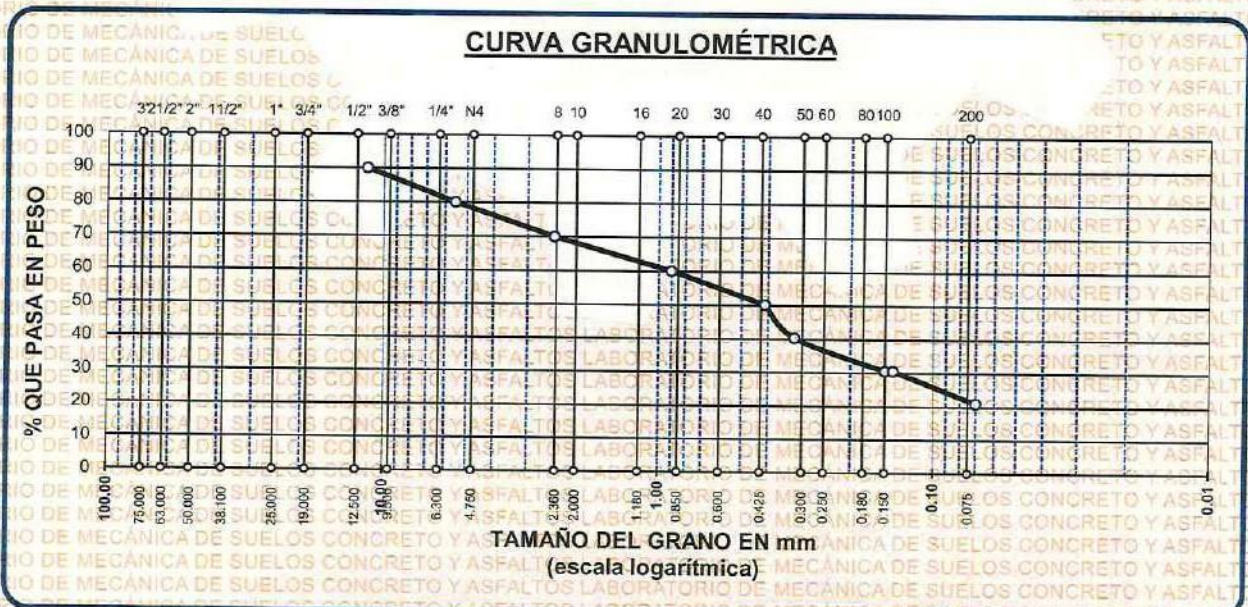


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO – SILLUSTANI
SOLICITANTE : BACHILLER RONAL JOSUE QUISEP VILLASANTE
LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V - JULIACA
MUESTRA : CALICATA 2 - MUESTRA 2
FECHA : 13 DE MAYO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	74.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	21.000						P.I.= 1000.00
2"	52.000						P.L.= 790.92
1 1/2"	39.000						P.P.= 209.08
1"	27.000						% w = 20.87
3/4"	17.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	14.000						L.L.= 29.11
3/8"	11.500	100.00	10.00	10.00	90.00		L.P.= 10.73
1/4"	7.200						I.P.= 18.38
No4	5.500	99.96	10.00	20.00	80.00		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	3.030						D10= --- Cu= ---
No10	2.400	99.62	9.96	29.96	70.04		D30= 0.136 Cc= ---
No16	1.420						D60= 0.90
No20	0.900	99.54	9.95	39.91	60.09		CLASIFICACIÓN:
No30	0.520						I.G. = :
No40	0.410	99.01	9.90	49.81	50.19		SUCS : CL
No 50	0.320	98.62	9.86	59.68	40.33		ASSTHO :
No60	0.220						OBSERVACIONES:
No80	0.190						
No100	0.140	97.64	9.76	69.44	30.56		
No200	0.070	96.53	9.65	79.09	20.91		
BASE		209.08	20.91	100.00	0.00		
TOTAL		1000.00	100.00				
% PERDIDA		20.91					



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTOS
M.S.C.A. JEFATURA
Mgtr. 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

INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO - SILLUSTANI

SOLICITANTE

BACHILLER RONAL JOSUE QUISEP VILLASANTE

LUGAR

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

MUESTRA

CALICATA 2 - MUESTRA 2

FECHA

13 DE MAYO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	93.23
SUELO SECO + TARRO	gr	81.27
PESO DEL TARRO	gr	23.95
PESO DEL AGUA	gr	11.96
PESO DEL SUELO SECO	gr	57.32
HUMEDAD %	%	20.87

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

TARRO N°		LÍMITE LIQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
		1	2	3	A	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	28.75	29.12	29.23	17.01	17.27
SUELO SECO + TARRO	gr	27.01	26.86	26.98	16.00	16.00
PESO DEL TARRO	gr	21.00	21.00	21.00	8.02	8.01
PESO DEL AGUA	gr	1.74	2.26	2.25	1.01	1.27
PESO DEL SUELO SECO	gr	6.01	5.86	5.98	7.98	7.99
HUMEDAD %	%	28.95	38.57	37.63	10.74	11.10
N° DE GOLPES		30	25	15		

LÍMITE LIQUIDO % :	29.11	LÍMITE PLÁSTICO % :	10.73
---------------------------	--------------	----------------------------	--------------

ÍNDICE PLÁSTICO % : **18.38**

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
 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: 1032057



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

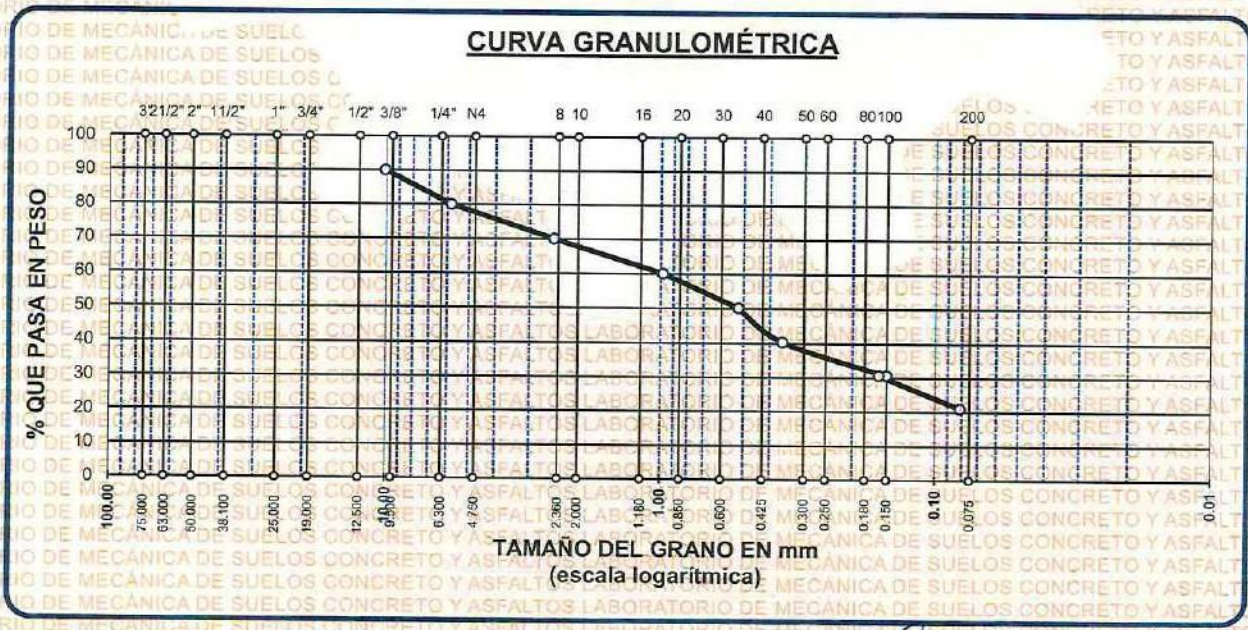


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

PROYECTO INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO - SILLUSTANI
SOLICITANTE BACHILLER RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE
LUGAR LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTOS U.A.N.C.V - JULIACA
MUESTRA CALICATA 3 - MUESTRA 3
FECHA 13 DE MAYO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	71.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2-1/2"	60.000						P.I.= 1000.00
2"	54.000						P.L.= 788.96
1 1/2"	39.000						P.P.= 211.04
1"	27.000						% w= 17.41
3/4"	20.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	13.500						L.L.= 32.68
3/8"	10.100	100.00	10.00	10.00	90.00		L.P.= 12.42
1/4"	7.100						I.P.= 20.26
No4	5.800	99.92	9.99	19.99	80.01		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	3.200						D10= --- Cu= ---
No10	2.450	99.74	9.97	29.97	70.03		D30= 0.154 Cc= ---
No16	1.700						D60= 0.98
No20	0.980	99.45	9.95	39.91	60.09		CLASIFICACIÓN:
No30	0.774						I.G. = :
No40	0.520	99.03	9.90	49.81	50.19		SUCS : CL
No 50	0.360	98.78	9.88	59.69	40.31		ASSTHO :
No60	0.270						OBSERVACIONES:
No80	0.200						
No100	0.160	96.06	9.61	69.30	30.70		
No200	0.081	95.98	9.60	78.90	21.10		
BASE		211.04	21.10	100.00	0.00		
TOTAL		1000.00	100.00				
% PERDIDA		21.10					



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. DE JULIACA
Mgtr. Arnaldo Yana Torres
CIF 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 : INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO – SILLUSTANI.

SOLICITANTE : BACHILLER RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE

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

MUESTRA : CALICATA 3 - MUESTRA 3

FECHA : 13 DE MAYO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	92.15
SUELO SECO + TARRO	gr	82.02
PESO DEL TARRO	gr	23.84
PESO DEL AGUA	gr	10.13
PESO DEL SUELO SECO	gr	58.18
HUMEDAD %	%	17.41

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

TARRO N°		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
		1	2	3	A	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	28.64	28.51	28.74	18.09	18.03
SUELO SECO + TARRO	gr	26.22	26.11	26.48	16.74	16.12
PESO DEL TARRO	gr	21.00	21.00	21.00	8.01	8.01
PESO DEL AGUA	gr	2.42	2.40	2.26	1.35	1.91
PESO DEL SUELO SECO	gr	5.22	5.11	5.48	8.73	8.11
HUMEDAD %	%	30.45	32.42	31.42	11.41	15.42
N° DE GOLPES		30	25	15		

LÍMITE LÍQUIDO % : 32.68 **LÍMITE PLÁSTICO %** : 12.42

ÍNDICE PLÁSTICO % : 20.26

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
 JULIACA
 Mgtr. Armando Yana Torres
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

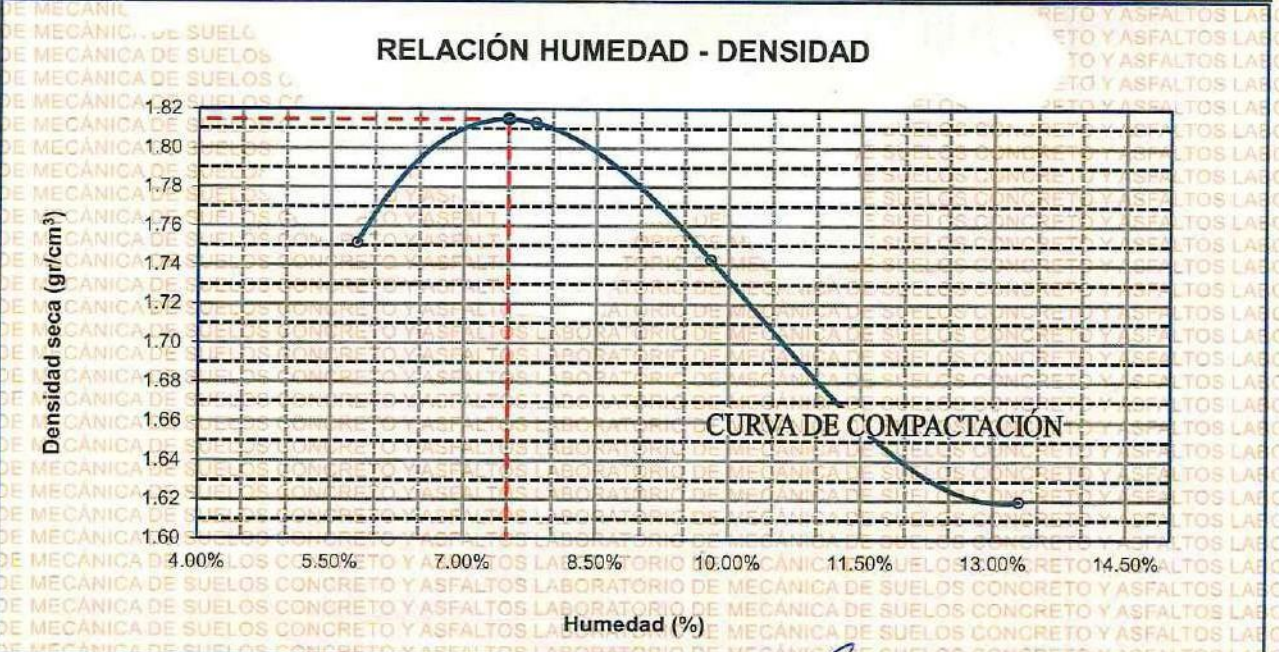
TESIS	: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO – SILLUSTANI
SOLICITANTE	: Bach. RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE
UBICACIÓN	: VÍA CARACOTO – SILLUSTANI
PROGRESIVA	: KM 0+500
MUESTRA	: CALICATA 1 - MUESTRA 1
FECHA	: 13 DE MAYO 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.	9874	10088	10002	9836
Peso del Molde	gr.	5974	5974	5974	5974
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	3900	4114	4028	3862
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	1.853	1.954	1.914	1.835

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	423.88	412.88	441.88	421.36	433.25	412.36	409.67	388.34
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	403.74	394.25	416.74	393.42	401.25	380.74	380.33	359.49
Peso del Agua	gr.	20.14	18.63	25.14	27.94	32.00	31.62	49.34	28.85
Peso de la Capsula	gr.	64.96	64.36	63.96	64.36	66.78	65.36	65.55	66.47
Peso del Suelo Seco	gr.	338.78	329.89	352.78	329.06	334.47	315.38	294.78	293.02
% de Humedad	%	5.94%	5.65%	7.13%	8.49%	9.57%	10.03%	16.74%	9.85%
Promedio de Humedad	%	5.80%		7.81%		9.80%		13.29%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.751		1.813		1.743		1.619	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.775 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 8.17%



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

M.Sc. A. JEFFATURA

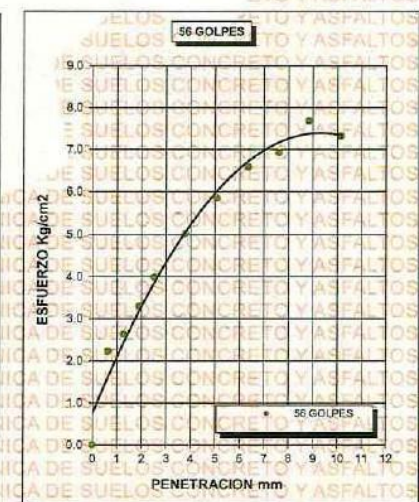
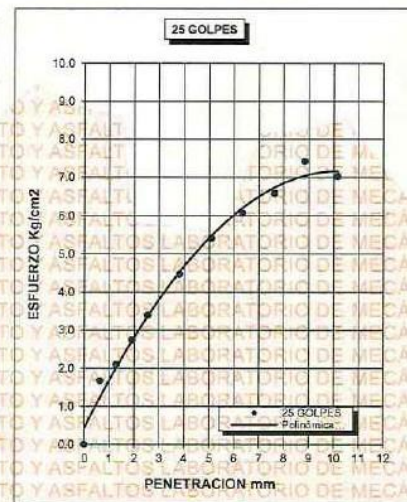
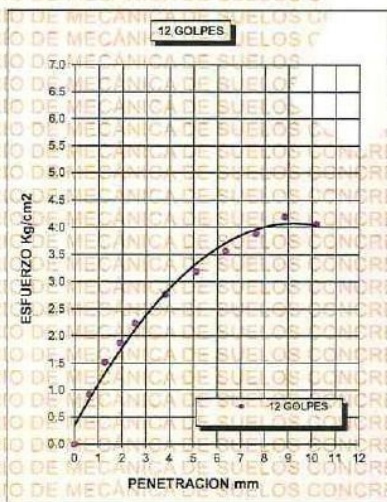
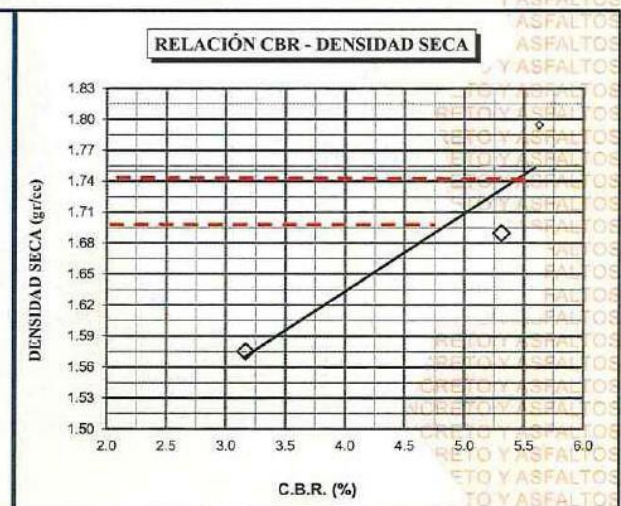
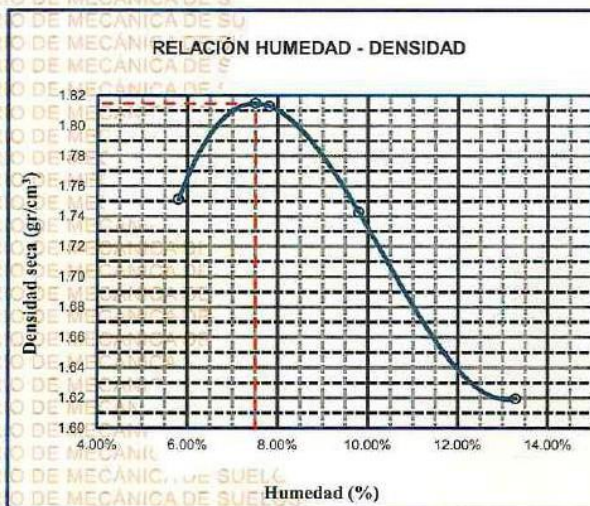
Mtro. Arnoldo Yano Torres



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 :	"INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO – SILLUSTANI"	METODO DE COMPACTACIÓN	ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.815
UBICACIÓN :	VÍA CARACOTO – SILLUSTANI	HUMEDAD OPTIMA (%)	8.17%
PROGRESIVA :	KM 0+500	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	5.59
MUESTRA :	SUELO NATURAL - CALICATA - M1	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	5.31
FECHA :	13 DE MAYO DEL 2024	CLASIFICACIÓN :	CL
		AASHTO :	A-2
		EMBEBIDO :	4 DIAS





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	INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO – SILLUSTANI		
SOLICITANTE	Bach. RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE		
UBICACIÓN	VÍA CARACOTO – SILLUSTANI		
PROGRESIVA	KM 2+500		
MUESTRA	CALICATA 2 - MUESTRA 2		
FECHA	13 DE MAYO DEL 2024		

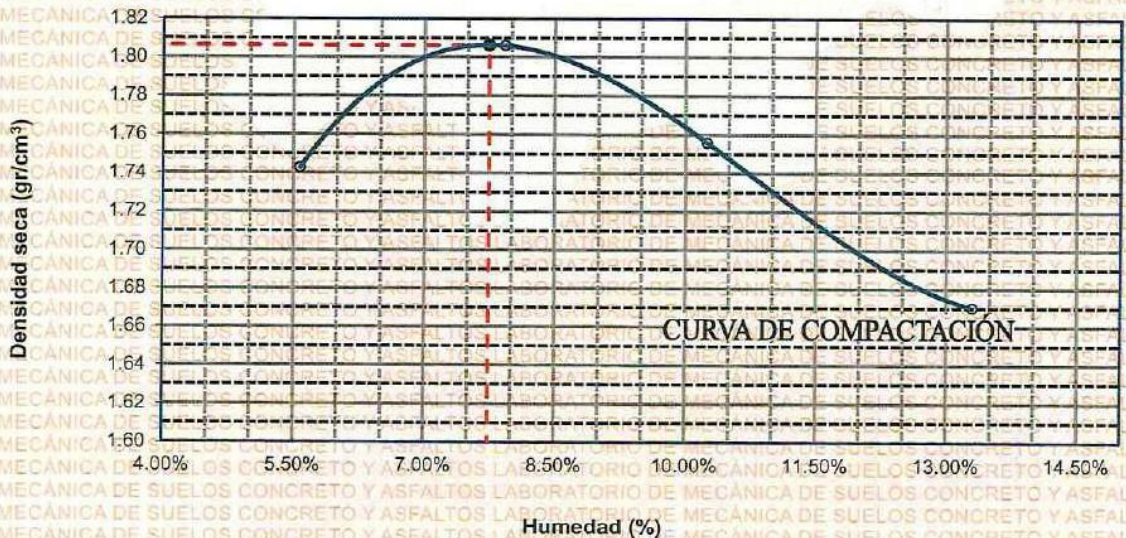
MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	2105 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9847	10077	10049	9957
Peso del Molde	gr.	5974	5974	5974	5974
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	3873	4103	4075	3983
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	1.840	1.949	1.936	1.892

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	425.46	412.52	441.73	421.82	434.35	412.63	411.89	390.67
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	405.12	395.43	416.71	392.87	399.81	380.65	381.41	362.35
Peso del Agua	gr.	20.34	17.09	25.02	28.75	34.54	31.98	50.48	28.32
Peso de la Capsula	gr.	64.87	64.79	63.77	64.77	66.25	65.45	65.65	65.37
Peso del Suelo Seco	gr.	340.25	330.64	352.94	328.10	333.56	315.20	295.76	296.98
% de Humedad	%	5.98%	5.17%	7.09%	8.76%	10.35%	10.15%	17.07%	9.54%
Promedio de Humedad	%	5.57%		7.93%		10.25%		13.30%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.743		1.806		1.756		1.670	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	1.780 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	8.37%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD

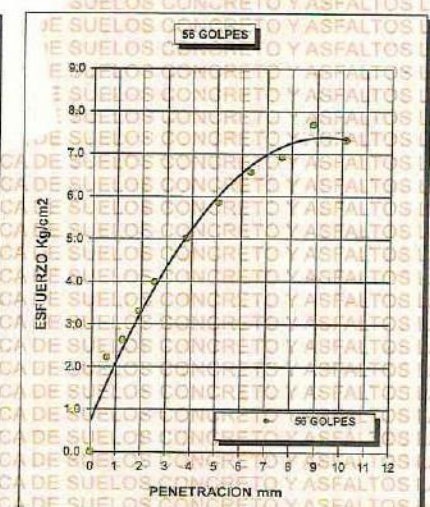
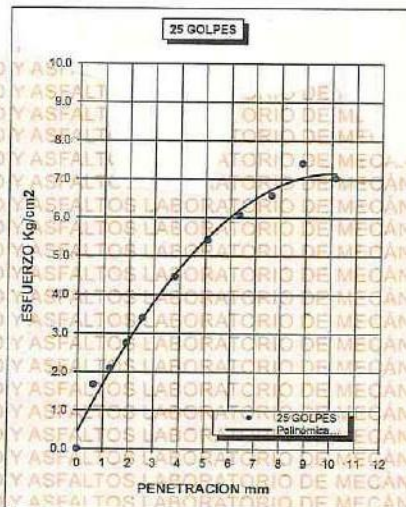
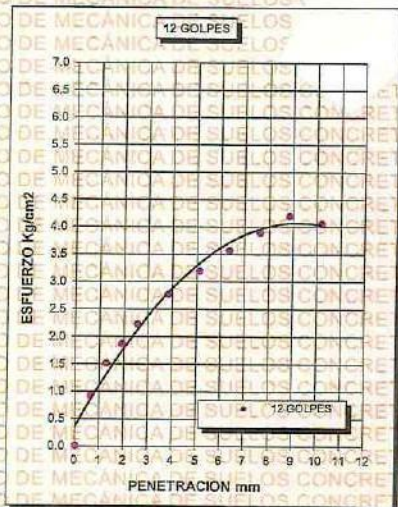
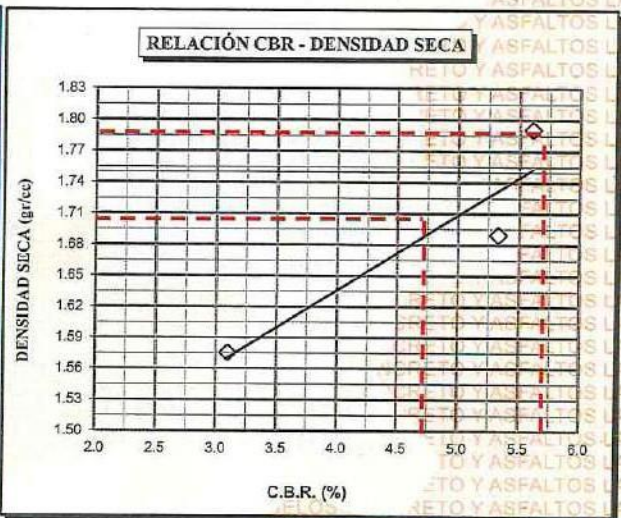
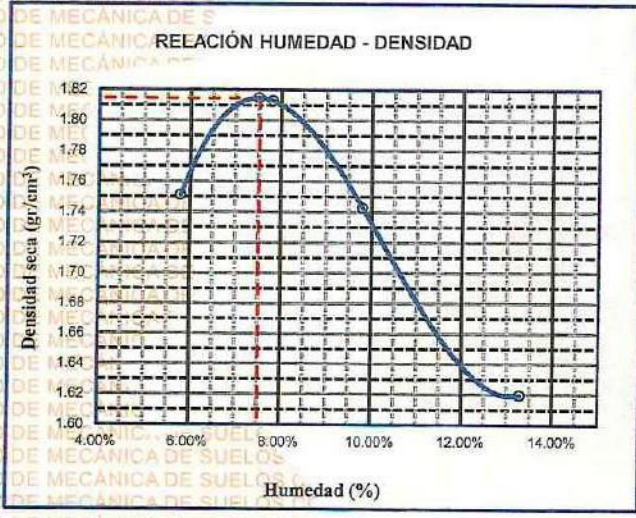




UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO - SILLUSTANI"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO : Bach. RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.): 1.806
UBICACIÓN : VÍA CARACOTO - SILLUSTANI	HUMEDAD OPTIMA (%): 8.37%
PROGRESIVA : KM 2+500	CBR AL 100 DE M.D.S. (%): 5.61
MUESTRA : SUELO NATURAL - CALICATA - M2	CBR AL 95% DE M.D.S. (%): 5.33
FECHA : 13 DE MAYO DEL 2024	CLASIFICACIÓN : CL
	AASHTO : A-2
	EMBEBIDO : 4 DIAS



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
M.S.C.A. JEFATURA
Ing. Arnaldo Yana Torres
CIP 163257



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	: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO - SILLUSTANI
SOLICITANTE	: Bach: RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE
UBICACIÓN	: VÍA CARACOTO - SILLUSTANI
PROGRESIVA	: KM 4+500
MUESTRA	: CALICATA 3 - MUESTRA 3
FECHA	: 13 DE MAYO DEL 2024

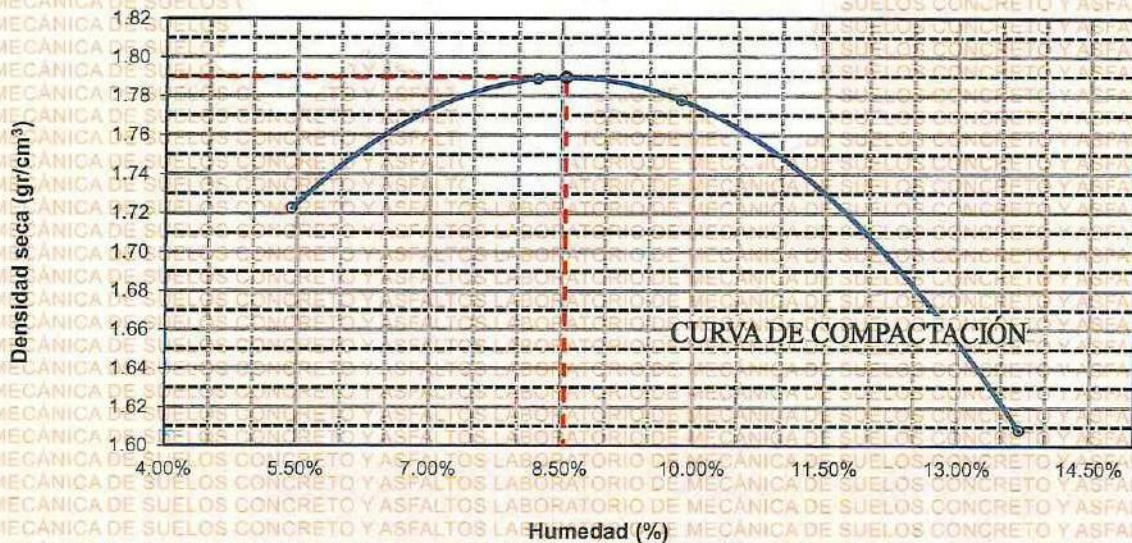
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2105 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	9797	10049	10085	9823
Peso del Molde	gr.	5974	5974	5974	5974
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	3823	4075	4111	3849
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.816	1.936	1.953	1.829

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	420.76	409.56	438.12	418.98	430.26	409.28	406.96	385.78
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	402.24	391.95	413.65	388.35	398.79	377.35	356.49	356.60
Peso del Agua	gr.	18.52	17.61	24.47	30.63	31.47	31.93	50.47	29.16
Peso de la Capsula	gr.	64.85	64.74	63.35	64.45	66.25	65.65	65.74	66.52
Peso del Suelo Seco	gr.	337.39	327.21	350.30	323.90	332.54	311.70	290.75	290.08
% de Humedad	%	5.49%	5.38%	6.99%	9.46%	9.46%	10.24%	17.36%	10.05%
Promedio de Humedad	%	5.44%		8.22%		9.85%		13.71%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.723		1.789		1.778		1.608	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.792 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 7.93%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



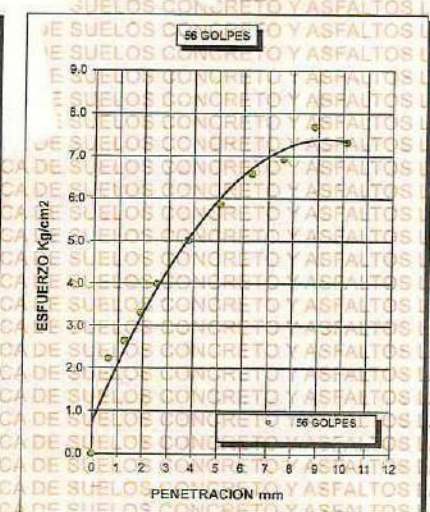
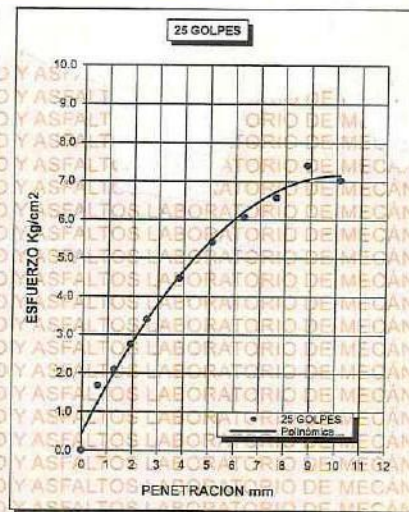
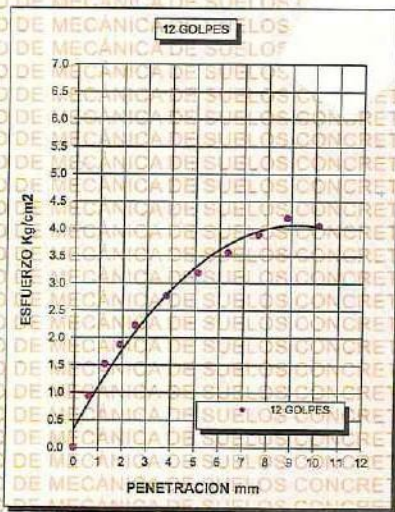
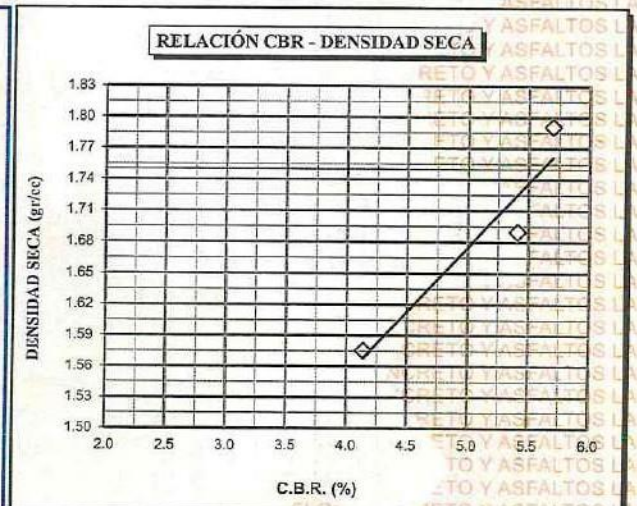
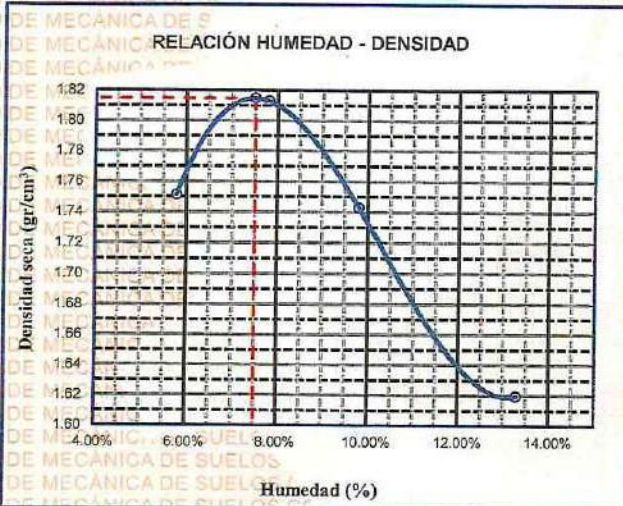
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
 M.S.C.A. JEFFATTA
 Dr. Apollonio Tano Torres
 CAP 103257



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 :	"INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO - SILLUSTANI"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³): 1.790
UBICACIÓN :	VÍA CARACOTO - SILLUSTANI	HUMEDAD OPTIMA (%): 7.93%
PROGRESIVA :	KM 4+500	CBR AL 100 DE M.D.S. (%): 5.70
MUESTRA :	SUELO NATURAL - CALICATA - M3	CBR AL 95% DE M.D.S. (%): 5.41
FECHA :	13 DE MAYO DEL 2024	CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAF INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
Mg. Arnoldo Yana Torres



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO – SILLUSTANI
SOLICITANTE	: Bach. RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE
UBICACIÓN	: VÍA CARACOTO – SILLUSTANI
PROGRESIVA	: KM 0+500
MUESTRA	: CALICATA 1 - MUESTRA 1 + 4% DE ESCORIA METALICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO
FECHA	: 13 DE MAYO DEL 2024

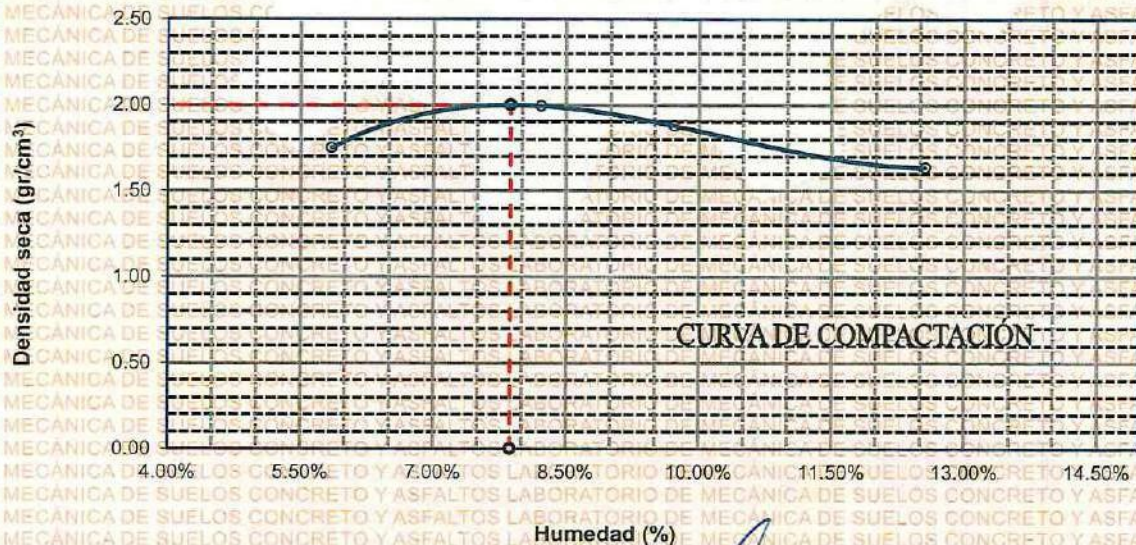
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2115 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9898	10545	10341	9874
Peso del Molde	gr.	5980	5980	5980	5980
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	3918	4565	4361	3894
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	1.852	2.158	2.062	1.841

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	423.75	415.76	442.22	422.85	432.45	415.75	412.67	399.86
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	403.02	397.16	412.12	396.88	400.21	384.52	367.25	360.15
Peso del Agua	gr.	20.73	18.60	30.10	25.97	32.24	31.23	45.42	29.71
Peso de la Capsula	gr.	62.98	64.78	63.10	64.20	65.36	66.25	64.87	65.85
Peso del Suelo Seco	gr.	340.04	332.38	349.02	332.68	334.85	318.27	302.38	294.30
% de Humedad	%	6.10%	5.60%	8.62%	7.81%	9.63%	9.81%	15.02%	10.10%
Promedio de Humedad	%	5.85%		8.22%		9.72%		12.56%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.750		1.995		1.879		1.636	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.992 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 7.46%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



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

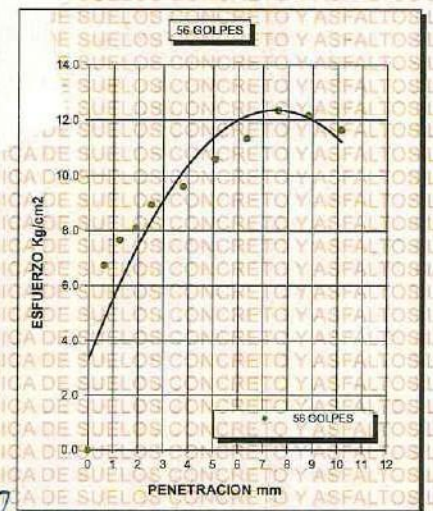
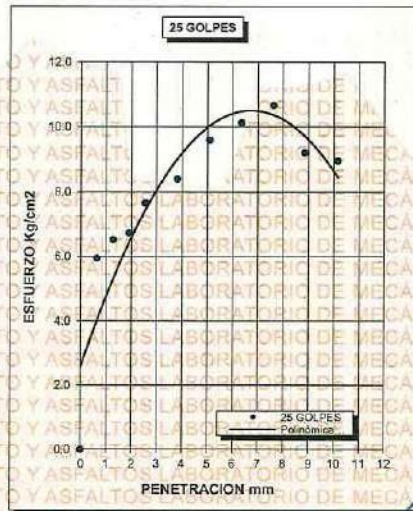
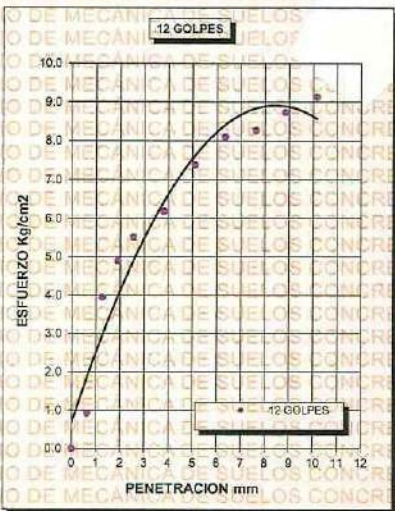
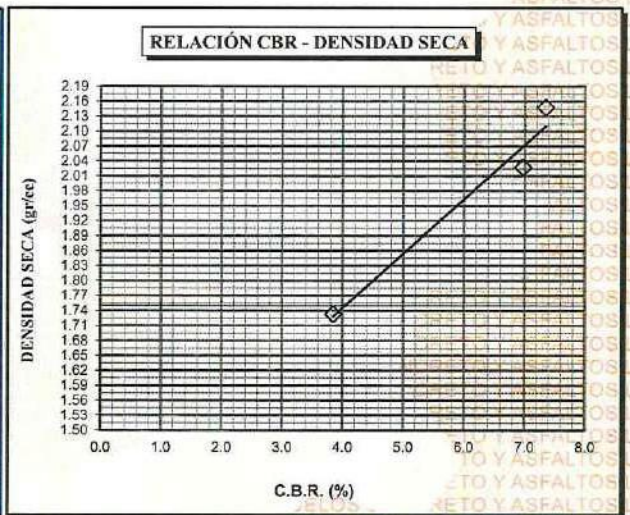
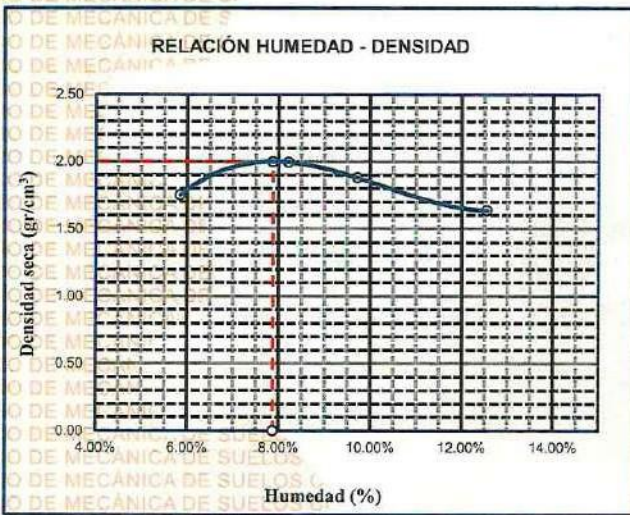
M.Sc. *[Firma]*
Ing. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



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 :	"INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO - SILLUSTANI"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. RONALD JOSUE VILLASANTE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 2.000
UBICACIÓN :	VÍA CARACOTO - SILLUSTANI	HUMEDAD OPTIMA (%) 7.46%
PROGRESIVA :	KM 0+500	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 7.35
MUESTRA :	CALICATA 1 - MUESTRA 1 + 4% DE ESCORIA METALICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 6.98
FECHA :	13 DE MAYO DEL 2024	CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
Mtr. Arnaldo Yana Torres
R.P. 193277



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 : INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO – SILLUSTANI

SOLICITANTE : Bach. RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE

UBICACIÓN : VÍA CARACOTO – SILLUSTANI

PROGRESIVA : KM 2+500

MUESTRA : CALICATA 2 - MUESTRA 2 + 4% DE ESCORIA METALICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO

FECHA : 13 DE MAYO DEL 2024

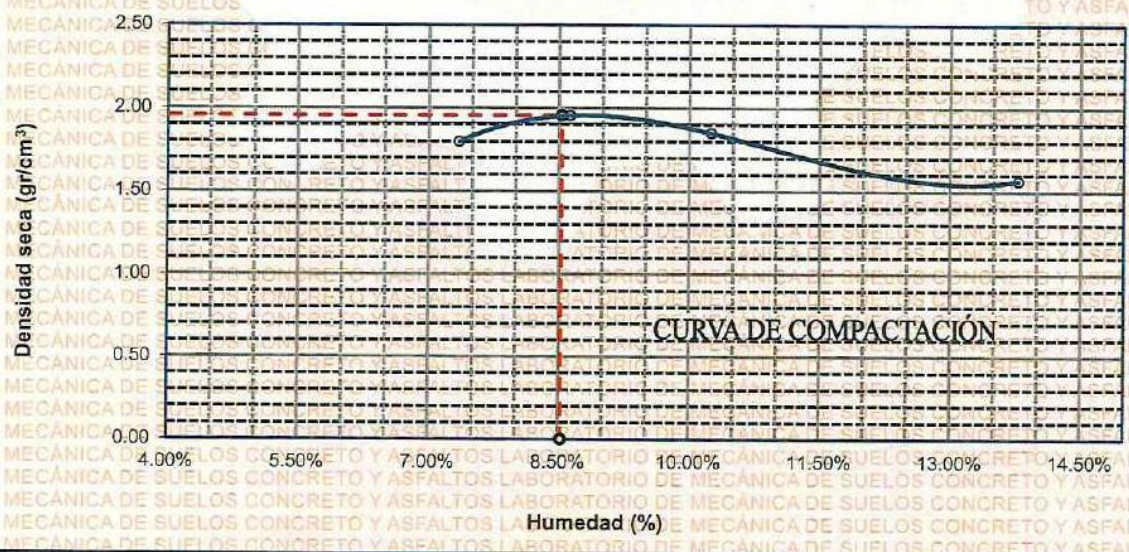
MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2115 cm ³
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10056	10465	10289	9741
Peso del Molde	gr.	5974	5974	5974	5974
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4082	4491	4315	3767
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	1.930	2.123	2.040	1.781

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	420.89	410.95	445.88	420.42	432.74	415.85	405.85	390.75
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	395.21	388.25	415.26	392.21	399.64	382.32	354.12	362.12
Peso del Agua	gr.	25.68	22.70	30.62	28.21	33.10	33.53	51.73	28.63
Peso de la Capsula	gr.	62.25	63.21	62.25	63.10	66.12	65.21	65.52	65.21
Peso del Suelo Seco	gr.	332.96	325.04	353.01	329.11	333.52	317.11	288.60	296.91
% de Humedad	%	7.71%	6.98%	8.67%	8.57%	9.92%	10.57%	17.92%	9.64%
Promedio de Humedad	%	7.35%		8.62%		10.25%		13.78%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.798		1.955		1.851		1.565	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.009	gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	:	8.42%	

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD

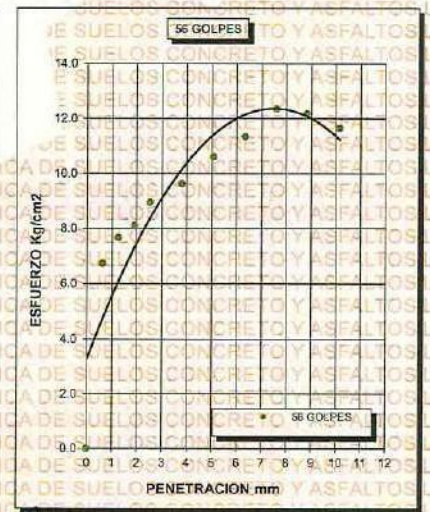
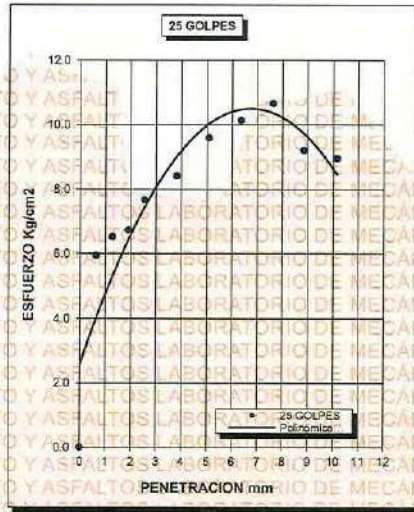
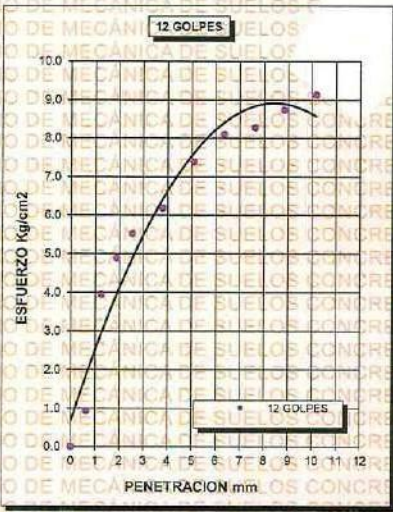
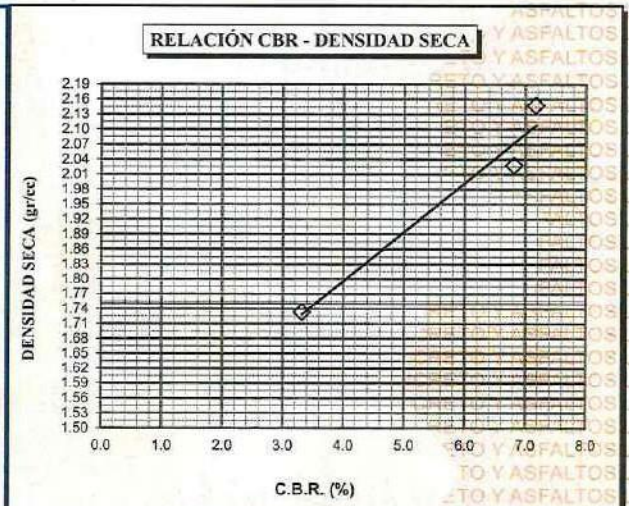
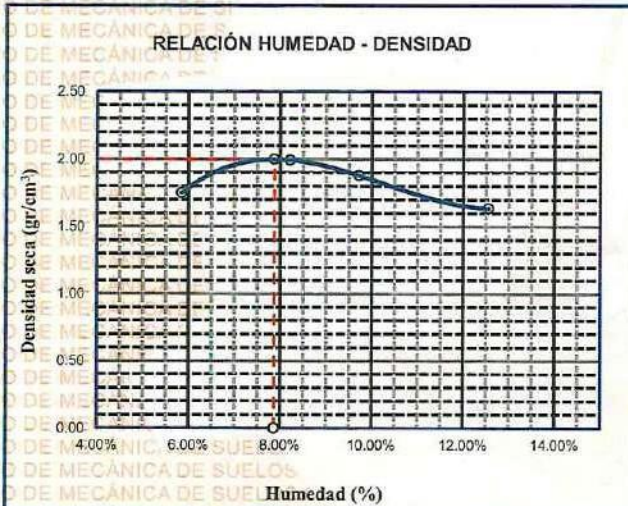




UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO – SILLUSTANI"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO : Bach. RONAL JOSUE QUISEP VILLASANTE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1.956
UBICACIÓN : VÍA CARACOTO – SILLUSTANI	HUMEDAD OPTIMA (%) 8.42%
PROGRESIVA : KM 2+500	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 7.17
MUESTRA : CALICATA 2 - MUESTRA 2 + 4% DE ESCORIA METALICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 6.81
FECHA : 13 DE MAYO DEL 2024	CLASIFICACIÓN : CL
	AASHTO : A-2
	EMBEBIDO : 4 DIAS



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP CAP INGENIERÍA CIVIL
Mgtr. Arnoldo Yana Torres
D.P. 103257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO – SILLUSTANI
SOLICITANTE	: Bach. RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE
UBICACIÓN	: VÍA CARACOTO – SILLUSTANI
PROGRESIVA	: KM 4+500
MUESTRA	: CALICATA 3 - MUESTRA 3 + 4% DE ESCORIA METALICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO
FECHA	: 13 DE MAYO DEL 2024

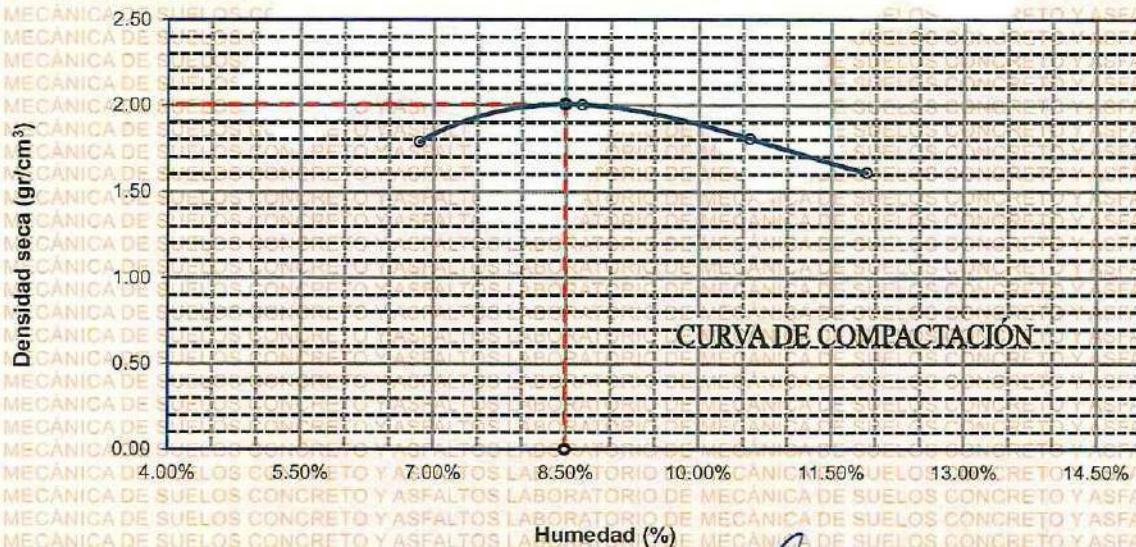
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2115 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10035	10598	10215	9802
Peso del Molde	gr.	5993	5993	5993	5993
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4042	4605	4222	3809
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.911	2.177	1.996	1.801

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	425.89	415.89	438.78	420.98	425.85	416.78	406.58	392.72
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	403.65	392.42	413.45	388.21	392.45	382.25	363.12	365.32
Peso del Agua	gr.	22.24	23.47	25.33	32.77	33.40	34.53	43.46	27.40
Peso de la Capsula	gr.	62.45	64.65	63.58	64.52	65.36	66.69	65.87	66.74
Peso del Suelo Seco	gr.	341.20	327.77	349.87	323.69	327.09	315.56	297.25	298.58
% de Humedad	%	6.52%	7.16%	7.24%	10.12%	10.21%	10.94%	14.62%	9.18%
Promedio de Humedad	%	6.84%		8.68%		10.58%		11.90%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.789		2.003		1.805		1.609	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.017 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 8.23%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



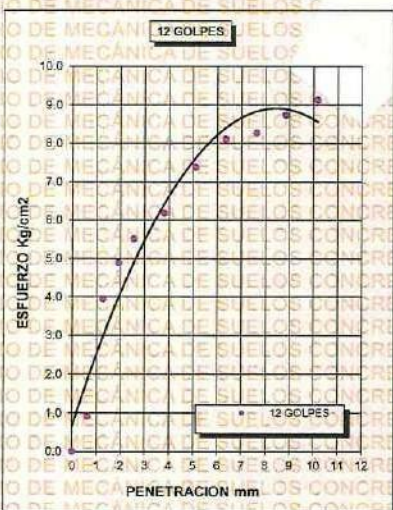
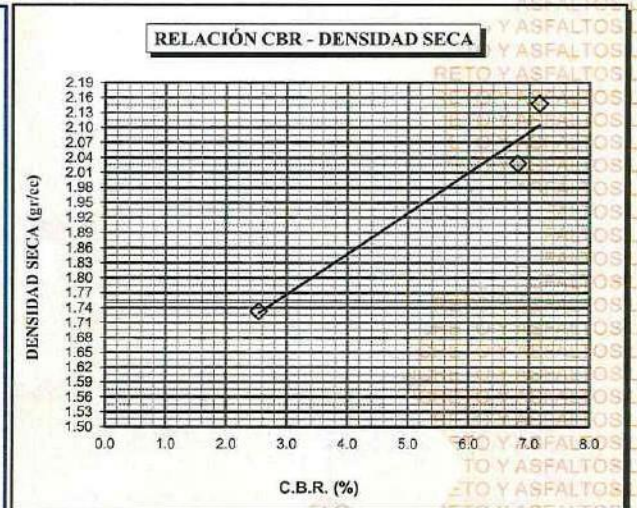
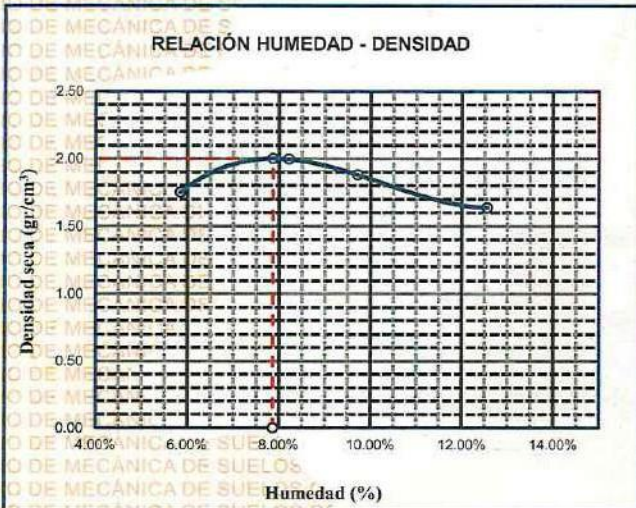
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
Mg. Arnaldo Yana Torres
C.R. 103257



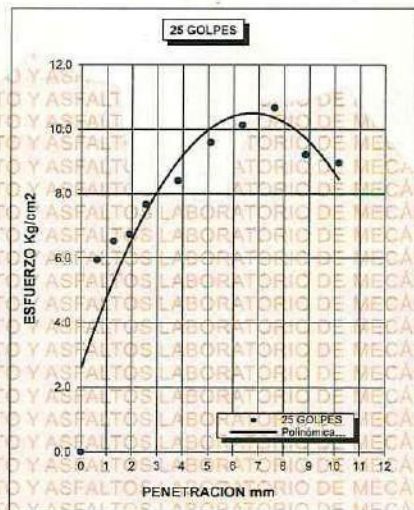
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



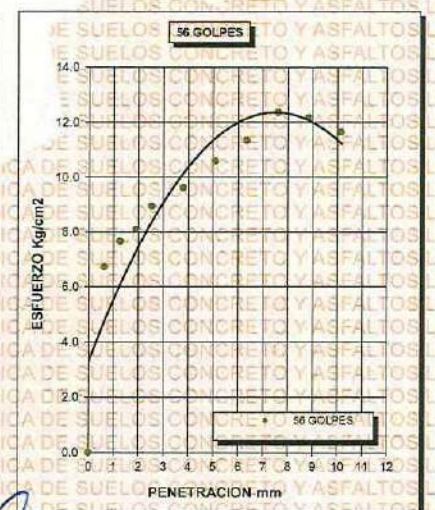
PROYECTO :	"INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO - SILLUSTANI"	METODO DE COMPACTACIÓN	ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	2.006
UBICACIÓN :	VÍA CARACOTO - SILLUSTANI	HUMEDAD OPTIMA (%)	8.23%
PROGRESIVA :	KM 4+500	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	7.17
MUESTRA :	CALICATA 3 - MUESTRA 3 + 4% DE ESCORIA METALICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	6.81
FECHA :	13 DE MAYO DEL 2024	CLASIFICACIÓN :	CL
		AASHTO :	A-2
		EMBEBIDO :	4 DIAS



CBR 2.54



CBR 6.81



CBR 7.17

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CARRERA INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. JULIACA - PERU
Ing. Arnoldo Yana Torres
#170103257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO – SILLUSTANI
SOLICITANTE	: Bach. RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE
UBICACIÓN	: VÍA CARACOTO – SILLUSTANI
PROGRESIVA	: KM 0+500
MUESTRA	: CALICATA 1 - MUESTRA 1 + 8% ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO
FECHA	: 13 DE MAYO DEL 2024

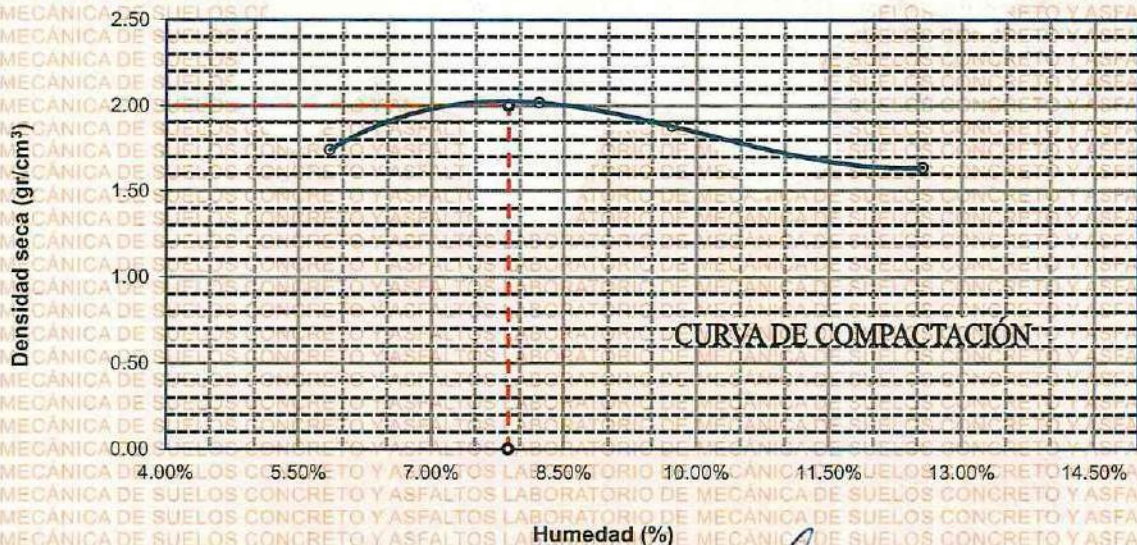
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2115 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	9875	10596	10341	9874
Peso del Molde	gr.	5980	5980	5980	5980
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	3895	4616	4361	3894
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.842	2.183	2.062	1.841

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	423.75	415.76	442.22	422.85	432.45	415.75	412.67	399.88
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	403.02	397.16	412.12	396.88	400.21	384.52	367.25	360.15
Peso del Agua	gr.	20.73	18.60	30.10	25.97	32.24	31.23	45.42	29.71
Peso de la Capsula	gr.	62.98	64.78	63.10	64.20	65.36	66.25	64.87	65.85
Peso del Suelo Seco	gr.	340.04	332.38	349.02	332.68	334.85	318.27	302.38	294.30
% de Humedad	%	6.10%	5.60%	8.62%	7.81%	9.63%	9.81%	15.02%	10.10%
Promedio de Humedad	%	5.85%		8.22%		9.72%		12.56%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.740		2.017		1.879		1.636	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.087 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 8.13%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



M. Tr. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103257

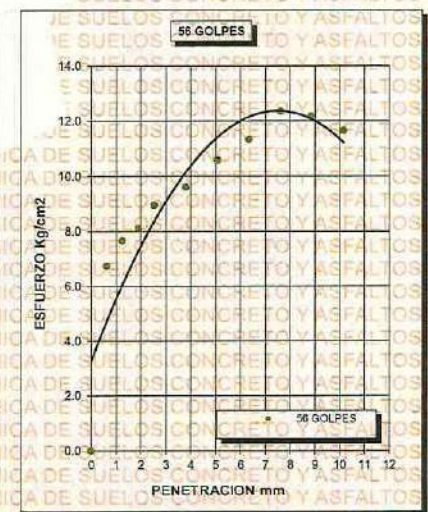
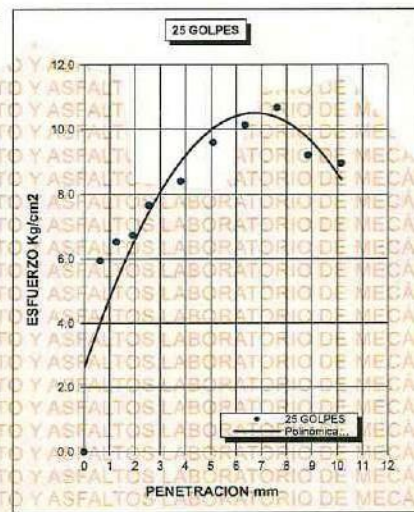
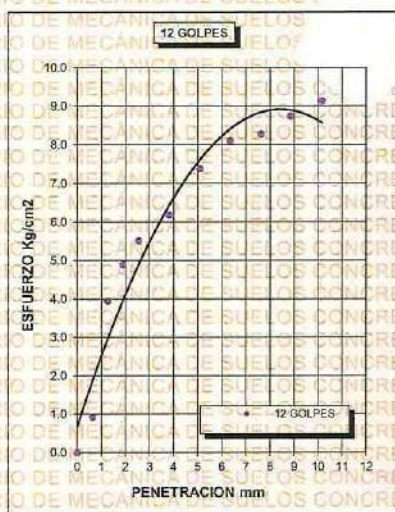
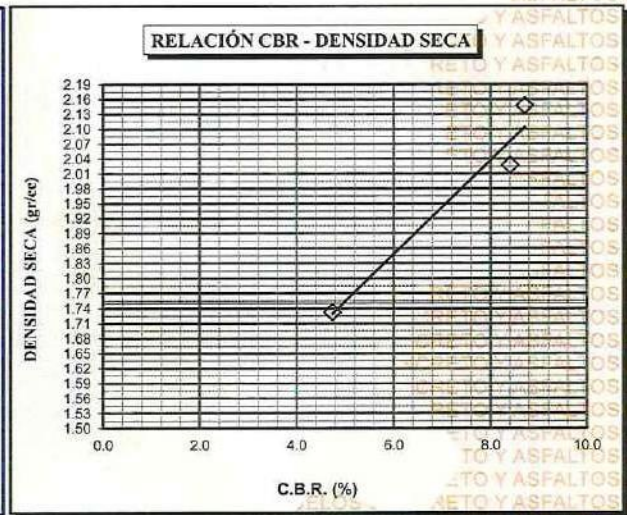
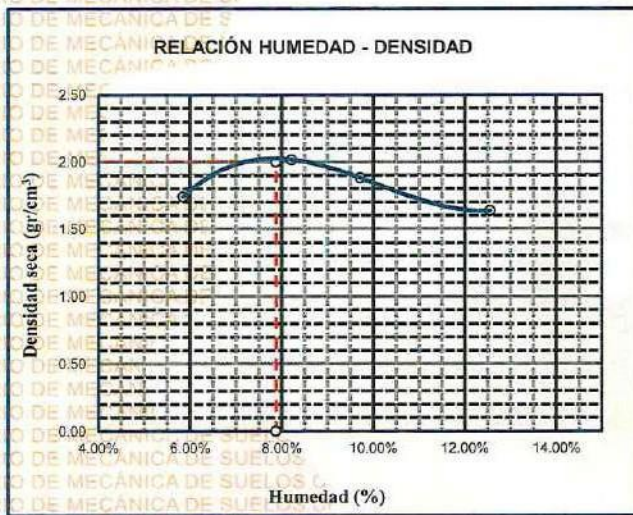




UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO :	"INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO – SILLUSTANI"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 2.000
UBICACIÓN :	VÍA CARACOTO – SILLUSTANI	HUMEDAD OPTIMA (%) 8.13%
PROGRESIVA :	KM 0+500	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 8.71
MUESTRA :	CALICATA 1 - MUESTRA 1 + 8% ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 8.27
FECHA :	13 DE MAYO DEL 2024	CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



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

[Firma]
Ing. Analía Yana Torres



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

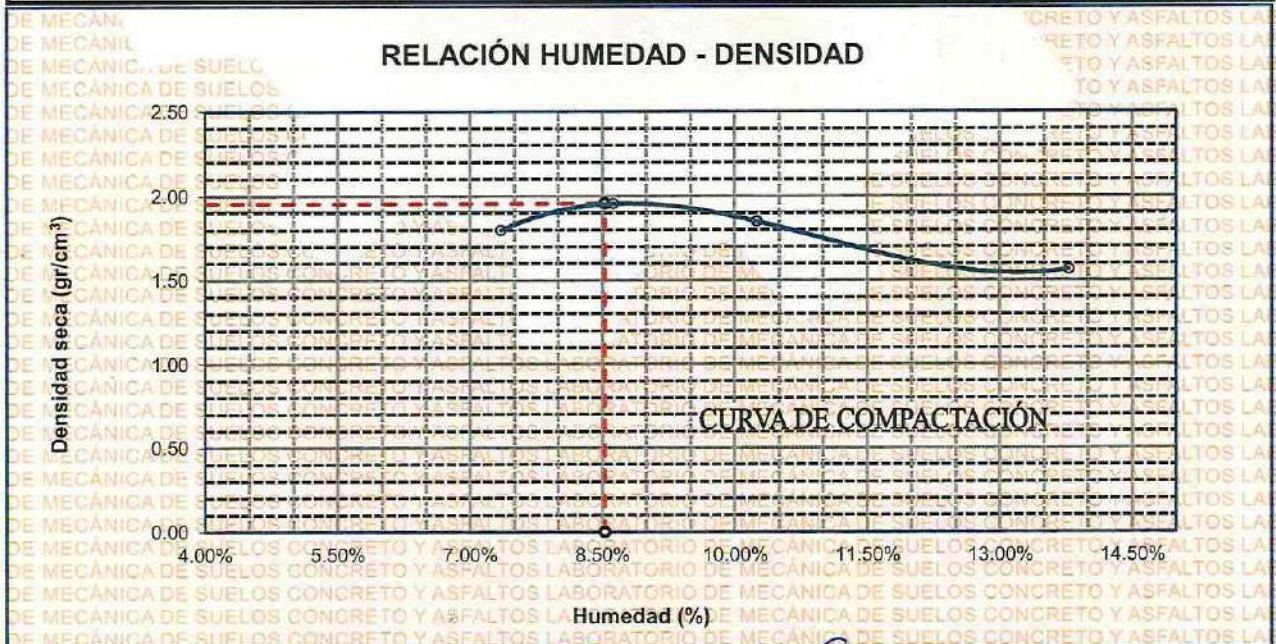
TESIS	: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO – SILLUSTANI
SOLICITANTE	: Bach. RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE
UBICACIÓN	: VÍA CARACOTO – SILLUSTANI
PROGRESIVA	: KM 2+500
MUESTRA	: CALICATA 2 - MUESTRA 2 + 8% ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO
FECHA	: 13 DE MAYO DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2115 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10056	10465	10289	9741
Peso del Molde	gr.	5974	5974	5974	5974
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4082	4491	4315	3767
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.930	2.123	2.040	1.781

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	420.89	410.95	445.88	420.42	432.74	415.85	405.85	390.75
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	395.21	388.25	415.26	392.21	399.64	382.32	354.12	382.12
Peso del Agua	gr.	25.68	22.70	30.62	28.21	33.10	33.53	51.73	28.63
Peso de la Capsula	gr.	62.25	63.21	62.25	63.10	66.12	65.21	65.52	65.21
Peso del Suelo Seco	gr.	332.96	325.04	353.01	329.11	333.52	317.11	288.60	296.91
% de Humedad	%	7.71%	6.98%	8.67%	8.57%	9.92%	10.57%	17.92%	9.64%
Promedio de Humedad	%	7.35%		8.62%		10.25%		13.78%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.798		1.955		1.851		1.565	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.196 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 8.19%



Mg. Arnoldo Yana Torres
 CIP 103257

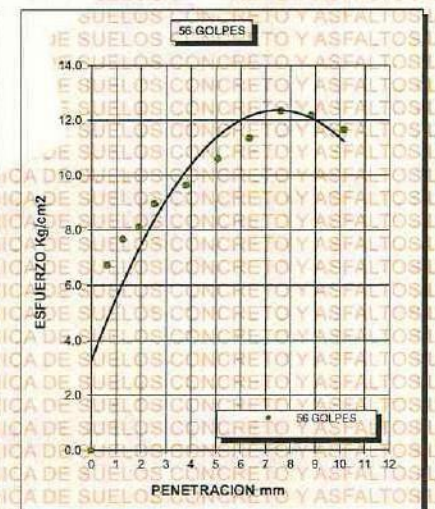
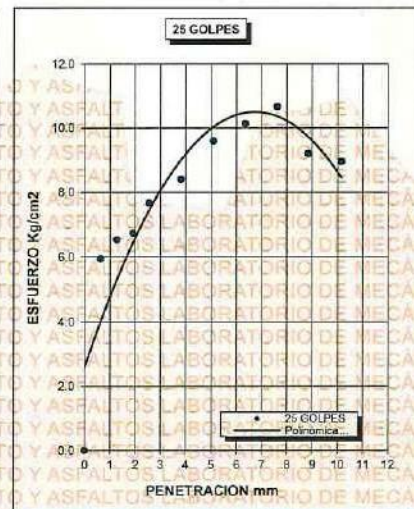
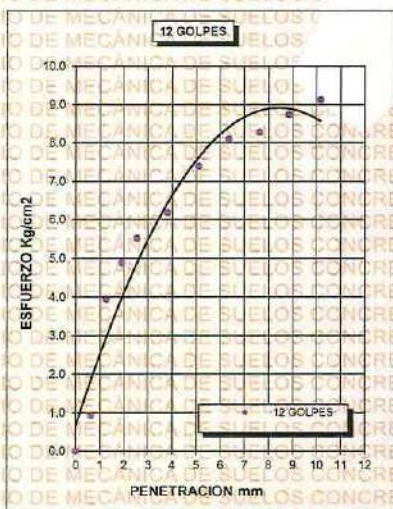
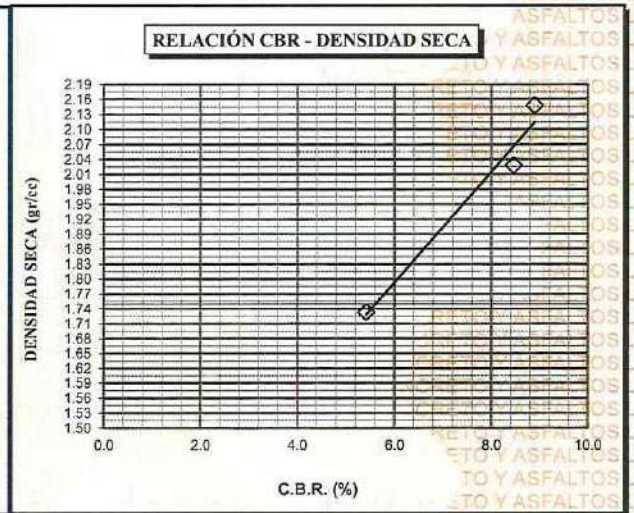
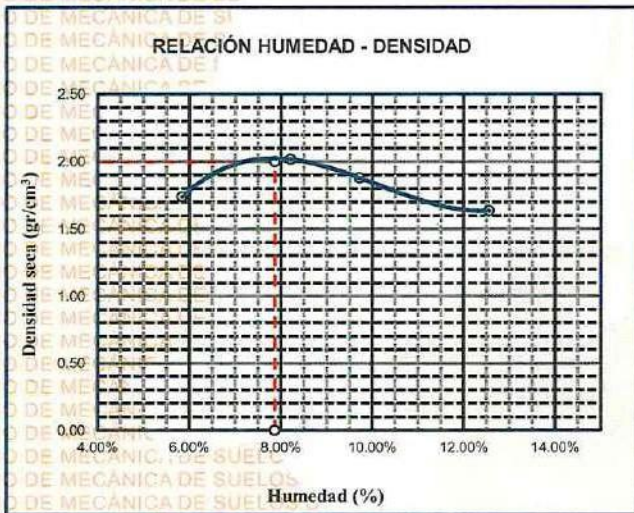




UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO :	"INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO-FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO – SILLUSTANI"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. RONAL JOSUE QUISEP VILLASANTE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1.956
UBICACIÓN :	VÍA CARACOTO – SILLUSTANI	HUMEDAD OPTIMA (%) 8.19%
PROGRESIVA :	KM 2+500	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 8.90
MUESTRA :	CALICATA 2 - MUESTRA 2 + 8% ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 8.46
FECHA :	13 DE MAYO DEL 2024	CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



LABORATORIO M.S.C.A. JEPATURA
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" FICP - IAP INGENIERÍA CIVIL
Mtr. Arnoldo Yano 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	INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO – SILLUSTANI		
SOLICITANTE	Bach. RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE		
UBICACIÓN	VÍA CARACOTO – SILLUSTANI		
PROGRESIVA	KM 4+500		
MUESTRA	CALICATA 3 - MUESTRA 3 + 8% DE ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO		
FECHA	13 DE MAYO DEL 2024		

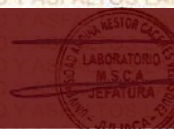
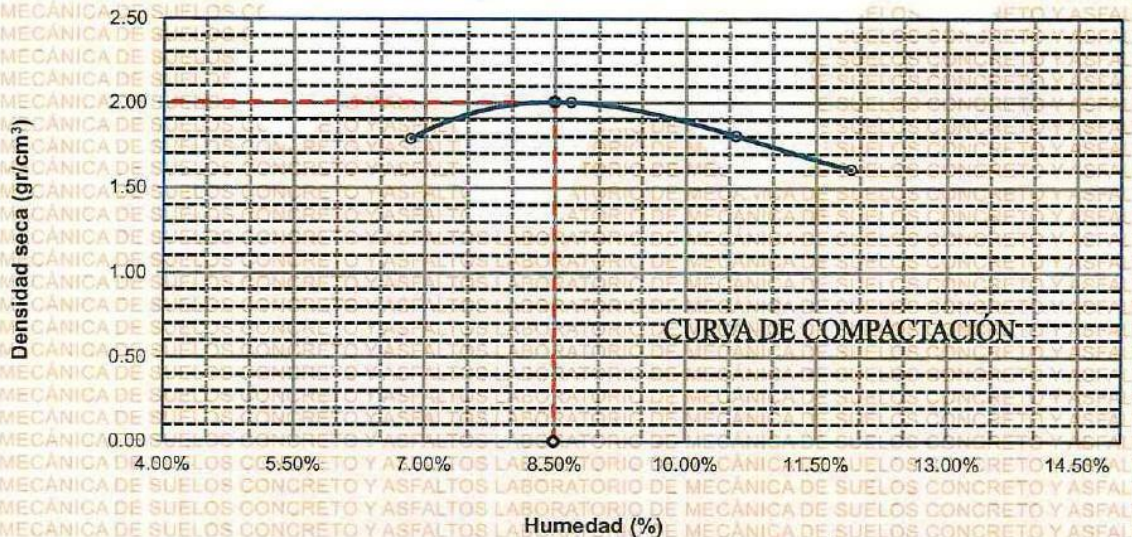
MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	2115 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10035	10598	10215	9802
Peso del Molde	gr.	5993	5993	5993	5993
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	4042	4605	4222	3809
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	1.911	2.177	1.996	1.801

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	425.89	415.89	438.78	420.98	425.85	416.78	406.58	392.72
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	403.65	392.42	413.45	388.21	392.45	382.25	363.12	365.32
Peso de la Agua	gr.	22.24	23.47	25.33	32.77	33.40	34.53	43.46	27.40
Peso de la Capsula	gr.	62.45	64.65	63.58	64.52	65.36	66.69	65.87	66.74
Peso del Suelo Seco	gr.	341.20	327.77	349.87	323.69	327.09	315.56	297.25	298.58
% de Humedad	%	6.52%	7.16%	7.24%	10.12%	10.21%	10.94%	14.62%	9.18%
Promedio de Humedad	%	6.84%		8.68%		10.58%		11.90%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.789		2.003		1.805		1.609	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	2.101 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	8.11%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD

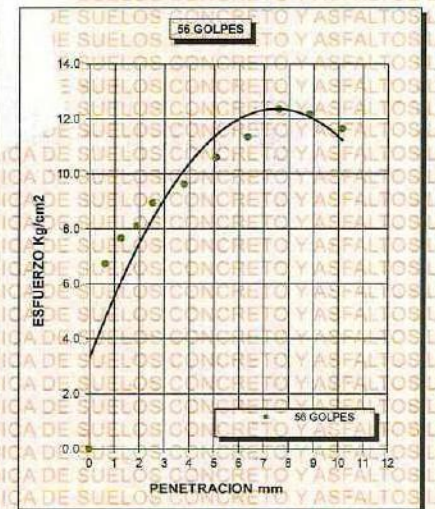
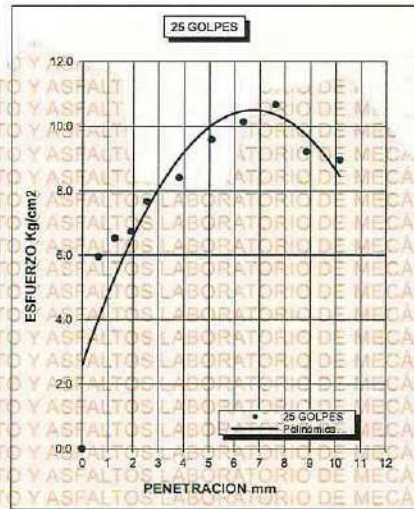
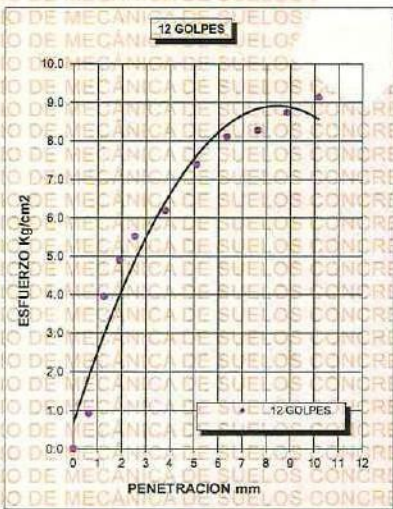
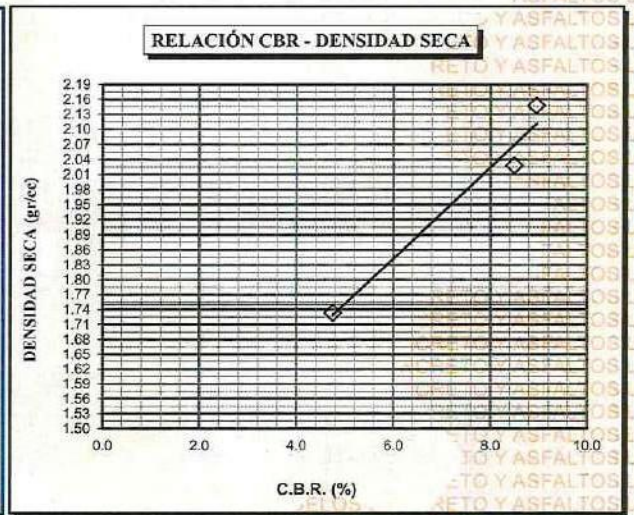
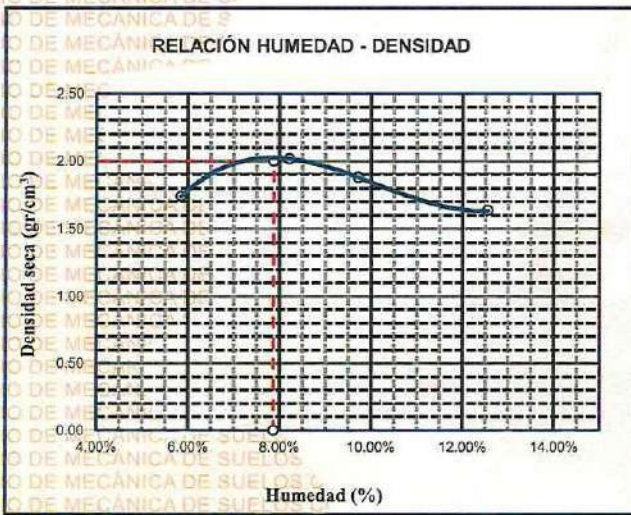




UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO :	"INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO – SILLUSTANI"	METODO DE COMPACTACIÓN	ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	2.006
UBICACIÓN :	VÍA CARACOTO – SILLUSTANI	HUMEDAD OPTIMA (%)	8.11%
PROGRESIVA :	KM 4+500	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	8.95
MUESTRA :	CALICATA 3 - MUESTRA 3 + 8% DE ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	8.50
FECHA :	13 DE MAYO DEL 2024	CLASIFICACIÓN :	CL
		AASHTO :	A-2
		EMBEBIDO :	4 DIAS



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
V. Arnaldo Yana Torres



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIÉTILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO – SILLUSTANI
SOLICITANTE	: Bach. RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE
UBICACIÓN	: VÍA CARACOTO – SILLUSTANI
PROGRESIVA	: KM 0+500
MUESTRA	: CALICATA 1 - MUESTRA 1 + 12% DE ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIÉTILENO FUNDIDO
FECHA	: 13 DE MAYO DEL 2024

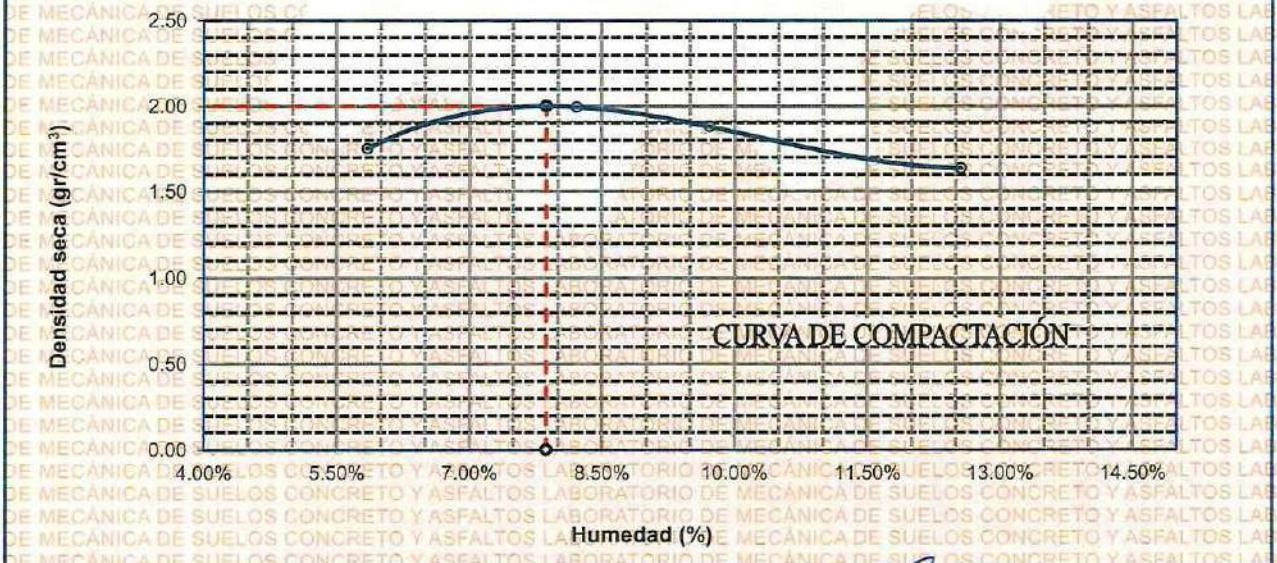
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2115 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9898	10545	10341	9874
Peso del Molde	gr.	5980	5980	5980	5980
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	3918	4565	4361	3894
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	1.852	2.158	2.062	1.841

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	423.75	415.76	442.22	422.85	432.45	415.75	412.67	389.86
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	403.02	397.16	412.12	396.88	400.21	384.52	367.25	360.15
Peso del Agua	gr.	20.73	18.60	30.10	25.97	32.24	31.23	45.42	29.71
Peso de la Capsula	gr.	62.98	64.78	63.10	64.20	65.36	66.25	64.87	65.85
Peso del Suelo Seco	gr.	340.04	332.38	349.02	332.68	334.85	318.27	302.38	294.30
% de Humedad	%	6.10%	5.60%	8.62%	7.81%	9.63%	9.81%	15.02%	10.10%
Promedio de Humedad	%	5.85%		8.22%		9.72%		12.56%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.750		1.995		1.879		1.636	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.130 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 7.74%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



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

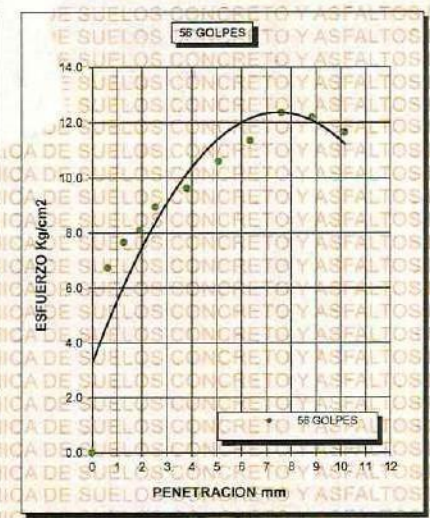
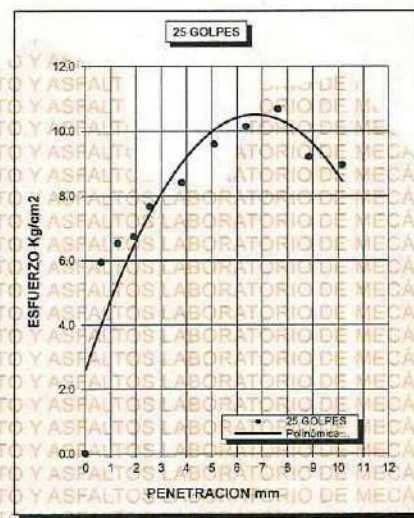
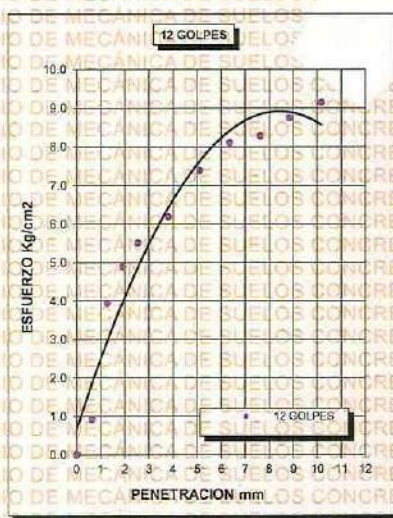
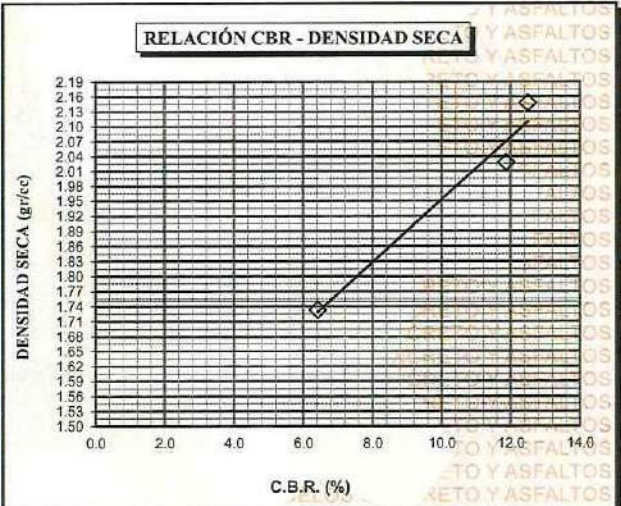
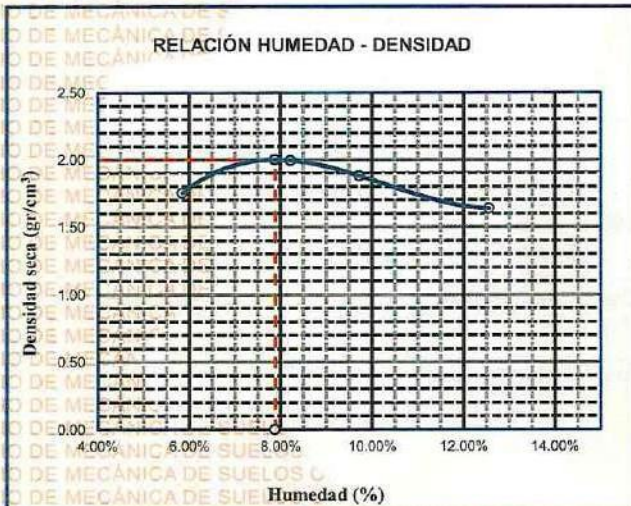
Mgtr. Arnaldo Yana Torres



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 :	"INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO - SILLUSTANI"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 2.000
UBICACIÓN :	VÍA CARACOTO - SILLUSTANI	HUMEDAD OPTIMA (%) 7.74%
PROGRESIVA :	KM 0+500	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 12.49
MUESTRA :	CALICATA 1 - MUESTRA 1 + 12% DE ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 11.87
FECHA :	13 DE MAYO DEL 2024	CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. ESPALMA
Ing. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO - SILLUSTANI
SOLICITANTE	: Bach. RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE
UBICACIÓN	: VÍA CARACOTO - SILLUSTANI
PROGRESIVA	: KM 2+500
MUESTRA	: CALICATA 2 - MUESTRA 2 + 12% ESCORIA-METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO
FECHA	: 13 DE MAYO DEL 2024

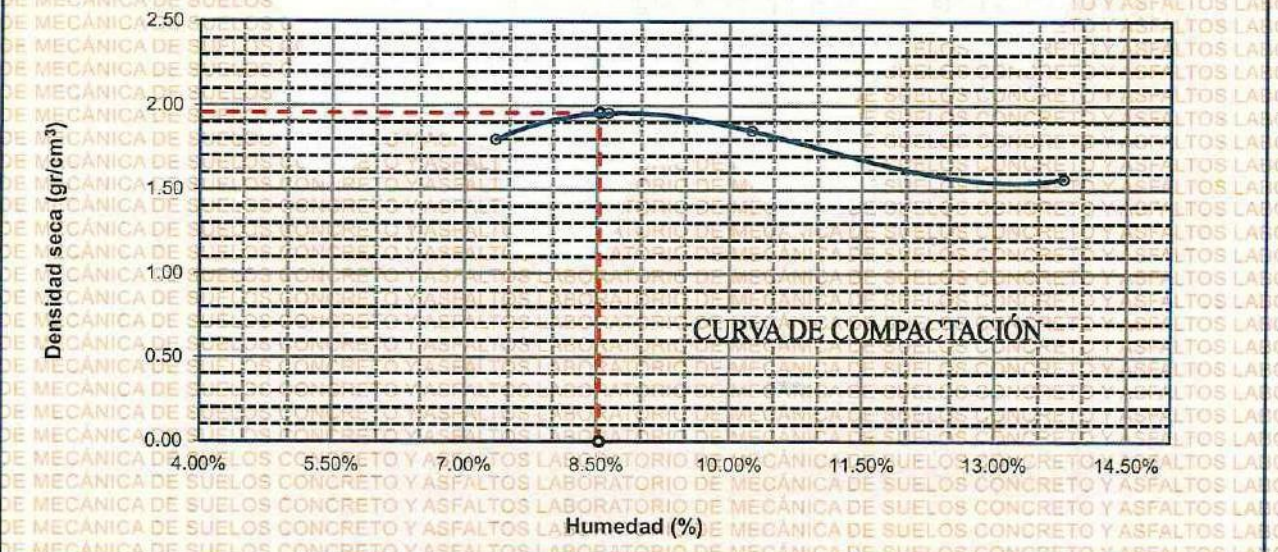
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2115 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10056	10465	10289	9741
Peso del Molde	gr.	5974	5974	5974	5974
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4082	4491	4315	3767
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.930	2.123	2.040	1.781

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	420.89	410.95	445.88	420.42	432.74	415.85	405.85	390.75
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	395.21	388.25	415.26	392.21	399.64	382.32	354.12	362.12
Peso del Agua	gr.	25.68	22.70	30.62	28.21	33.10	33.53	51.73	28.63
Peso de la Capsula	gr.	62.25	63.21	62.25	63.10	66.12	65.21	65.52	65.21
Peso del Suelo Seco	gr.	332.96	325.04	353.01	329.11	333.52	317.11	288.60	296.91
% de Humedad	%	7.71%	6.98%	8.67%	8.57%	9.92%	10.57%	17.92%	9.64%
Promedio de Humedad	%	7.35%		8.62%		10.25%		13.78%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.798		1.955		1.851		1.565	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.124 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 7.55%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



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

M.Sc.A. JEFATURA

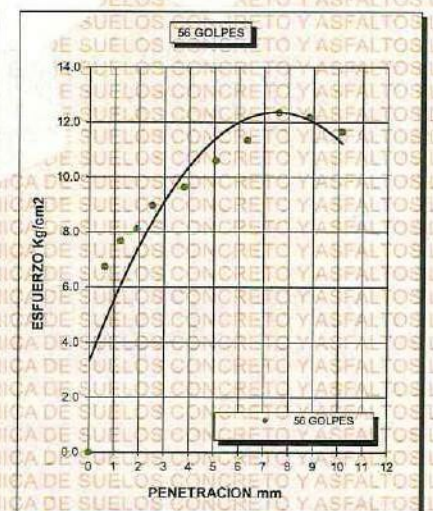
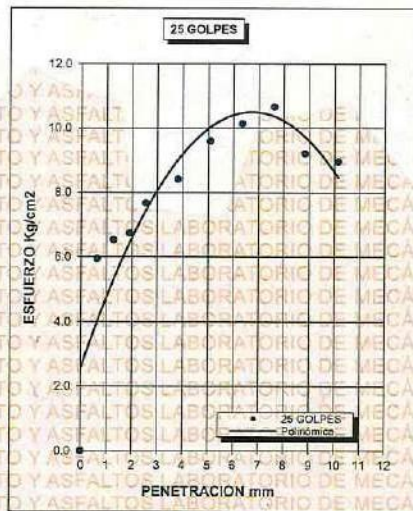
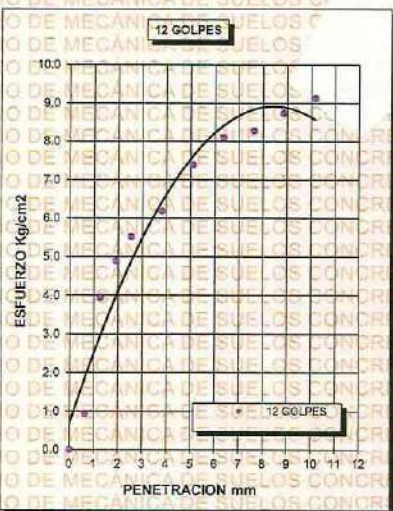
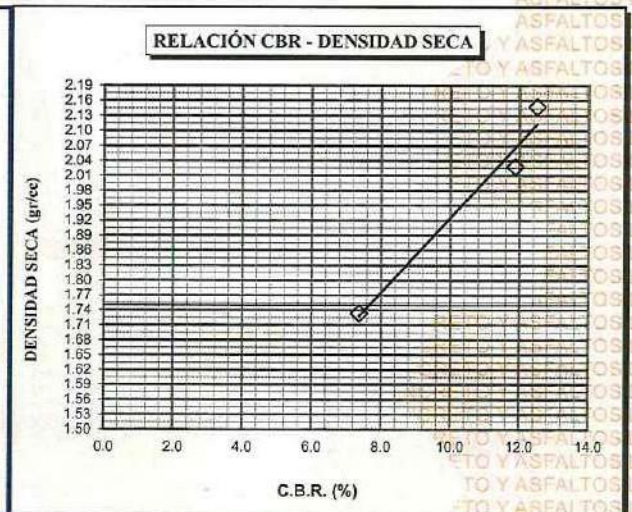
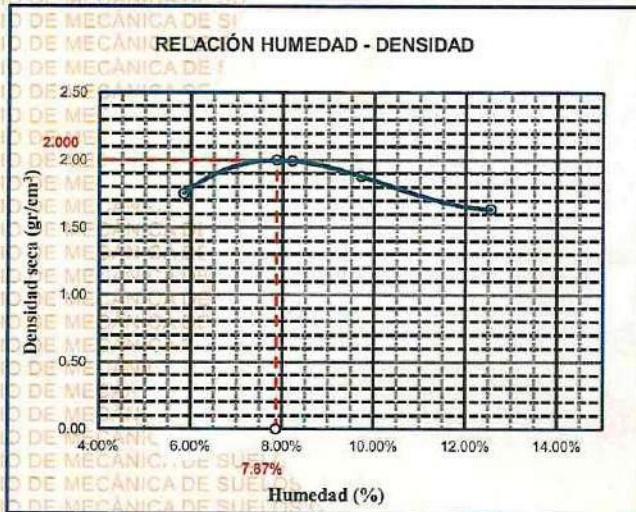
Mgtr. Arnaldo Yara Torres
CIP. 103257



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 :	"INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO – SILLUSTANI"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1.956
UBICACIÓN :	VÍA GARACOTO – SILLUSTANI	HUMEDAD OPTIMA (%) 7.55%
PROGRESIVA :	KM 2+500	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 12.51
MUESTRA :	CALICATA 2 - MUESTRA 2 + 12% ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 11.88
FECHA :	13 DE MAYO DEL 2024	CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
Ing. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO – SILLUSTANI
SOLICITANTE	: Bach. RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE
UBICACIÓN	: VÍA CARACOTO – SILLUSTANI
PROGRESIVA	: KM 4+500
MUESTRA	: CALICATA 3 - MUESTRA 3 + 12% ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO
FECHA	: 13 DE MAYO DEL 2024

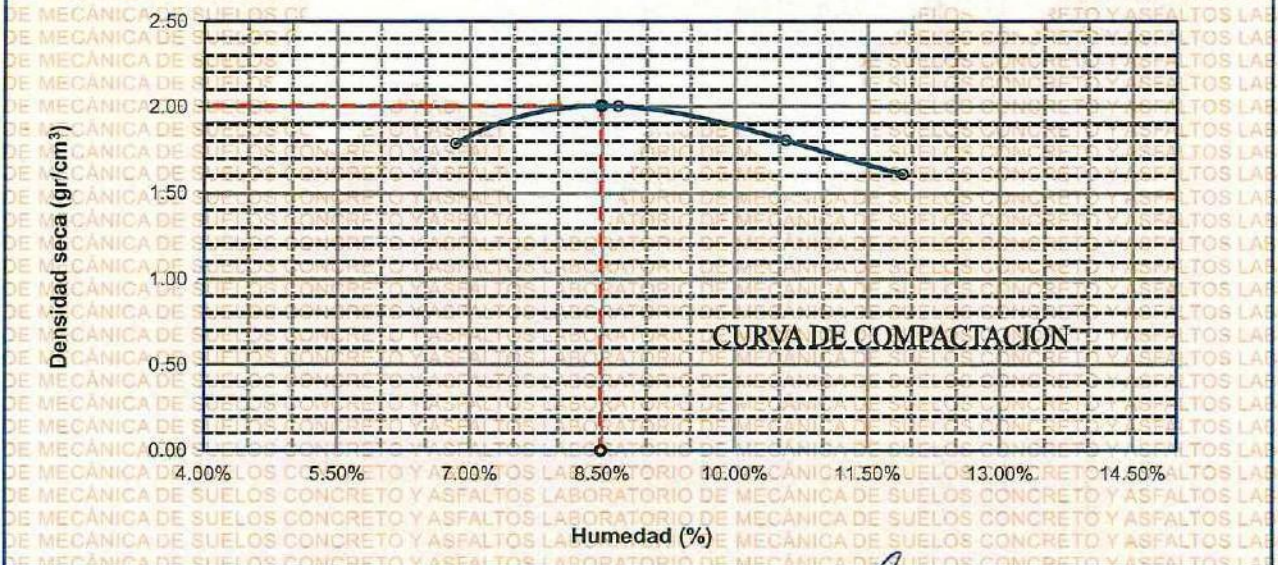
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2115 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10035	10598	10215	9802
Peso del Molde	gr.	5993	5993	5993	5993
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	4042	4605	4222	3809
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³	1.911	2.177	1.996	1.801

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	425.89	415.89	438.78	420.98	425.85	416.78	406.58	392.72
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	403.65	392.42	413.45	398.21	392.45	382.25	383.12	365.32
Peso del Agua	gr.	22.24	23.47	25.33	32.77	33.40	34.53	43.46	27.40
Peso de la Capsula	gr.	62.45	64.65	63.58	64.52	65.36	66.89	65.87	66.74
Peso del Suelo Seco	gr.	341.20	327.77	349.87	323.69	327.09	315.56	297.25	298.58
% de Humedad	%	6.52%	7.16%	7.24%	10.12%	10.21%	10.94%	14.62%	9.18%
Promedio de Humedad	%	6.84%		8.68%		10.58%		11.90%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.789		2.003		1.805		1.609	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.141 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 7.96%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



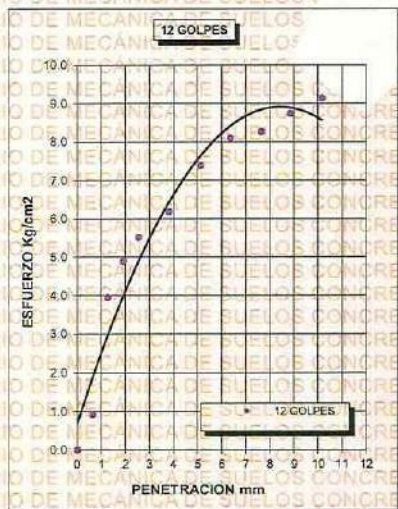
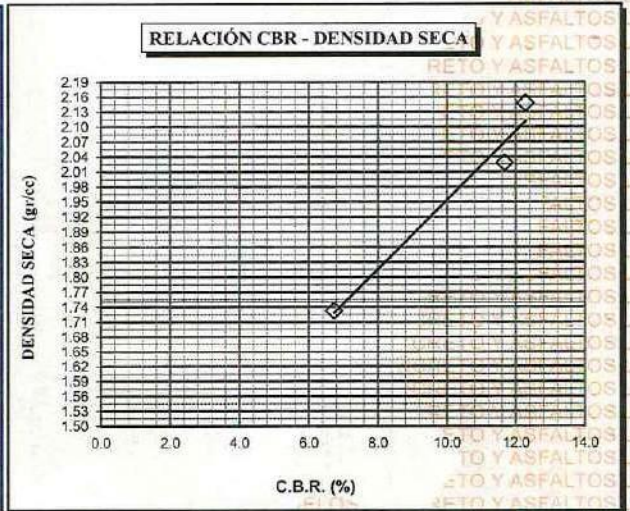
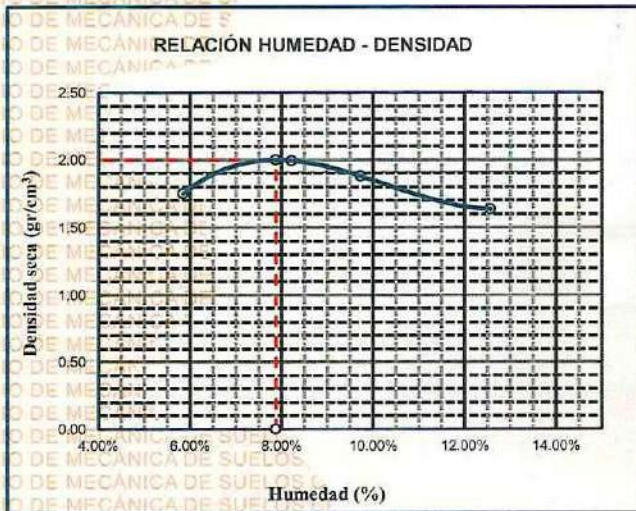
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
 Sr. Arnaldo Yano Torres
 CIP 102267



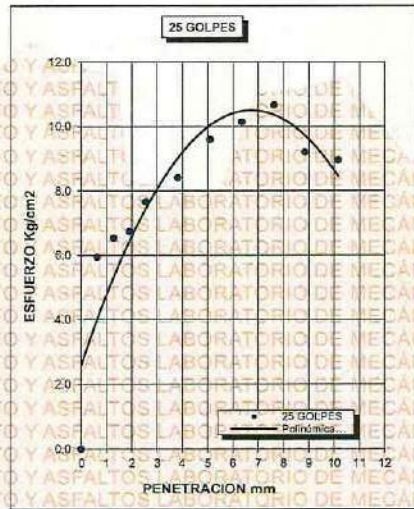
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



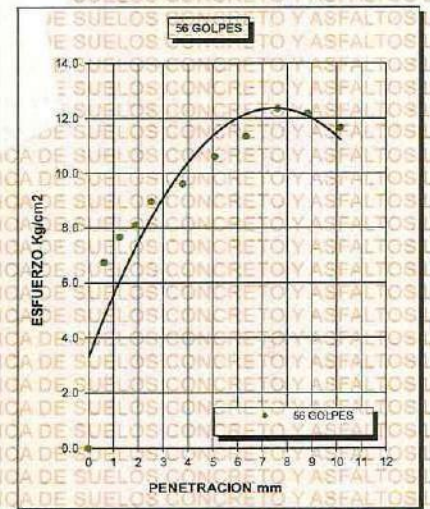
PROYECTO :	"INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO – SILLUSTANI"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 2.006
UBICACIÓN :	VÍA CARACOTO – SILLUSTANI	HUMEDAD OPTIMA (%) 7.96%
PROGRESIVA :	KM 4+500	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 12.28
MUESTRA :	CALICATA 3 - MUESTRA 3 + 12% ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 11.67
FECHA :	13 DE MAYO DEL 2024	CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



CBR 6.74



CBR 11.67



CBR 12.28

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL
M.S.C.A.
Ronal Josue Quispe Villasante



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 06-09-2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: RONAL JOSUE QUISPE VILLASANTE

Dirección: C. POBLADO OCCOPAMPA

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 73991544

Teléfono: 928 865 436 email: rjvillasante.01@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

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

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

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

Asesor: Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METÁLICA Y BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO SOBRE

LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA CARACOTO - SILLUSTANI

Palabras claves, (3 a 5 términos): SUBRASANTE, POLIETILENO, FUNDIDO, ESCORIAS METÁLICAS

¿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, entre 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

06-09-2024

Fecha