

UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE
PAVIMENTOS RÍGIDOS MODIFICADOS POR TRABAJOS
DESTRUCTIVOS EN OBRAS DE MEJORAMIENTO DE AGUA
POTABLE EN EL BARRIO SANTA BÁRBARA – JULIACA 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. BELITZA RAQUEL QUISPE CORNEJO

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

**EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE
PAVIMENTOS RÍGIDOS MODIFICADOS POR TRABAJOS
DESTRUCTIVOS EN OBRAS DE MEJORAMIENTO DE AGUA
POTABLE EN EL BARRIO SANTA BÁRBARA – JULIACA 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. BELITZA RAQUEL QUISPE CORNEJO

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:


Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

PRIMER MIEMBRO

:


Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

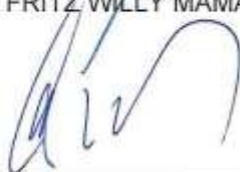
SEGUNDO MIEMBRO

:


Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ASESOR DE TESIS

:


Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1850-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 23 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 15793 presentado por el (la) Bachiller: BELITZA RAQUEL QUISPE CORNEJO 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. BELITZA RAQUEL QUISPE CORNEJO, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS MODIFICADOS POR TRABAJOS DESTRUCTIVOS EN OBRAS DE MEJORAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL BARRIO SANTA BÁRBARA - JULIACA 2024**, 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. LEONEL SUASACA PELINCO
- **1er Miembro** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
- **2do Miembro** : Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

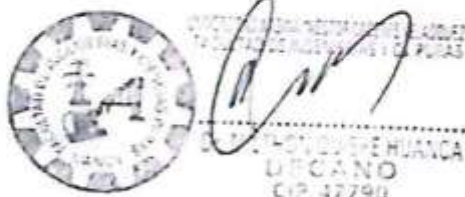
ARTICULO SEGUNDO. - **RECONOCER** como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, Dr. MILTHON QUISPE HUANCA.

ARTICULO TERCERO. - **APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: BELITZA RAQUEL QUISPE CORNEJO; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS MODIFICADOS POR TRABAJOS DESTRUCTIVOS EN OBRAS DE MEJORAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL BARRIO SANTA BÁRBARA - JULIACA 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- **FECHA** : Jueves 26 de diciembre del 2024
- **HORA** : 10:00 horas
- **LUGAR** : Aula 306 - 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.



cc
Archivo
matriculado 04





UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1603-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 03 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 14013 por el señor (a): **BELITZA RAQUEL QUISPE CORNEJO** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 1396- 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 286 - 2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **BELITZA RAQUEL QUISPE CORNEJO**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) **Titulado: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS MODIFICADOS POR TRABAJOS DESTRUCTIVOS EN OBRAS DE MEJORAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL BARRIO SANTA BÁRBARA - JULIACA 2024**, 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 **Dr. 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° 286 - 2024 **aprobandolo** el informe final de la investigación (borrador de tesis) **titulado: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS MODIFICADOS POR TRABAJOS DESTRUCTIVOS EN OBRAS DE MEJORAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL BARRIO SANTA BÁRBARA - JULIACA 2024**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **BELITZA RAQUEL QUISPE CORNEJO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema **Titulado: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS MODIFICADOS POR TRABAJOS DESTRUCTIVOS EN OBRAS DE MEJORAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL BARRIO SANTA BÁRBARA - JULIACA 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

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

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1237-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 09 de octubre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 13785, presentado el señor (a) **BELITZA RAQUEL QUISPE CORNEJO** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 1129 -2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 327 -2024 del integrante del comité de investigación **EPIC** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **BELITZA RAQUEL QUISPE CORNEJO** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS MODIFICADOS POR TRABAJOS DESTRUCTIVOS EN OBRAS DE MEJORAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL BARRIO SANTA BÁRBARA - JULIACA 2024**, 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 **Dr. 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° 327 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS MODIFICADOS POR TRABAJOS DESTRUCTIVOS EN OBRAS DE MEJORAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL BARRIO SANTA BÁRBARA - JULIACA 2024**.

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 señor (a): **BELITZA RAQUEL QUISPE CORNEJO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS MODIFICADOS POR TRABAJOS DESTRUCTIVOS EN OBRAS DE MEJORAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL BARRIO SANTA BÁRBARA - JULIACA 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

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

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

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



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

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
Dr. Efraim Pacilio Sosa
DIRECTOR

cc.
Archivo 20.24
Interesado (a)

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS MODIFICADOS POR TRABAJOS DESTRUCTIVOS EN OBRAS DE MEJORAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL BARRIO SANTA BÁRBARA – JULIACA 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

21%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

16%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE


FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	12%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	americanae.aecid.es Fuente de Internet	<1%
6	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%

Metadatos Complementarios



Título de la tesis	
EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS MODIFICADOS POR TRABAJOS DESTRUCTIVOS EN OBRAS DE MEJORAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL BARRIO SANTA BÁRBARA - JULIACA 2024	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	BELITZA RAQUEL QUISPE CORNEJO
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70133332
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0004-9200-032X
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02424528
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-4219-1007
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
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	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI

Número de documento de identidad	02306659
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: San Miguel Latitud: S 15° 28' 43" Longitud: O 70° 07' 37"</p>  <p>https://maps/d/1ckCzyvwnSNksQH7ALIOLNJSJL0ccYlhBA&usp</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Octubre 2024 – Diciembre 2024
URL de disciplinas OCDE - Librería	Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocdc/ford#2.01.00 Ingeniería de la Construcción https://purl.org/pe-repo/ocdc/ford#2.01.03





DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo BELITZA RAQUEL QUISPE CORNEJO, identificado con DNI Nro. 70133332, 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:

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS MODIFICADOS POR TRABAJOS DESTRUCTIVOS EN OBRAS DE MEJORAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL BARRIO SANTA BÁRBARA - JULIACA 2024

Asesorado por: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

Es un tema original.

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

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

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

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

Juliaca 28 de enero del 2025


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)


Huella

DEDICATORIA

Lleno de regocijo, de amor y esperanza, dedico este logro, a cada uno de mis queridos, quienes han sido mis pilares para seguir adelante.

Es para mí una gran satisfacción poder dedicarles a ellos, que con mucho esfuerzo, esmero y trabajo me lo he ganado.

A mis padres Rene Agapito y Ceferina, porque ellos son la motivación de mi vida mi orgullo de ser lo que seré.

A mi hermana Luz Belina que desde el cielo me ilumina, porque son la razón de sentirme tan orgullosa de culminar mi meta, gracias a ellos por confiar siempre en mí.

AGRADECIMIENTO

Con profunda estima y reconocimiento. extiende mi más sincera gratitud a mis directores de tesis. Su dedicación docente y su inestimable guía han sido pilares fundamentales en la dirección y enriquecimiento de esta investigación.

Mi gratitud se extiende de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velázquez, bastión de excelencia académica que ha fomentado el desarrollo de un espíritu crítico esencial para el análisis de los desafíos

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.....	15
1.2 Planteamiento del problema.....	16
1.2.1 Problema general	16
1.2.2 Problemas específicos.....	16
1.3 Objetivos de la investigación.....	17
1.3.1 Objetivo general	17
1.3.2 Objetivos específicos.....	17
1.4 Justificación de la investigación	18
1.4.1 Justificación técnica.....	18
1.4.2 Justificación económica.....	18
1.4.3 Justificación social.....	18
1.4.4 Justificación ambiental.....	19
1.5 Hipótesis de la investigación	19
1.5.1 Hipótesis general.....	19
1.5.2 Hipótesis específicas.....	19
1.6 Variables e indicadores.....	20
1.6.1 Variable independiente.....	20

1.6.2	Variable dependiente.....	20
1.7	Conceptualización aplicada de variables.....	20

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de la investigación.....	21
2.1.1	Antecedentes internacionales.....	21
2.1.2	Antecedente nacional.....	22
2.1.3	Antecedente de ámbito local.....	24
2.2	Bases teóricas.....	25
2.2.1	Pavimentos Rígidos.....	25
2.2.1.1	Definición de Pavimentos Rígidos.....	26
2.2.1.2	Características Técnicas y Mecánicas.....	27
2.2.1.3	Vida útil y factores de deterioro en pavimentos rígidos.....	31
2.2.2	Condición estructural de pavimentos rígidos.....	32
2.2.3	Concepto de Condición Estructural.....	34
2.2.4	Parámetros de evaluación estructural.....	35
2.2.5	Subrasante en pavimentos rígidos.....	38
2.2.5.1	Definición y función de la subrasante.....	39
2.2.5.2	Propiedades Geotécnicas de la Subrasante.....	40
2.2.5.3	Métodos de Evaluación de Subrasante.....	42
2.2.5.4	Influencia de la subrasante en el desempeño estructural de pavimentos.....	44
2.2.6	Impacto de trabajos destructivos en pavimentos rígidos.....	45
2.2.6.1	Tipos de trabajos destructivos en obras de agua potable.....	48
2.2.6.2	Efectos de excavaciones y perforaciones en el pavimento.....	50
2.2.6.3	Rehabilitación posterior a trabajos destructivos.....	52
2.2.7	Estabilización de suelos y materiales granulares.....	55
2.2.7.1	Principios de estabilización de suelos.....	56
2.2.8	Normativa nacional e internacional aplicable.....	57
2.3	Marco conceptual.....	59
2.3.1.	Base granular.....	59
2.3.2.	Estado estructural.....	60

2.3.3. Pavimentos rígidos.....	60
--------------------------------	----

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de la investigación.....	61
3.2 Método de la investigación.....	62
3.3 Nivel y tipo de la investigación	62
3.3.1 Nivel de la investigación	62
3.3.2 Tipo de la investigación	63
3.4 Población y muestra de la investigación.....	63
3.4.1 Población.....	63
3.4.2 Muestra	64
3.5 Técnicas e instrumentos	66
3.5.1 Técnicas	66
3.5.2 Instrumentos de recolección de datos investigación	68
3.6 Validación y confiabilidad del instrumento	69
3.6.1 Validación de los instrumentos	69
3.6.2 Confiabilidad de instrumentos.....	70
3.7 Plan de recolección y procesamiento de datos	71
3.8 Procesamiento y análisis de datos	79

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Presentación y análisis de resultados	81
4.1.1 Grado de compactación muestra 1 (calle Ignacio miranda cdra 2).....	86
4.1.2 CBR del suelo de la subrasante muestra 2 (calle 24 de octubre cdra 1)	91
4.1.3 CBR de la muestra numero 3 (Jr Víctor Velásquez).....	95
4.1.4 CBR del suelo de la subrasante muestra 4 (Jr Ica).....	100
4.1.5 Propuesta detallada de tratamientos para la recuperación estructural de los pavimentos rígidos.....	105
4.2 Discusión de resultados	110
CONCLUSIONES	113

RECOMENDACIONES.....	115
REFERENCIAS	116
ANEXOS.....	119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Conceptualización aplicada de variables</i>	20
Tabla 2 <i>Suma de experimentos llevados a cabo</i>	65
Tabla 3 <i>Cantidad de humedad presente en las muestras recolectadas</i>	82
Tabla 4 <i>Índice plástico de las muestras- naturales</i>	85
Tabla 5 <i>Compactación y sus grados (subrasante)</i>	86
Tabla 6 <i>CBR en la subrasante de suelo natural</i>	89
Tabla 7 <i>Compactación en la subrasante muestra numero 2 (calle 24 de octubre cdra 1)</i>	91
Tabla 8 <i>CBR en la subrasante muestra 2 (calle 24 de octubre cdra 1)</i>	94
Tabla 9 <i>Compactación en la subrasante muestra 3 (Jr Víctor Velásquez)</i>	95
Tabla 10 <i>CBR en la subrasante muestra numero 3 (Jr Víctor Velásquez)</i>	98
Tabla 11 <i>Compactación en la subrasante muestra 4 (Jr Ica)</i>	100
Tabla 12 <i>CBR en la subrasante muestra 4 (Jr Ica)</i>	103
Tabla 13 <i>CBR en la subrasante</i>	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Localización de las zonas de estudio</i>	64
Figura 2 <i>Cantidad de humedad en los suelos analizados</i>	82
Figura 3 <i>Clasificación de partículas en la muestra 1</i>	83
Figura 4 <i>Clasificación de partículas en la muestra 2</i>	83
Figura 5 <i>Clasificación de partículas en la muestra 3</i>	84
Figura 6 <i>Clasificación de partículas en la muestra 4</i>	84
Figura 7 <i>Comparativa de los límites alcanzados</i>	85
Figura 8 <i>Asociación entre humedad y densidad del material muestra 1.1</i>	87
Figura 9 <i>Asociación entre humedad y densidad del material muestra 1.2</i>	87
Figura 10 <i>Asociación entre humedad y densidad del material muestra 1.3</i>	88
Figura 11 <i>Asociación entre humedad y densidad del material muestra 1.4</i>	88
Figura 12 <i>Conexión entre humedad y densidad en estudios de suelos (calle Ignacio Miranda cdra 2)</i>	89
Figura 13 <i>CBR en la subrasante de suelo muestra 1 (calle Ignacio miranda cdra 2)</i>	90
Figura 14 <i>Influencia mutua entre densidad y humedad en CE-2.1</i>	91
Figura 15 <i>Influencia mutua entre densidad y humedad en muestra 2.2</i>	92
Figura 16 <i>Influencia mutua entre densidad y humedad en muestra 2.3</i>	92
Figura 17 <i>Influencia mutua entre densidad y humedad en muestra 2.4</i>	93
Figura 18 <i>Compactación en la subrasante muestra 2 (calle 24 de octubre cdra 1)</i>	93
Figura 19 <i>CBR en la subrasante muestra 2 (calle 24 de octubre cdra 1)</i>	94
Figura 20 <i>Influencia mutua entre densidad y humedad muestra 3.1</i>	96
Figura 21 <i>Influencia mutua entre densidad y humedad muestra 3.2</i>	96
Figura 22 <i>Influencia mutua entre densidad y humedad muestra 3.3</i>	97
Figura 23 <i>Influencia mutua entre densidad y humedad muestra 3.4</i>	97
Figura 24 <i>Compactación en la subrasante muestra 3 (Jr Víctor Velásquez)</i>	98
Figura 25 <i>CBR en la subrasante muestra numero 3 (Jr Víctor Velásquez)</i>	99
Figura 26 <i>Influencia mutua entre densidad y humedad en la muestra 4.1</i>	100
Figura 27 <i>Influencia mutua entre densidad y humedad en la muestra 4.2</i>	101
Figura 28 <i>Influencia mutua entre densidad y humedad en la muestra 4.3</i>	101

Figura 29 <i>Influencia mutua entre densidad y humedad en la muestra 4.4</i>	102
Figura 30 <i>Compactación en la subrasante muestra 4 (Jr Ica)</i>	102
Figura 31 <i>CBR en la subrasante muestra 4 (Jr Ica)</i>	103
Figura 32 <i>CBR en la subrasante estudiadas</i>	105

RESUMEN

La investigación titulada “Análisis del Estado Estructural de Pavimentos Rígidos Afectados por Intervenciones Destructivas en el Mejoramiento del Sistema de Agua Potable en el Barrio Santa Bárbara - Juliaca 2024” enfatiza la importancia de financiar estudios que mejoren el conocimiento en ingeniería civil. Este estudio utiliza una técnica cuantitativa aplicada que incluye componentes descriptivos y explicativos, así como un diseño experimental basado en el método científico. El objetivo principal fue analizar las propiedades estructurales de pavimentos rígidos impactados por actividades perjudiciales durante el mejoramiento de la infraestructura de agua potable en el municipio designado. El método utilizado implicó un enfoque cuantitativo que permitió el análisis de las propiedades geotécnicas de los suelos de subrasante y subbase, junto con la evaluación de la capacidad de soporte de los pavimentos. El diseño experimental implicó realizar investigaciones de laboratorio para determinar la relación entre humedad y densidad, así como el California Bearing Ratio (CBR) a diferentes niveles de compactación. Los primeros resultados revelaron un índice de carga de California (CBR) promedio del 5,3 % con una compactación del 95 % en condiciones naturales del suelo, lo que indica una capacidad de soporte insuficiente para cumplir con los criterios estructurales necesarios. Este descubrimiento subrayó la necesidad de implementar medidas estabilizadoras para mejorar el desempeño del suelo, asegurando así un soporte adecuado para la infraestructura vial. Esta investigación proporciona una base sólida para futuras intervenciones en proyectos similares, destacando la necesidad de reducir los efectos de actividades nocivas sobre pavimentos rígidos y proporcionar métodos eficaces para garantizar su durabilidad y rendimiento.

Palabras Clave: Subrasante, Destructivos, Condición estructural, CBR.

ABSTRACT

The research titled “Analysis of the Structural Condition of Rigid Pavements Affected by Destructive Interventions in the Improvement of the Drinking Water System in the Santa Bárbara - Juliaca 2024 Neighborhood” emphasizes the importance of funding studies that enhance understanding in civil engineering. This study utilizes an applied, quantitative technique that includes descriptive and explanatory components, as well as an experimental design based on the scientific method. The main objective was to analyze the structural properties of rigid pavements impacted by detrimental activities during the improvement of the drinking water infrastructure in the designated municipality. The method utilized involved a quantitative approach that enabled the analysis of the geotechnical properties of the subgrade and subbase soils, together with the evaluation of the pavements' support capacity. The experimental design entailed doing laboratory research to determine the relationship between humidity and density, as well as the California Bearing Ratio (CBR) at different compaction levels. The first results revealed an average California Bearing Ratio (CBR) of 5.3% at 95% compaction under natural soil conditions, indicating insufficient support capacity to meet the necessary structural criteria. This discovery underscored the need of implementing stabilizing measures to improve soil performance, hence ensuring adequate support for road infrastructure. This research provides a solid basis for future interventions in similar projects, highlighting the need to reduce the effects of harmful activities on rigid pavements and to provide effective methods to ensure their durability and performance.

Keywords: Subgrade, Destructive, Structural condition, CBR.

INTRODUCCIÓN

Con el crecimiento de las ciudades a un ritmo tan rápido y la necesidad constante de mejorar servicios básicos como los sistemas de purificación de agua, la ingeniería civil y la planificación urbana se enfrentan a obstáculos insuperables. El barrio Santa Bárbara de Juliaca ha tenido intervenciones, como obras dañinas en los pavimentos rígidos existentes, debido a proyectos de mejoramiento de agua potable. Si bien estas actividades son esenciales para la calidad de vida de los residentes, tienen un impacto directo en la integridad estructural del pavimento, lo que a su vez causa problemas de funcionalidad, durabilidad y seguridad vial.

Los pavimentos rígidos, famosos por su resistencia y capacidad de carga, pueden degradarse considerablemente debido a los procedimientos de excavación, corte y reinstalación empleados en la construcción. Sin una evaluación y reparación adecuadas, la vida útil del pavimento y la inversión pública en él están amenazadas. Por este motivo, es fundamental contar con métodos y equipos que permitan una evaluación técnica exhaustiva de la integridad estructural de los pavimentos afectados para garantizar su restauración y adecuado mantenimiento.

El barrio de Santa Bárbara tiene problemas continuos debido a estas iniciativas debido a su entorno urbano muy dinámico. Por esta razón, es importante evaluar los materiales utilizados, los procesos de reparación y las condiciones de carga que sufrirán los pavimentos rígidos modificados para determinar su integridad estructural.

El principal objetivo de esta investigación es evaluar el estado estructural de los pavimentos rígidos modificados del barrio Santa Bárbara, los cuales resultaron dañados durante las obras de mejora del sistema de agua potable. También espera ofrecer recomendaciones técnicas para mejorar proyectos futuros y disminuir los impactos negativos en la infraestructura vial.

Esta investigación busca abordar un tema apremiante para los planificadores urbanos e ingenieros civiles, con el objetivo final de contribuir al desarrollo de planes a largo plazo que prioricen el mantenimiento de las infraestructuras existentes y al mismo tiempo mejoren los servicios clave. Los gastos en infraestructura pública deberían ser más efectivos y, como resultado, la calidad de vida de los residentes de Juliaca debería aumentar.

Capítulo I: Este capítulo describe el contexto del problema de investigación, enfatizando la importancia del estudio en el campo de las intervenciones urbanas sobre pavimentos rígidos. Se delinea el contexto de los impactos adversos derivados de los programas de aumento de agua potable, junto con los vacíos de información existentes. Además, se delinea el tema principal, junto con los objetivos generales y específicos y la justificación del estudio, destacando su importancia tecnológica, social y económica.

Capítulo II: El marco conceptual y teórico de la investigación se delinea a continuación. Se examinan los conceptos esenciales de los pavimentos rígidos, su diseño estructural y los métodos para evaluar los daños. Se presenta una descripción general completa de estudios previos sobre los efectos de las intervenciones disruptivas en pavimentos urbanos, destacando las técnicas primarias de reparación y mantenimiento. Este marco proporciona la base técnica y científica que guía el examen del problema.

Capítulo III: Este capítulo describe el enfoque metodológico utilizado para lograr los objetivos del estudio. El documento incluye la estrategia de investigación, los métodos de recolección de datos y las herramientas utilizadas para evaluar la integridad estructural de los pavimentos. Se describen las características de la región de investigación, métodos de muestreo y técnicas analíticas que garantizan la validez y confiabilidad de los resultados.

Capítulo IV: En este apartado se exponen los resultados derivados de la investigación de los pavimentos afectados en la urbanización de Santa Bárbara. Se presentan los resultados de las inspecciones estructurales, ensayos realizados y su interpretación de acuerdo con las normas técnicas vigentes. Se analizan las implicaciones de estos hallazgos, comparándolos con estudios similares y proponiendo métodos alternativos para la mejora y mantenimiento de los pavimentos tratados.

Cada capítulo está organizado para abordar ciertos aspectos esenciales del tema, asegurando que el marco de la tesis respalde una exploración exhaustiva y unificada del tema.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática

La evaluación de la integridad estructural de pavimentos rígidos impactados por desarrollos urbanos es una dificultad persistente en la ingeniería civil, particularmente en ciudades de rápido crecimiento. En los países ricos, incluidos Estados Unidos y Alemania, se han establecido reglas y tecnologías sofisticadas para mitigar los efectos de las intervenciones perjudiciales en la infraestructura vial. En varios lugares del mundo, las reparaciones insuficientes y la ausencia de supervisión técnica dan como resultado un deterioro acelerado del pavimento, comprometiendo tanto el funcionamiento como la seguridad vial, así como la viabilidad económica de los proyectos. (Flores Cazorla, 2023)

Perú enfrenta desafíos sustanciales con la gestión y protección de pavimentos, especialmente en las regiones metropolitanas. Las iniciativas para establecer y mejorar servicios fundamentales, como el agua potable y el saneamiento, son comunes y a veces están mal organizadas. Esto causa daños a los pavimentos rígidos creados recientemente, lo que indica deficiencias tanto en la supervisión técnica como en las prácticas de mantenimiento. A pesar de los esfuerzos del Estado por mejorar la infraestructura urbana a través de iniciativas de inversión pública, persisten desafíos en la coordinación entre las

agencias responsables de los proyectos, lo que limita la longevidad y sostenibilidad de las inversiones ejecutadas.(Quispe Suma & Venero Delgado, 2021)

El barrio Santa Bárbara de Juliaca enfrenta problemas derivados de las mejoras en el suministro de agua potable. Las intervenciones han incluido cortes y excavaciones en los pavimentos inflexibles existentes, los cuales, en varios casos, no han sido suficientemente restaurados, generando grietas, hundimientos y disminución de la capacidad estructural. Esta condición afecta tanto la calidad de vida de los residentes, que enfrentan desafíos en movilidad, como el gasto municipal asignado para mejorar la infraestructura vial. La deficiencia en la planificación técnica y la falta de procedimientos de evaluación sólidos exacerban el problema, lo que requiere soluciones integrales basadas en evidencia científica.(Pineda Nina, 2019)

Esta investigación enfatiza la necesidad de abordar el tema dentro de un marco tecnológico y metódico, garantizando que las iniciativas futuras sean sostenibles y exitosas a nivel local y nacional.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es la condición estructural de pavimentos rígidos modificados por trabajos destructivos en obras de mejoramiento de agua potable en el barrio Santa Bárbara - Juliaca 2024?

1.2.2 Problemas específicos.

1. ¿Cuál será la calidad de la humedad y densidad de los suelos de la subrasante y subbase en los pavimentos rígidos afectados por trabajos destructivos en obras de mejoramiento de agua potable en el barrio Santa Bárbara - Juliaca 2024?

2. ¿Cuáles serán los valores del índice CBR de los suelos en la subrasante y subbase para determinar su capacidad de soporte en los pavimentos rígidos modificados por trabajos destructivos en el barrio Santa Bárbara - Juliaca 2024?
3. ¿Cuáles serán los tratamientos adecuados para la recuperación estructural de los pavimentos rígidos modificados por trabajos destructivos en obras de mejoramiento de agua potable en el barrio Santa Bárbara - Juliaca 2024?

1.3 Objetivos de la investigación.

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la condición estructural de pavimentos rígidos modificados por trabajos destructivos en obras de mejoramiento de agua potable en el barrio Santa Bárbara - Juliaca 2024.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Evaluar la calidad de la humedad y densidad de los suelos de la subrasante y subbase en los pavimentos rígidos afectados por trabajos destructivos en obras de mejoramiento de agua potable en el barrio Santa Bárbara - Juliaca 2024.
2. Analizar los valores del índice CBR de los suelos en la subrasante y subbase para determinar su capacidad de soporte en los pavimentos rígidos modificados por trabajos destructivos en el barrio Santa Bárbara - Juliaca 2024.
3. Proponer tratamientos adecuados para la recuperación estructural de los pavimentos rígidos modificados por trabajos destructivos en obras de mejoramiento de agua potable en el barrio Santa Bárbara - Juliaca 2024, considerando las condiciones actuales del suelo y del pavimento.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación técnica

El examen es crucial desde una perspectiva técnica, ya que facilita la evaluación de la integridad estructural de pavimentos rígidos afectados por actividades nocivas. Esto facilita la identificación de defectos particulares y sus causas subyacentes, ofreciendo una base científica para la implementación de metodologías de reparación y mantenimiento más efectivas. Además, pretende mejorar las metodologías de evaluación utilizando instrumentos contemporáneos, garantizando que los próximos tratamientos sean técnicamente viables y se ajusten a las normas nacionales e internacionales.

1.4.2 Justificación económica

La disminución de los pavimentos inflexibles como resultado de intervenciones imprevistas es una carga financiera sustancial para los gobiernos municipales. Una evaluación insuficiente eleva los costos de reparación y disminuye la vida útil de la infraestructura. Este estudio permitiría proponer soluciones que minimicen los costos a largo plazo mediante una gestión eficaz de los recursos y una adecuada planificación de las intervenciones, asegurando así una inversión sostenible en infraestructura vial.

1.4.3 Justificación social

El tema analizado afecta directamente la calidad de vida de los residentes de la zona de Santa Bárbara, quienes enfrentan desafíos en accesibilidad y seguridad vial debido a la degradación de los pavimentos. El proyecto tiene como objetivo desarrollar soluciones que mejoren las condiciones del tráfico y mitiguen los peligros relacionados con accidentes, beneficiando así a la comunidad local. De manera similar, mejora la confianza en la gobernanza local al priorizar proyectos que alineen las demandas de la comunidad con el mantenimiento de la infraestructura existente.

1.4.4 Justificación ambiental

Desde el punto de vista ambiental, la demolición de pavimentos rígidos produce basura, polvo y otros materiales que pueden impactar la calidad del aire y el ecosistema urbano. Este estudio nos permitirá sugerir técnicas de intervención menos intrusivas, minimizando así el efecto ambiental de las operaciones. Además, un cuidado adecuado del pavimento puede reducir las emisiones de los vehículos, ya que una infraestructura bien mantenida promueve un flujo de tráfico más eficiente, mejorando así la sostenibilidad ambiental de la región afectada.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 Hipótesis general

La condición estructural de pavimentos rígidos modificados por trabajos destructivos en obras de mejoramiento de agua potable en el barrio Santa Bárbara - Juliaca 2024, estarán en un estado regular de comportamiento.

1.5.2 Hipótesis específicas.

1. El estado calidad de la humedad y densidad de los suelos estructurales de pavimentos rígidos modificados por trabajos destructivos en obras de mejoramiento de agua potable en el barrio Santa Bárbara, disminuyeron e incumplen con las especificaciones mínimas.
2. La resistencia calculada mediante el CBR de los pavimentos rígidos modificados por trabajos destructivos en obras de mejoramiento de agua potable en el barrio Santa Bárbara, estarán por debajo del diseño inicial de las vías.
3. Los tratamientos de los pavimentos rígidos modificados por trabajos destructivos en obras de mejoramiento de agua potable en el barrio Santa Bárbara - Juliaca 2024, serán los adecuados.

1.6 Variables e indicadores

1.6.1 Variable independiente

Trabajos destructivos

1.6.2 Variable dependiente

Condición Estructural de Pavimentos Rígidos

1.7 Conceptualización aplicada de variables

Tabla 1

Conceptualización aplicada de variables

Variable Independiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos De Medición
CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS	Estado físico y capacidad estructural de los pavimentos rígidos modificados debido a trabajos destructivos en obras de agua potable.	Integridad estructural.	Fisuras, deflexiones, hundimientos.	Equipos de evaluación estructural como difractómetros, martillos Schmidt y análisis visual de daños.
Variable Dependiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos De Medición
TRABAJOS DESTRUCTIVOS	Los trabajos destructivos son aquellos procedimientos de intervención en infraestructura que implican la alteración, demolición o remoción de materiales estructurales para la ejecución de nuevas obras o reparaciones.	Daños generados	Grado de afectación estructural	<ul style="list-style-type: none">• Equipos y herramientas de laboratorio• Fichas de control

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Para, Leiva et al., (2019) en su trabajo titulado “Modelo de deformación permanente para la evaluación de la condición del pavimento”, El fenómeno de las deformaciones plásticas en pavimentos flexibles ha sido objeto de investigación desde hace varias décadas. Ya existen modelos que facilitan la predicción de tales colapsos, y es una práctica estándar incorporarlos en el diseño estructural de pavimentos. No obstante, los factores necesarios para la predicción antes mencionada son complejos o difíciles de adquirir en el campo, lo que hace problemático su uso en el proceso de auscultación. La medición de la deflexión es un método de evaluación estructural para pavimentos flexibles que indica la integridad de la estructura del pavimento. Este estudio tiene como objetivo correlacionar los datos de deflexión de la superficie del pavimento con posibles deformaciones plásticas a lo largo del tiempo y utilizar esta relación para evaluar la vida útil residual del pavimento basándose en el surco máximo permitido como criterio. Se utilizaron datos obtenidos de cuatro pistas distintas, evaluadas a escala real por el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica. El modelo sugerido predice con precisión el ahuellamiento futuro utilizando el espesor estructural del pavimento, la

deflexión de la superficie medida con una tensión de 40 kN y la repetición de los ejes pertinentes, lo que da como resultado una alta bondad de ajuste. Al evaluar los niveles de ahuellamiento, se anticipa que las estrategias de mantenimiento y rehabilitación de un sistema de gestión de pavimento se ajustarán e implementarán rápidamente.

Seguidamente, Vera et al., (2020) En este trabajo se investiga “Modelo de evaluación técnica del desempeño del mantenimiento de pavimentos flexibles” Evaluar la efectividad de las estrategias de mantenimiento es esencial en la gestión de pavimentos. Esto lo logran modelos como el HDM-4 a nivel de red. Sin embargo, las calibraciones a nivel de proyecto no están disponibles de forma rutinaria para proporcionar una planificación de mantenimiento precisa. Este trabajo introduce un método alternativo de evaluación técnica de pavimentos, permitiendo la comparación de técnicas de conservación (evaluación ex-ante) y la evaluación de la efectividad de los programas de mantenimiento ya ejecutados (evaluación ex-post) a nivel de proyecto. El modelo evalúa los marcos de pronóstico para las cargas de tráfico, la progresión de la rugosidad a través del IRI y los efectos de las intervenciones de mantenimiento en el IRI. Los modelos se calibraron a nivel de proyecto utilizando datos de 2.000 secciones de 200 metros de longitud de pavimentos asfálticos en toda la red vial de Chile, categorizados por volumen de tráfico, clima, tipo de vehículo y condición de carga. Además, propone una métrica de desempeño unificada que evalúa la efectividad de las técnicas de conservación en comparación con una condición de referencia. El modelo permite medir la eficacia del plan de mantenimiento según el tipo de pavimento y mejora la estrategia de conservación de acuerdo con la historia del pavimento.

2.1.2 Antecedente nacional

Para, Valverde & Enrique, (2021), su investigación titulada “Evaluación del fenómeno de erosión de material granular de pavimentos rígidos estabilizadas con cal,

mediante ensayos de erosión por pulverizado de agua a presión” La presencia de bombeo o erosión en pavimentos rígidos impacta negativamente en su calidad de servicio, debido al agotamiento de material fino en la base granular por la penetración de agua a través de las juntas transversales y longitudinales. Esta investigación busca evaluar los efectos de la adición de cal hidratada al material granular de la cantera Quebrada Honda para reducir la erosión. El manual de carreteras de MTC (2013) especifica que la relación de rodamiento de California (CBR) para una base granular debe estar entre el 80 % y el 100 % de la densidad seca máxima a 0,1 pulgada de penetración, dependiendo del número de ejes equivalentes para los que se construye la carretera. está diseñado; específicamente, las carreteras destinadas a 1.000.000 o menos de ejes equivalentes requieren un CBR mínimo del 80%, mientras que aquellas diseñadas para 1.000.000 o más de ejes equivalentes requieren un CBR mínimo del 100%. Para obtener los datos necesarios y validarlos estadísticamente mediante el software SPSS, se realizaron tres pruebas para cada adición, demostrando que el material natural se ajusta a un diseño de vía para ejes equivalentes menores a 1.000.000. El uso de un 5% de cal produce un material adecuado para el diseño de vías para ejes equivalentes superiores a 1.000.000. Se requirieron pruebas para determinar la dosis adecuada de cal hidratada. Se utilizó CBR para determinar una dosis adecuada, incluyendo 1%, 3%, 5%, 7% y 9% de cal hidratada en relación con el peso del suelo seco bajo evaluación. El uso de cal hidratada como estabilizador para reducir la erosión en las bases granulares de los pavimentos rígidos, debido al agua, provoca el agotamiento del material fino y el posterior agrietamiento de la losa de hormigón. Existe un vínculo entre el valor del índice de rodamiento de California (CBR) y la pérdida de material observada en la prueba de erosión por aspersion de agua a presión. Al 100% de la densidad seca máxima con una penetración de 0,1 pulgada en el material natural, el índice de carga de California (CBR) es del 85%, lo que se correlaciona con una tasa de erosión del 11,4%. La adición de un 5% de cal hidratada da como resultado una mejora del 27,244% en CBR y una disminución del 82,9% en la pérdida de peso por erosión.

Para, Robles & Sánchez, (2015) en su investigación titulada “Evaluación de pavimentos rígidos mediante la determinación de correlaciones entre el módulo de rotura a la flexión y la resistencia a la compresión para el Centro Poblado San Cristóbal de Chupán – Huaraz” en la Av. Salvador Allende – Pucallpa, 2022” La resistencia a la flexión y la resistencia a la compresión son factores esenciales en la construcción eficiente de pavimentos rígidos, ya que evalúan la calidad del hormigón, material primario de los pavimentos rígidos, una vez completados los procesos de fraguado y curado. Nuestro método cuantitativo indica un obstáculo sustancial en la realización de pruebas de resistencia a la flexión en regiones rurales distantes como San Cristóbal de Chupán, ya que estas pruebas solo se pueden realizar en un número limitado de instalaciones en todo el mundo. Se ha establecido un factor de correlación mediante estudios de laboratorio que relacionan la resistencia a la flexión con la resistencia a la compresión. Los hallazgos experimentales indican un factor (k) en la ecuación $M_r = (k) \cdot \sqrt{f'_c}$, que mide la resistencia a la flexión, relevante para proyectos con circunstancias análogas y esencial para el aseguramiento de la calidad en las operaciones de construcción.

2.1.3 Antecedente de ámbito local

Para, Flores Cazorla, (2023), su investigación titulada “Evaluación del comportamiento estructural de pavimentos flexibles según suelo de subrasante, carretera Juliaca - Caracoto, Puno 2021” tiene como objetivo evaluar las variaciones en el comportamiento estructural de pavimentos flexibles afectados por las condiciones del suelo de subrasante a lo largo de la carretera Juliaca – Caracoto. en Puno, 2021. Se utilizó el método científico como enfoque práctico, distinguiéndose por su marco explicativo y diseño experimental. Los resultados alcanzados fueron: El suelo tipo A-2 presentó deflexiones de $0,58 \times 10^{-2}$ mm y $0,54 \times 10^{-2}$ mm, con una deformación máxima de 74×10^{-2} mm y una deflexión crítica de 81×10^{-2} mm. La fatiga se produjo con una tensión vertical de $\sigma_Z = 3,46$ TN/m², lo que corresponde con un aumento en el índice del vehículo de $3,33 \times 10^6$ a

5,03 x 10⁶, mientras que las deflexiones máximas alcanzaron 74 x 10⁻² mm. Por el contrario, el tipo de suelo A-4 presentó una deflexión de 0,81 mm, caracterizado por un radio de curvatura de 129,150. Se realizaron pruebas de suelo para evaluar las deflexiones utilizando la prueba de viga de Benkelman siguiendo procedimientos estándar, arrojando resultados de 38 % deficientes, 16 % regulares y 76 % de rendimiento sobresaliente, lo que indica que el comportamiento de la subrasante está bien gestionado en la mayor parte de la ruta. La investigación indica que las evaluaciones del suelo son esenciales para la construcción de pavimentos, ya sean flexibles o rígidos, para proporcionar datos precisos para el diseño del pavimento de acuerdo con el tráfico vehicular diario. Estos dos criterios son fundamentales ya que sustentan el diseño estructural de un pavimento.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Pavimentos Rígidos

Los pavimentos rígidos son construcciones viales diseñadas para sostener y distribuir eficazmente las cargas del tráfico a través de una losa de hormigón hidráulico, que destaca por su importante rigidez y capacidad para soportar la deformación. Este tipo de pavimento contrasta con los pavimentos flexibles en su comportamiento mecánico, ya que la mayoría de las tensiones las soporta principalmente la losa de hormigón, con menor dependencia de las capas subyacentes (subbase y subrasante). La rigidez del material facilita la distribución de las tensiones producidas en una amplia región, reduciendo así la tensión enviada a las capas subyacentes.(Flores & Romero, 2023)

La característica técnica esencial de los pavimentos rígidos es el uso de hormigón como material estructural principal, que puede complementarse con acero para mejorar su capacidad de absorción de tensiones y mitigar las fracturas causadas por contracciones de temperatura y tensiones dinámicas. El espesor de estas losas suele oscilar entre 15 y 30 cm, dependiendo de las cargas de tráfico previstas y las condiciones del suelo. El diseño estructural de pavimentos rígidos está dictado por conceptos de ingeniería que tienen en

cuenta el módulo de elasticidad del hormigón, el índice de Poisson y las propiedades de la subrasante.(Flores & Romero, 2023)

Una característica importante es su longevidad, ya que estos pavimentos pueden durar más de 20 años con los cuidados adecuados. No obstante, plantean obstáculos en cuanto a los gastos iniciales, lo que requiere recursos de alta calidad, tecnología especializada y trabajadores competentes durante toda la construcción. No obstante, los gastos a largo plazo siguen siendo favorables ya que necesitan menos intervenciones de mantenimiento en comparación con otros tipos de pavimento.(Flores & Romero, 2023)

Los pavimentos rígidos son susceptibles a las condiciones de la subrasante, que sirve como soporte principal para la construcción. Las alteraciones en la estabilidad o resistencia de la subrasante pueden afectar profundamente el desempeño del pavimento, aumentando la probabilidad de fallas como grietas, levantamientos o hundimientos. La evaluación geotécnica de la subrasante y las capas subyacentes es una fase crítica en el diseño y construcción de esta infraestructura.

Los pavimentos rígidos se utilizan mayoritariamente en autopistas con tránsito de vehículos pesados, aeropuertos, puertos y vías urbanas de mucho tránsito debido a su capacidad para soportar enormes pesos y condiciones climáticas adversas. Las intervenciones externas, como excavaciones o modificaciones asociadas con proyectos de infraestructura, como mejoras a los sistemas de agua potable, pueden socavar sustancialmente su integridad estructural, lo que requiere evaluaciones periódicas para garantizar la operación y la seguridad.(Flores & Romero, 2023)

2.2.1.1 Definición de Pavimentos Rígidos

Los pavimentos rígidos son soluciones estructurales diseñadas para la construcción de vías de transporte, definidas principalmente por el uso de una losa de hormigón hidráulico como capa superficial y soporte estructural. Este tipo de pavimento distribuye igualmente las cargas aplicadas sobre la subrasante y los niveles inferiores debido a la alta rigidez del hormigón. A diferencia de los pavimentos flexibles, los

pavimentos rígidos dependen menos de las propiedades de las capas subyacentes, ya que la mayor parte de la carga la soporta la losa superior.(Valverde, 2021)

El hormigón de cemento Portland proporciona una resistencia significativa a la deformación permanente y la abrasión. Esta resiliencia mecánica conduce a una mayor durabilidad y un rendimiento superior bajo cargas significativas y condiciones climáticas adversas. Las losas de concreto a menudo se diseñan con juntas para acomodar la expansión térmica y minimizar la formación de fracturas, asegurando así su resistencia a largo plazo.

Los pavimentos rígidos son ideales para carreteras de alto tráfico, aeropuertos, puertos y calles urbanas muy concurridas, donde se requiere un soporte estructural significativo. Su diseño y desempeño están profundamente influenciados por la calidad de la subrasante y las técnicas de construcción utilizadas, lo que los hace dependientes de evaluaciones geotécnicas previas y una estricta supervisión durante todo el proceso de construcción.(Valverde, 2021)

Este tipo de pavimento exhibe durabilidad y ofrece beneficios como menores gastos de mantenimiento a largo plazo y mayor resiliencia a cargas estáticas y dinámicas. Sin embargo, sus costos iniciales a menudo exceden los de otros sistemas, lo que puede influir en su selección dependiendo del contexto del proyecto y las condiciones económicas del área.

2.2.1.2 Características Técnicas y Mecánicas

Los pavimentos rígidos son una opción estructural duradera y resistente que se utiliza a menudo en carreteras expuestas a mucho tráfico y condiciones adversas. Las cualidades técnicas y mecánicas provienen del uso de hormigón hidráulico como material principal y de un diseño estructural enfocado a una efectiva distribución de cargas. La siguiente descripción describe detalladamente sus características esenciales:(Valverde, 2021)

Mayor rigidez estructural

La rigidez de los pavimentos rígidos es una característica esencial derivada de la composición del hormigón hidráulico. Este material tiene un alto módulo de elasticidad, a menudo entre 20.000 y 40.000 MPa, dependiendo de la calidad del hormigón y de las partículas utilizadas. Esta rigidez permite que el pavimento distribuya las cargas aplicadas en un área amplia, reduciendo así las tensiones transmitidas a las capas subyacentes, incluidas la subbase y la subrasante. Este atributo mejora la integridad estructural de los pavimentos rígidos al reducir su susceptibilidad a las deformaciones de la subrasante. (Valverde, 2021)

Capacidad de carga estructural

Los pavimentos rígidos están diseñados para soportar cargas importantes y repetidas, incluidas las generadas por grandes automóviles, maquinaria industrial y aviones. Su resistencia a la compresión, que normalmente oscila entre 35 y 50 MPa, le permite soportar una presión significativa sin experimentar deformación permanente. Además, su capacidad de carga depende no sólo de la resistencia del hormigón sino también de su espesor, que varía según la intensidad del tráfico y las condiciones de carga específicas del proyecto. Esta característica los hace apropiados para su implementación en aeropuertos, áreas portuarias, carreteras congestionadas y corredores metropolitanos importantes. (Valverde, 2021)

Resiliencia

La longevidad de los pavimentos rígidos puede superar los 20 años si se siguen criterios técnicos en su diseño y construcción, junto con prácticas de mantenimiento adecuadas. Esta durabilidad surge de la resistencia inherente del concreto hidráulico al desgaste mecánico, la abrasión y las variaciones climáticas extremas, incluidos los ciclos de congelación y descongelación. Aunque los costos iniciales de construcción son

elevados, su mantenimiento reducido a largo plazo requiere costos de ciclo de vida significativamente más bajos.(Valverde, 2021)

Durabilidad y resistencia a la abrasión

La superficie de concreto hidráulico demuestra una notable resistencia al desgaste por el uso constante de vehículos, especialmente en condiciones de alta fricción, como zonas de frenado o giros cerrados. La resistencia se evalúa mediante ensayos de abrasión, como el ensayo de Los Ángeles, y está fuertemente asociada a la calidad de los áridos y de la mezcla de hormigón utilizada. Esta característica asegura que el pavimento mantenga su funcionalidad y seguridad durante toda su vida operativa.(Valverde, 2021)

Administración de crack

Una característica importante de los pavimentos rígidos es su capacidad para gestionar cargas internas mediante juntas de contracción y expansión. Estas conexiones permiten que la losa de hormigón se expanda y contraiga con las variaciones de temperatura, evitando así la aparición de grietas incontroladas. Además, varios diseños incluyen acero de refuerzo para controlar la propagación de fracturas y mejorar la distribución de tensiones. El uso adecuado de juntas y refuerzos asegura la integridad estructural del pavimento en diversas condiciones.

Propiedades térmicas

El hormigón hidráulico es un material que responde a las variaciones de temperatura mediante expansión y contracción térmica. Estas disparidades pueden generar importantes presiones internas si no se abordan bien. El diseño de pavimento rígido debe tener juntas estratégicamente ubicadas para facilitar la expansión y contracción térmica. Además, el coeficiente de expansión térmica del hormigón, a menudo de alrededor de 10×10^{-6} por °C, debe incluirse en el diseño para evitar elevaciones o distorsiones.(Valverde, 2021)

Resiliencia al impacto y la fatiga

Los pavimentos rígidos están diseñados para soportar cargas estáticas, impactos dinámicos y cargas cíclicas repetitivas que causan fatiga. Esta tendencia es especialmente relevante en vías marcadas por un tráfico intenso y continuo, como autopistas y terminales portuarias. (Zapana Bustincio, 2022)

Dependencia mínima de capas subordinadas

Esto se debe a que la mayoría de las cargas aplicadas son rápidamente soportadas por la losa de concreto. La estabilidad de estas capas es esencial para evitar asentamientos diferenciales, que podrían afectar el desempeño del pavimento a largo plazo.

Flexibilidad de diseño

Los pavimentos rígidos proporcionan flexibilidad de diseño, permitiendo la construcción como pavimentos reforzados o no reforzados, incluido el acero. Los pavimentos estándar son más económicos y adecuados para condiciones de tráfico moderado, pero los pavimentos reforzados proporcionan un rendimiento mejorado bajo cargas sustanciales y situaciones de tráfico intenso. (Zapana Bustincio, 2022)

Reconocimiento de prácticas laborales adversas

Una característica técnica importante de los pavimentos rígidos es su vulnerabilidad a actividades nocivas, como excavaciones o perforaciones para la instalación de equipos subterráneos. Estos actos pueden comprometer su integridad estructural, provocando fracturas, desprendimientos y deterioro acelerado en las zonas afectadas. Por lo tanto, las reparaciones deben realizarse minuciosamente siguiendo protocolos particulares para preservar la funcionalidad del pavimento.

En resumen, las características técnicas y mecánicas de los pavimentos rígidos les brindan una opción robusta y eficiente para la infraestructura vial, especialmente en

escenarios donde las cargas significativas y la durabilidad son primordiales. Su eficiencia, sin embargo, depende de un diseño adecuado, la calidad de los materiales y una ejecución cuidadosa durante toda la construcción.(Zapana Bustincio, 2022)

2.2.1.3 Vida útil y factores de deterioro en pavimentos rígidos

La vida útil de los pavimentos rígidos es el tiempo en el que soportan suficientemente las cargas de los vehículos y las condiciones ambientales sin necesidad de reparaciones sustanciales. La vida útil prevista de este tipo de pavimento oscila entre 20 y 30 años, dependiendo de variables como la calidad del material, el diseño estructural, el volumen de tráfico, las condiciones climáticas y las prácticas de mantenimiento utilizadas. A pesar de la resistencia de los pavimentos rígidos, varias variables pueden socavar su desempeño estructural y funcional con el tiempo.(Zapana Bustincio, 2022)

Entre los problemas relacionados con el tráfico, son importantes las cargas y sobrecargas recurrentes, que inducen tensiones cíclicas en las losas de hormigón. Este proceso puede provocar fracturas por fatiga, particularmente en carreteras muy transitadas, incluidas vías primarias y zonas industriales. Además, los automóviles con neumáticos desiguales o suspensiones deterioradas pueden provocar microfisuras en la superficie del pavimento, que se agravan con el tiempo, comprometiendo su integridad estructural.

Las condiciones climáticas y ambientales inciden significativamente en la degradación de los pavimentos rígidos. En áreas que experimentan ciclos de hielo y deshielo, el agua que penetra el hormigón puede congelarse y expandirse, provocando fisuras superficiales y desconchados. Por el contrario, una exposición prolongada a la radiación solar y fluctuaciones significativas de temperatura pueden provocar que las losas se contraigan y expandan, aumentando así el peligro de agrietamiento y levantamiento. Las agresiones químicas, como las sales descongelantes o el agua con niveles elevados de sulfato, pueden provocar reacciones químicas perjudiciales que comprometen la matriz del hormigón y disminuyen su resistencia.(Zapana Bustincio, 2022)

El diseño y la construcción inadecuados afectan significativamente la longevidad de los pavimentos inflexibles. Una evaluación inadecuada de las condiciones del tráfico, la capacidad de carga y los elementos climáticos locales en el diseño estructural puede provocar un deterioro temprano del pavimento. Un espesor insuficiente de la losa, un diseño inadecuado de las juntas o un refuerzo inadecuado en regiones esenciales pueden acelerar la degradación del pavimento. Además, durante la construcción, el uso de materiales inferiores, una compactación inadecuada de la subrasante o una colocación incorrecta de las juntas pueden socavar la integridad estructural del pavimento desde las primeras fases de servicio.

Las actividades humanas, especialmente las asociadas con la instalación o el mantenimiento de servicios subterráneos, exacerbando considerablemente la degradación de los pavimentos inflexibles. Las excavaciones deficientes o las reparaciones insuficientes pueden comprometer la estructura y provocar grietas, sumideros o separaciones en las regiones impactadas. Este deterioro disminuye la vida útil del pavimento y aumenta los gastos de mantenimiento y reparación. (Zapana Bustincio, 2022)

En conclusión, aunque los pavimentos rígidos pueden proporcionar un desempeño efectivo y duradero, su longevidad depende de varios elementos como el diseño, la construcción, el tráfico, las condiciones ambientales y las actividades humanas. La identificación oportuna de los motivos de la degradación y el uso de estrategias de mantenimiento adecuadas son cruciales para prolongar la vida útil y mantener el rendimiento en el tiempo.

2.2.2 Condición estructural de pavimentos rígidos

El estado estructural de los pavimentos rígidos se relaciona con su integridad física y funcional en términos de su capacidad para soportar cargas de tránsito y reducir los efectos de las condiciones ambientales durante su vida útil. Este concepto abarca la integridad de la losa de concreto y la funcionalidad de las capas subyacentes, que en conjunto proporcionan la estabilidad y durabilidad del pavimento. La evaluación de la

integridad estructural es esencial para diagnosticar problemas, diseñar estrategias para acciones de mantenimiento y extender la durabilidad del pavimento, especialmente en caminos muy transitados y de uso frecuente.(Zapana Bustincio, 2022)

Un pavimento rígido en condiciones estructurales ideales debe distribuir uniformemente las cargas de los vehículos sobre la subrasante, minimizando las deformaciones y evitando el desarrollo de fracturas críticas o asentamientos diferenciales. Esta condición se define principalmente por la resistencia a la compresión del concreto, el estado de las juntas de expansión y contracción y la interacción entre las losas de concreto y la subbase. El deterioro de cualquiera de estos componentes puede comprometer la capacidad del pavimento para cumplir sus funciones, afectando así a la seguridad y comodidad del usuario.

La evaluación de la integridad estructural emplea varios métodos, incluido el examen visual, pruebas no destructivas y análisis de laboratorio. Las inspecciones visuales facilitan la detección de signos externos de deterioro, como fisuras, depresiones, separaciones o levantamientos. Estas mediciones se complementan con métodos no destructivos, como el radar de penetración en el suelo (GPR) y los deflectómetros de impacto (FWD), que evalúan las propiedades mecánicas del pavimento sin causar daños. Por el contrario, los análisis de laboratorio proporcionan amplia información sobre la robustez y la longevidad de los componentes utilizados.(Zapana Bustincio, 2022)

El PCI evalúa la calidad del pavimento en una escala de 0 a 100, según el tipo, cantidad y gravedad de los defectos detectados. Esta puntuación es especialmente ventajosa para la selección de inversiones en una extensa red de carreteras. El IRI evalúa la suavidad de la superficie del pavimento, que se correlaciona con la comodidad del usuario y la eficiencia del tráfico.

Factores como las cargas vehiculares, las condiciones climáticas y las actividades adversas asociadas con la construcción o el mantenimiento de servicios públicos subterráneos pueden afectar significativamente la integridad estructural de los pavimentos rígidos. Las excavaciones para infraestructura de agua potable pueden poner en peligro la

estabilidad de la subrasante o dañar las losas, lo que provocará fallas estructurales si no se realizan las reparaciones adecuadas. Asimismo, las variaciones de temperatura y los ciclos de hielo-deshielo pueden generar tensiones térmicas que resulten en fracturas y separaciones.(Zapana Bustincio, 2022)

La integridad estructural de los pavimentos rígidos, optimizando así los recursos de mantenimiento y garantizando la seguridad y comodidad del usuario. La incorporación de técnicas de evaluación modernas con estrategias preventivas es crucial para preservar la integridad de estos activos clave.

2.2.3 Concepto de Condición Estructural

El término condición estructural denota el estado físico, funcional y mecánico de una estructura en relación con su capacidad para cumplir las funciones previstas. En el campo de los pavimentos rígidos, la condición estructural incluye factores como la resistencia del concreto, la estabilidad de la subrasante, la integridad de las juntas y la capacidad del pavimento para soportar cargas de vehículos sin deformación significativa o falla evidente.(Carrasco Lozano, 2022)

La integridad estructural del pavimento rígido es un determinante vital de su desempeño y longevidad. La integridad estructural óptima indica que el pavimento puede soportar cargas de tráfico repetidas y mitigar los impactos de elementos externos, como las condiciones climáticas y la degradación natural, sin afectar su utilidad o seguridad. Por el contrario, cuando la integridad estructural se ve comprometida, el pavimento presenta síntomas de degradación, incluyendo grietas, asentamientos, desprendimientos o fallas estructurales, que impactan negativamente su desempeño y disminuyen su capacidad de servicio.(Carrasco Lozano, 2022)

Este término abarca el estado de la capa superficial del hormigón y su interacción con las capas subyacentes, incluidas la subbase y la subrasante. Estas capas son esenciales para la transmisión y disipación de las tensiones aplicadas, y cualquier inestabilidad o deficiencia en la resistencia puede comprometer la integridad estructural

general del pavimento. Una subrasante insuficientemente compactada puede provocar asentamientos diferenciales, provocando la rotura prematura de la losa de hormigón.

La evaluación de la integridad estructural nos permite determinar si un pavimento requiere reparación, restauración o reconstrucción. Se utiliza una variedad de métodos e instrumentos, incluidas inspecciones visuales, técnicas de prueba no destructivas (como difractómetros de impacto o radares de penetración terrestre) y análisis de laboratorio. Los índices estandarizados, como cuantitativa de la calidad del pavimento y permiten priorizar las reparaciones.(Carrasco Lozano, 2022)

La noción de condición estructural. Este concepto abarca diseño, construcción, mantenimiento y monitoreo, facilitando la evaluación del desempeño del pavimento en relación con las demandas del tráfico y las influencias ambientales. Un método competente para mantener la integridad estructural garantiza la longevidad de la infraestructura y la seguridad y comodidad de sus ocupantes.

2.2.4 Parámetros de evaluación estructural

Los parámetros de evaluación estructural son criterios técnicos y científicos utilizados para evaluar el estado físico y funcional de una estructura, con el objetivo de determinar su capacidad para soportar las cargas y esfuerzos ejercidos sobre ella a lo largo de su vida. Estas métricas proporcionan datos esenciales para evaluar la gravedad del daño, identificar causas probables de degradación y sugerir medidas correctivas o preventivas para garantizar el mejor desempeño de la estructura. Los criterios de evaluación estructural de pavimentos rígidos priorizan la resistencia mecánica, la estabilidad dimensional y la integridad superficial para el tránsito vehicular y las condiciones ambientales.(Carrasco Lozano, 2022)

En el ámbito de los pavimentos, estos atributos facilitan la evaluación de la reacción de la estructura ante cargas ejercidas por el tráfico y fuerzas externas que pueden provocar fracturas, deformaciones o disminuciones en la capacidad estructural. Las métricas esenciales incluyen la resistencia del material, la profundidad y extensión de las grietas y

el (PCI). Estos indicadores evalúan el grado de daño, clasificándolo en funcional o estructural según su impacto en la seguridad y comodidad del usuario.

Además, los parámetros de evaluación estructural incluyen métricas relacionadas con la deflexión y deformación de la estructura, que indican directamente la capacidad portante del pavimento. Los métodos no destructivos, como las pruebas de deflectometría, combinados con procesos destructivos como el análisis de núcleos, pueden identificar áreas estructurales críticas que requieren reparación inmediata o mantenimiento preventivo. Estos criterios son esenciales para formular soluciones eficientes que optimicen el uso de recursos y extiendan la durabilidad del pavimento.(Carrasco Lozano, 2022)

Las características de la evaluación estructural proporcionan la base para desarrollar modelos predictivos que pronostican el deterioro futuro de la estructura bajo ciertas condiciones de uso y exposición. Esto garantiza una evaluación precisa de la condición actual y ayuda en la toma de decisiones para mantener la sostenibilidad y el rendimiento del pavimento a largo plazo.

Resistencia: La resistencia es una propiedad fundamental de los materiales que dicta su capacidad para soportar cargas o presiones sin experimentar fallas, deformaciones permanentes o fracturas. En lenguaje estructural, la resistencia se refiere a la reacción de un elemento o sistema cuando se somete a fuerzas externas como tensión, compresión, flexión, corte o torsión. Esta característica es crucial para garantizar la seguridad, estabilidad y funcionalidad de cualquier estructura, ya que determina su capacidad para soportar las condiciones de carga esperadas a lo largo de su vida útil.

Como el hormigón, a menudo se evalúa mediante pruebas estandarizadas que miden la resistencia del material a ciertas fuerzas, son cruciales para evaluar el rendimiento bajo tensión causada por el tráfico intenso y las variaciones de temperatura.(Carrasco Lozano, 2022)

Además, la resistencia se ve afectada no sólo por las características intrínsecas del material sino también por factores extrínsecos, como las condiciones ambientales, el

diseño estructural y los métodos de construcción. En pavimentos rígidos, la resistencia está determinada por la calidad del hormigón, el grado de compactación, la presencia de refuerzo y las características de la carga aplicada (estática o dinámica). Esto significa que la resistencia no es un atributo fijo, sino que puede variar según las condiciones a las que se somete el material a lo largo de su existencia.

En definitiva, la resistencia es un factor esencial en la construcción y mantenimiento de estructuras, ya que evalúa directamente la seguridad estructural. Un diseño adecuado debe garantizar que las tensiones causadas por las cargas operativas se mantengan dentro de la resistencia del material, permitiendo un amortiguador de seguridad contra factores desconocidos. La evaluación periódica de la resistencia identifica el deterioro que puede comprometer la integridad estructural y ayuda a realizar mejoras oportunas para prolongar su uso.(Carrasco Lozano, 2022)

Deformación: La deformación denota la modificación en la forma, tamaño o dimensiones de un material o estructura cuando se somete a una fuerza o tensión externa. Este fenómeno resulta de la interacción entre las propiedades mecánicas del material y el nivel. La deformación es un elemento vital en la evaluación estructural, ya que influye directamente en la eficacia y durabilidad de las estructuras sometidas a esfuerzos dinámicos o estáticos.

La deformación a menudo se expresa como una fracción o porcentaje que denota el cambio de longitud, área o volumen en relación con las dimensiones iniciales del material. En los pavimentos rígidos, la deformación puede manifestarse como grietas visibles, ondulaciones o deflexiones en la superficie, indicando un deterioro en su capacidad portante o funcional. Este comportamiento puede estar asociado con factores estresantes mecánicos, como el tráfico de vehículos, y factores ambientales, como variaciones de temperatura o humedad.(Carrasco Lozano, 2022)

La deformación se clasifica en dos categorías principales:

Esta deformación es característica de materiales que muestran un comportamiento elástico lineal, como el acero o el hormigón en las primeras etapas de carga.(Carrasco Lozano, 2022)

La deformación plástica se produce cuando un material no vuelve a su forma original al descargarlo, lo que provoca una distorsión duradera. Esto puede significar fatiga o estrés prolongado en pavimentos rígidos.

En pavimentos rígidos, la deformación está ligada al comportamiento de las juntas y al soporte proporcionado por las capas subyacentes. Deformaciones excesivas pueden comprometer la funcionalidad y seguridad del pavimento, provocando una reducción del confort del usuario y un mayor riesgo de fallos estructurales.(Carrasco Lozano, 2022)

El análisis de deformaciones es esencial para el diseño y mantenimiento de estructuras, ya que permite predecir su comportamiento bajo cargas reales y evaluar su capacidad de servicio. Evaluaciones particulares, como las mediciones de deflexión utilizando un difractómetro de impacto, proporcionan la cuantificación de las deformaciones y la evaluación de las acciones correctivas necesarias para mantener la estructura en condiciones óptimas.

2.2.5 Subrasante en pavimentos rígidos

Sirve como base que soporta y distribuye las cargas desde los niveles superiores, incluida la losa de concreto en pavimentos rígidos. Esta capa es crucial para preservar la estabilidad y el funcionamiento del pavimento, ya que cualquier insuficiencia en su resistencia o uniformidad puede afectar negativamente la integridad estructural y la longevidad del pavimento.(Carrasco Lozano, 2022)

En pavimentos rígidos, la subrasante es fundamental, ya que las losas de hormigón, a pesar de sus excelentes propiedades de distribución de cargas, necesitan suficiente soporte para reducir la probabilidad de deformaciones sustanciales o asentamientos diferenciales. La condición de la subrasante, evaluada mediante criterios

como la capacidad de carga (a menudo evaluada utilizando el California Bearing Ratio - CBR) y la resistencia al corte, influye significativamente en el diseño del espesor de la losa y los estándares de pretratamiento. al inicio de la construcción.(Carrasco Lozano, 2022)

La preparación de la subrasante incluye procesos como compactación, estabilización y, cuando sea necesario, sustitución de materiales inadecuados para proporcionar suficiente soporte. La calidad puede variar según el tipo de suelo, la accesibilidad al agua subterránea y las circunstancias climáticas. Los suelos cohesivos que exhiben una plasticidad significativa pueden necesitar tratamientos específicos para evitar la expansión o contracción que podría provocar grietas o irregularidades en el pavimento.

Además, la subrasante debe tener suficiente capacidad de carga y drenaje eficaz para evitar problemas relacionados con el agua, incluida la saturación, la erosión o la pérdida de soporte. Para lograr esto, a menudo se utilizan sistemas de drenaje auxiliares o capas estabilizadoras, como subbases granulares o bases tratadas con cemento, para salvaguardar la subrasante y mejorar su durabilidad.(Carrasco Lozano, 2022)

En resumen, la subrasante es un elemento esencial en el diseño y funcionalidad de pavimentos rígidos. Una subrasante detallada y meticulosamente construida ofrece un soporte robusto y homogéneo, reduce el riesgo de un colapso temprano y mejora la inversión en el pavimento al extender su longevidad. En consecuencia, su evaluación y preparación son fases críticas en todo proyecto de pavimentación.

2.2.5.1 Definición y función de la subrasante

La subrasante es la capa de suelo natural o modificado que soporta la construcción del pavimento. Esta capa sirve como base principal del sistema de soporte del pavimento, ya que transmite las cargas desde las capas superiores al subsuelo. La calidad y las propiedades mecánicas son cruciales para preservar la integridad estructural y la longevidad de los pavimentos rígidos y flexibles. En los pavimentos rígidos, la subrasante soporta las cargas transmitidas por la losa de hormigón, que luego las redistribuye uniformemente debido a su considerable rigidez.(Carrasco Lozano, 2022)

La función principal de la subrasante es proporcionar una superficie de apoyo consistente y estable para las capas de pavimento anteriores. Esto implica acomodar cargas tanto dinámicas como estáticas del tráfico de automóviles, reducir los asentamientos diferenciales y prevenir deformaciones que puedan poner en peligro el desempeño del pavimento. Además, la subrasante es crucial para transferir tensiones al suelo subyacente, mitigando los efectos de cargas elevadas concentradas.

La subrasante es crucial para facilitar el drenaje adecuado del sistema de pavimento. El drenaje eficaz alivia los problemas asociados con la acumulación de agua, incluida la saturación del suelo, la erosión y la reducción de la capacidad de carga. Cuando la subrasante está formada por suelos inferiores, como arcillas expansivas o con elevada concentración de materia orgánica, es posible que se requieran tratamientos de estabilización o reemplazo parcial de material para mejorar su desempeño.(Carrasco Lozano, 2022)

La subrasante sirve como base estructural del pavimento, afectando su capacidad de carga, durabilidad y gastos de mantenimiento. En consecuencia, la caracterización, el diseño y la preparación precisos de esta capa son vitales para garantizar el funcionamiento y la longevidad de la infraestructura viaria.

2.2.5.2 Propiedades Geotécnicas de la Subrasante

Las propiedades geotécnicas de la subrasante son atributos intrínsecos del suelo que determinan su eficacia como capa de soporte en una estructura de pavimento. Estas propiedades son esenciales para evaluar la capacidad del suelo para soportar cargas, mitigar deformaciones excesivas y asegurar la estabilidad a largo plazo del pavimento rígido. El estudio es esencial para evaluar con precisión el espesor de las losas, diseñar estrategias para tratamientos de mejora y evitar fallas prematuras.(Labajos & Núñez, 2020)

1. Capacidad de carga estructural

La capacidad portante es una característica esencial y el módulo de resiliencia se utilizan a menudo para evaluar el comportamiento del suelo bajo cargas cíclicas. Una capacidad de carga insuficiente de la subrasante puede resultar en asentamiento diferencial o falla estructural, requiriendo estabilización o reemplazo.(Labajos & Núñez, 2020)

2. Compactación

La compactación es una propiedad que influye en la densidad del suelo al reducir los huecos entre sus partículas. Una subrasante bien compactada garantiza una base uniforme, minimiza la deformabilidad y mejora la capacidad de carga. Se mide por óptimo, determinado mediante la prueba Proctor. El nivel de compactación necesario depende de las características del suelo y de los parámetros del pavimento.(Labajos & Núñez, 2020)

3. Plasticidad

Los suelos con un alto índice de plasticidad, como las arcillas expansivas, pueden inducir problemas de contracción y expansión debido a las fluctuaciones de humedad, afectando así la estabilidad del pavimento. En tales casos, puede ser necesario estabilizar el suelo utilizando aditivos como cal o cemento.(Labajos & Núñez, 2020)

4. Permeabilidad

Una subrasante de mayor permeabilidad mejora el drenaje, pero una permeabilidad inadecuada puede provocar retención de agua y un soporte reducido. La regulación del agua en la subrasante es crucial, ya que el exceso de humedad reduce significativamente la capacidad de carga y puede provocar deformaciones.

5. expansividad

La expansividad se refiere a la tendencia de algunos suelos, como los arcillosos, a aumentar de volumen mientras están hidratados y a disminuir de volumen cuando se secan. Este comportamiento puede provocar movimientos variables que afectan directamente a la losa de hormigón del pavimento rígido. Identificar suelos expansivos y aplicar tratamientos adecuados es crucial para garantizar la estabilidad del sistema.

6. Resistencia al corte

Los requisitos definitorios incluyen la cohesividad y el ángulo de fricción interna, que se obtienen mediante ensayos como triaxial o de corte directo. Este aspecto es esencial para evaluar la estabilidad de la subrasante bajo cargas de tráfico y condiciones de saturación.

7. Respuesta elástica y deformación residual

El módulo resiliente evalúa las características elásticas de la subrasante, midiendo su capacidad de recuperación después de la aplicación de tensiones cíclicas. Por el contrario, la deformación prolongada indica daño acumulado a la subrasante a lo largo de varios ciclos de carga, lo que posiblemente afecta la durabilidad del pavimento rígido.

8. Importancia de las propiedades geotécnicas

La evaluación de las propiedades geotécnicas de la subrasante es esencial para el diseño eficiente de pavimentos rígidos. Estas características facilitan la detección de posibles problemas, la formulación de soluciones necesarias y la mejora de la estructura para soportar las tensiones esperadas durante su vida útil. Una subrasante bien evaluada y preparada mejora significativamente la eficiencia, la seguridad y la rentabilidad del sistema de carreteras.

2.2.5.3 Métodos de Evaluación de Subrasante

La evaluación de la subrasante es esencial para verificar que esta capa de pavimento satisface los criterios requeridos de resistencia, estabilidad y homogeneidad. Esta metodología incorpora investigaciones tanto in situ como de laboratorio, permitiendo una evaluación precisa de las características geotécnicas del suelo. Cada método emplea una técnica única para evaluar características como la capacidad de carga, la compactación, la densidad y el comportamiento mecánico del suelo en diversas situaciones. (Labajos & Núñez, 2020)

1. Evaluaciones in situ

Las pruebas in situ son cruciales para evaluar las características de la subrasante en su estado natural, incluidos aspectos como la compactación, el contenido de humedad y la resistencia. Los enfoques utilizados con frecuencia incluyen:

La prueba de densidad in situ (método del cono de arena) evalúa la densidad seca y el nivel de compactación del suelo en el lugar. Se utiliza para determinar si la compactación de la subrasante cumple con los criterios de diseño. Una subrasante adecuadamente compactada proporciona un soporte consistente y minimiza la probabilidad de asentamiento diferencial.

La Prueba de Penetración Estándar (SPT) evalúa la resistencia del suelo a la penetración mediante impactos controlados en un pozo estandarizado. Es especialmente útil para evaluar la uniformidad del suelo en profundidad y su capacidad de carga en muchas capas.

La deflectometría de impacto (FWD) implica medir las deflexiones del suelo causadas por una carga dinámica que simula el peso de un vehículo. Este enfoque proporciona información sobre la rigidez y las capacidades estructurales de la subrasante.

2. Evaluaciones diagnósticas

Los análisis de laboratorio proporcionan evaluaciones precisas de la subrasante. Las metodologías clave abarcan:

La Prueba Proctor evalúa la correlación entre la densidad seca y el contenido de humedad en el suelo, determinando el nivel de humedad ideal y la densidad máxima alcanzable mediante compactación. Estos datos son cruciales para determinar los ajustes de compactación en el sitio. (Kari & Olortegui, 2019)

Se utiliza ampliamente para la clasificación de suelos y la evaluación del espesor del pavimento.

Ensayo Triaxial: Evalúa la resistencia al corte del suelo bajo condiciones de tensión de confinamiento reguladas. Es fundamental evaluar la respuesta del suelo a cargas repetidas.

3. Técnicas geofísicas

Las técnicas geofísicas, como el radar de penetración terrestre (GPR), proporcionan información rápida y no invasiva sobre las condiciones del subsuelo. Estas tecnologías permiten identificar regiones con capacidad de carga limitada, zonas saturadas o anomalías de compactación.

4. Importancia de las técnicas de evaluación

Una evaluación precisa de la subrasante es crucial para la construcción de pavimentos rígidos duraderos y eficientes. Los datos adquiridos a través de estos procedimientos permiten la identificación de defectos del suelo, la formulación de acciones correctivas y la mejora del diseño estructural del pavimento. Una subrasante adecuadamente evaluada reduce la probabilidad de fallas tempranas, garantiza la estabilidad de las capas superiores y extiende la vida útil del pavimento. (Kari & Olortegui, 2019)

2.2.5.4 Influencia de la subrasante en el desempeño estructural de pavimentos

La subrasante es crucial para la integridad estructural de los pavimentos, ya que funciona como la base que sostiene y distribuye las cargas del tráfico a las capas de suelo subyacentes. La calidad y propiedades mecánicas de esta capa afectan significativamente la estabilidad, durabilidad y desempeño general de la estructura del pavimento, especialmente en pavimentos rígidos donde la losa de concreto depende de un soporte uniforme para evitar grietas y deformaciones no deseadas. (Kari & Olortegui, 2019)

Una capacidad portante insuficiente de la subrasante puede provocar asentamientos diferenciales que afecten la uniformidad de la losa de hormigón. Estas irregularidades reducen tanto la comodidad como la seguridad de la conducción al tiempo que aceleran el deterioro del pavimento, resultando en la formación de grietas, fracturas y otro tipo de fallas estructurales. Una subrasante bien construida, caracterizada por una suficiente compactación y capacidad de carga, proporciona una base fuerte que distribuye

uniformemente las cargas, reduciendo así la tensión sobre la losa y extendiendo la durabilidad del pavimento.(Kari & Olortegui, 2019)

Además de su capacidad de carga, la subrasante influye en el rendimiento estructural al reaccionar a las variaciones de temperatura y humedad. Los suelos expansivos, como los arcillosos, pueden experimentar cambios de volumen significativos debido a fluctuaciones en la humedad, lo que resulta en movimientos diferenciales que pueden comprometer la estabilidad de la losa de concreto. La acumulación de agua en una subrasante con permeabilidad restringida puede debilitar su resistencia y provocar problemas de erosión o saturación, aumentando así el riesgo de falla prematura del pavimento.

La uniformidad de la subrasante es un factor crítico en el desempeño estructural. Las inconsistencias en la compactación o las propiedades del suelo debajo del pavimento pueden provocar variaciones en la distribución de la carga, lo que resulta en un deterioro desigual. Esto puede provocar problemas como asentamientos localizados, grietas por flexión y fatiga de la losa de hormigón. Una evaluación geotécnica exhaustiva y un tratamiento adecuado de la subrasante son esenciales para garantizar su estabilidad y capacidad portante.(Kari & Olortegui, 2019)

En conclusión, la subrasante es un componente crucial de los pavimentos rígidos y su influencia en el desempeño estructural es inequívoca. Una subrasante meticulosamente diseñada y construida mejora la distribución de la carga, reduce la probabilidad de fallas y optimiza los costos de mantenimiento y rehabilitación. Por lo tanto, los esfuerzos para delinear, estabilizar y proteger la subrasante son inversiones esenciales.

2.2.6 Impacto de trabajos destructivos en pavimentos rígidos

Las acciones destructivas sobre pavimentos rígidos, como la instalación de servicios subterráneos, reparaciones de infraestructura o mejoras urbanas, pueden comprometer significativamente su integridad estructural y funcional. Estas operaciones

incluyen corte, excavación, perforación u otras alteraciones que comprometan la integridad de la losa de concreto y sus subcapas, poniendo en peligro la estabilidad, resistencia y durabilidad del pavimento.(Kari & Olortegui, 2019)

1. Alteración de la Continuidad Estructural

Cortar una losa de pavimento dura interrumpe su integridad estructural, reduciendo su capacidad para distribuir uniformemente las presiones. Esto intensifica los esfuerzos concentrados en las zonas próximas al corte, aumentando el riesgo de fisuras, fracturas y fallos por flexión o fatiga. Técnicas de reparación inadecuadas, como juntas o refuerzos, pueden provocar un deterioro acelerado del pavimento.

2. Reducción de la capacidad de carga

Las excavaciones en pavimentos rígidos afectan directamente la capacidad portante de la subrasante y de las capas base o subbase. Las operaciones destructivas a menudo resultan en la descompactación del suelo subsuperficial o alteraciones en su contenido de humedad, reduciendo así su resistencia al corte y estabilidad. Esto puede causar asentamientos desiguales en las áreas impactadas, resultando en irregularidades superficiales en el pavimento y reduciendo su eficacia.(Kari & Olortegui, 2019)

3. Generación de anomalías y complicaciones operativas.

Las acciones destructivas pueden provocar anomalías en el pavimento, poniendo en peligro la comodidad y seguridad de la operación del vehículo. Las disparidades menores de altura entre las losas reparadas y originales pueden resultar en impactos perjudiciales, como un aumento de las vibraciones del vehículo y una degeneración acelerada de las juntas. Las anomalías exacerban aún más las tensiones dinámicas en las zonas afectadas, acelerando el proceso de deterioro.

4. Aumento del riesgo de fugas

Las áreas impactadas por operaciones destructivas son especialmente vulnerables a la infiltración de agua, ya que las reparaciones insuficientemente selladas o las juntas mal diseñadas permiten que el agua penetre en los cimientos y la subrasante. Esto puede

resultar en saturación, erosión del suelo y pérdida de integridad estructural, aumentando así la probabilidad de fracturas y fallas del pavimento.(Kari & Olortegui, 2019)

5. Reducción de la longevidad funcional

El impacto acumulativo de actividades nocivas puede reducir significativamente la vida útil del pavimento rígido. Cada actividad genera vulnerabilidades que podrían funcionar como catalizadores del deterioro. La implementación inadecuada de acciones correctivas y preventivas, como reforzar las partes tratadas o mejorar el diseño de la subrasante, puede requerir una rehabilitación completa del pavimento antes del plazo establecido en su diseño original.

6. Costos asociados con la degradación

La actividad destructiva afecta negativamente la funcionalidad y la integridad estructural del pavimento, al tiempo que genera costos adicionales asociados con la reparación, el mantenimiento y el tiempo de inactividad. Los costos aumentan cuando los tratamientos no se planifican adecuadamente, carecen de una evaluación de impacto previa y se utilizan métodos de restauración deficientes.(Kari & Olortegui, 2019)

Mitigación de Impacto

Para aliviar los efectos negativos de las actividades nocivas sobre los pavimentos rígidos, es fundamental utilizar técnicas de corte controladas, proporcionar suficiente compactación y estabilidad de la subrasante después de la excavación y utilizar materiales de reparación de alta resistencia. Además, una planificación cuidadosa que considere los impactos a largo plazo y utilice técnicas no destructivas, como la perforación direccional o la construcción de túneles, puede aliviar los efectos en la estructura del pavimento.

En conclusión, las actividades perjudiciales perjudican significativamente el desempeño de los pavimentos rígidos, comprometiendo su integridad estructural y reduciendo su longevidad. Implementar técnicas adecuadas de reparación y mantenimiento es crucial para mitigar estos efectos y garantizar la funcionalidad del pavimento en el tiempo.(Kari & Olortegui, 2019)

2.2.6.1 Tipos de trabajos destructivos en obras de agua potable

En proyectos de agua potable, las obras destructivas denotan intervenciones que incluyen excavación, perforación o demolición de estructuras existentes, a menudo para el desarrollo, reparación o mantenimiento de redes y componentes hidráulicos. Estos procedimientos suelen ser esenciales en entornos urbanos donde las tuberías de agua potable deben construirse o mantenerse bajo pavimentos rígidos; aunque son necesarios, pueden impactar significativamente la infraestructura vial y la durabilidad de los pavimentos. (Kari & Olortegui, 2019)

1. Excavaciones para el despliegue del oleoducto

Este perjudicial procedimiento implica excavar pavimentos rígidos para instalar nuevas líneas de agua potable o reemplazar las existentes. Las dimensiones de la zanja dependen del diámetro de la tubería y de las especificaciones técnicas; sin embargo, estas excavaciones comprometen la integridad estructural del pavimento y alteran las capas subyacentes, incluida la subrasante, lo que puede reducir la capacidad de carga y provocar asentamientos diferenciales. (Torres Caceres, 2021)

2. Excavación de pozos para intersecciones y cruces

Se establecen aberturas localizadas en pavimentos rígidos para permitir la construcción de conexiones entre tuberías primarias y residenciales o para navegar redes hidráulicas debajo de carreteras. Aunque estos agujeros suelen ser más pequeños que las excavaciones, una reparación inadecuada puede poner en peligro la losa de hormigón y provocar su deterioro. (Torres Caceres, 2021)

3. Reparaciones Inmediatas

Se realizan reparaciones de emergencia para abordar fugas o roturas en las tuberías de agua potable. Estos procedimientos suelen ser acelerados y mal coordinados, lo que a veces resulta en cortes irregulares del pavimento y restauraciones inferiores. Las áreas de intervención pueden deteriorarse rápidamente debido a una compactación inadecuada o al uso de materiales inadecuados para el relleno y la restauración.

4. Construcción de Cámaras de Inspección

La instalación o mantenimiento de cámaras de inspección y válvulas requiere actividades disruptivas, incluido el corte y remoción de pavimentos rígidos para acceder a redes subterráneas. Estas cámaras son esenciales para el mantenimiento y operación de los sistemas de agua potable; sin embargo, una integración inadecuada durante la construcción puede provocar discontinuidades en el pavimento.

5. Mejora de la infraestructura de agua potable

En proyectos de mejora o ampliación de redes se realizan cortes y excavaciones para instalar nuevas tuberías o conectar sistemas existentes. Estas soluciones suelen ser extensas y afectan a grandes superficies del pavimento. Si las restauraciones no se realizan utilizando materiales y métodos que aseguren la longevidad, las áreas tratadas se vuelven susceptibles al deterioro. (Torres Caceres, 2021)

6. Instalación de tuberías de gran diámetro.

La construcción de tuberías de agua de gran diámetro, que transportan el agua desde las instalaciones de tratamiento hasta las redes de distribución, requiere excavaciones masivas y profundas. Estas intervenciones impactan significativamente el pavimento rígido y sus capas fundacionales, ya que alteran considerablemente las propiedades estructurales y de subrasante de la vía.

7. Reemplazo de Componentes Hidráulicos Obsoletos

En zonas urbanas con infraestructura de agua potable obsoleta, se llevan a cabo procedimientos intrusivos para reparar tuberías o componentes deteriorados, como válvulas y medidores. Estos proyectos, aunque cruciales, pueden ser más complejos debido a la existencia de redes subterráneas adicionales, lo que aumenta el riesgo de un futuro deterioro del pavimento. (Torres Caceres, 2021)

Consecuencias y medidas mitigadoras

Varias formas de actividad perjudicial pueden afectar negativamente la integridad estructural del pavimento rígido, reducir la capacidad de carga de la subrasante y producir irregularidades en la superficie. Para mitigar estos efectos, es fundamental planificar

cuidadosamente las intervenciones, utilizar técnicas de corte y excavación adecuadas e implementar restauraciones utilizando materiales de alta calidad y suficiente compactación.

En resumen, las actividades perjudiciales que afectan la infraestructura de agua potable son inevitables en los entornos urbanos; no obstante, sus consecuencias podrán paliarse mediante una adecuada ejecución técnica, salvaguardando la integridad operativa del sistema hidráulico y la estabilidad del pavimento afectado.

2.2.6.2 Efectos de excavaciones y perforaciones en el pavimento

En el contexto de proyectos de infraestructura urbana, como la construcción, el mantenimiento o la reparación de redes de servicios públicos subterráneas, las excavaciones y perforaciones del pavimento son métodos que se utilizan con frecuencia. Debido a estas actividades, la estructura del pavimento se altera significativamente, lo que tiene un impacto no sólo en su funcionalidad sino también en su integridad estructural. Debido a la rigidez de los pavimentos inflexibles y su dependencia de una base de soporte consistente y continua, las repercusiones con respecto a estos pavimentos son particularmente graves. (Torres Caceres, 2021)

1. La interrupción de la continuidad de la estructura

Debido a que las excavaciones y perforaciones comprometen la losa de concreto y las capas que se encuentran debajo de ella, la integridad estructural del pavimento se ve significativamente comprometida. Este proceso da como resultado la formación de zonas de susceptibilidad, que concentran el estrés y aumentan la posibilidad de fisuras y fracturas, especialmente en las proximidades del lugar donde se realiza la intervención. Debido a la discontinuidad de los pavimentos inflexibles, su potencial para transferir cargas de tráfico de manera equitativa disminuye, lo que a su vez hace que la tensión se amplifique en algunos puntos.

2. Degradación de la Subrasante

Además, la subrasante a menudo se retira, se descompacta o se expone a condiciones ambientales que tienen el potencial de alterar sus propiedades mecánicas

mientras se realizan las excavaciones. Cuando la capacidad portante de la subrasante se reduce, ya sea por una disminución en la compactación o por un aumento en la cantidad de humedad presente en la subrasante, esto posiblemente podría resultar en asentamientos diferenciales en las áreas impactadas. Para generar fallas superficiales y acelerar el deterioro del pavimento, estos asentamientos son los encargados de crearlas.(Torres Caceres, 2021)

3. La aparición de irregularidades de comportamiento y estados depresivos.

Las irregularidades superficiales del pavimento pueden deberse a huecos y excavaciones que no han sido reparadas eficazmente, lo que puede comprometer tanto el confort como la seguridad de la circulación. Estas anomalías, además de generar molestias a los usuarios, aumentan las presiones dinámicas que se ejercen sobre las losas y juntas cercanas, lo que acelera el proceso de deterioro en las zonas afectadas. Es común que aparezcan baches en áreas donde no se realizan las reparaciones adecuadas o cuando el material de relleno no se compacta de manera adecuada.(Torres Caceres, 2021)

4. Un aumento en el número de fugas de agua.

Es posible que penetre agua en las áreas intermedias, especialmente si las juntas o sellos no se mantienen adecuadamente. Además, las regiones intermedias pueden ser vulnerables a la penetración del agua. Existe la posibilidad de que estas filtraciones penetren en la base y la subrasante, reduciendo así su resistencia y su capacidad para soportar cargas. Es posible que la presencia de agua en estas capas pueda generar con el tiempo problemas como erosión, bombeo y lento desgaste del pavimento.

5. Una reducción de la vida útil del pavimento

En el pavimento, las excavaciones y perforaciones crean áreas susceptibles, y estos son los lugares que a menudo sufren los primeros signos de deterioro. Debido al hecho de que las fallas aisladas a menudo se extienden a las losas circundantes, la acumulación de daños en estos lugares puede reducir significativamente la vida útil del pavimento. En caso de que las restauraciones no se realicen de acuerdo con los

estándares de calidad, el pavimento puede necesitar reparaciones más frecuentes o una rehabilitación completa antes de lo previsto originalmente.(Torres Caceres, 2021)

6. El continuo aumento de los costes de mantenimiento.

No es sólo que las excavaciones y perforaciones tengan efectos negativos sobre el desempeño del pavimento, sino que también provocan un aumento en los costos asociados al mantenimiento. Las intervenciones que no están bien concebidas o realizadas necesitan reparaciones recurrentes, lo que se traduce en grandes costes tanto para las organizaciones responsables de la infraestructura como para los usuarios, medidos tanto en términos de tiempo como de dinero.

2.2.6.3 Rehabilitación posterior a trabajos destructivos

La rehabilitación después de operaciones disruptivas es crucial para restablecer la funcionalidad y la integridad estructural de un pavimento después de actividades como excavaciones, perforaciones o cortes. Este enfoque busca rehabilitar la capacidad de las áreas afectadas para soportar las cargas del tráfico, prevenir fallas prematuras y mitigar el impacto en la longevidad del pavimento. La rehabilitación eficaz implica no sólo la reparación de la superficie sino también la restauración de las capas fundamentales para garantizar la estabilidad a largo plazo.(Torres Caceres, 2021)

1. Etapas de Rehabilitación

La rehabilitación de pavimentos rígidos después de actividades perjudiciales se desarrolla en muchas etapas, cada una de las cuales es esencial para lograr un resultado duradero:

Evaluación de daños: Es necesaria una revisión exhaustiva para determinar el alcance de los daños estructurales y funcionales causados por las operaciones destructivas. Esto implica evaluar el estado de la losa, juntas, cimientos, subbase y subrasante.(Cubas & Manay, 2021)

Preparación del Área Afectada: Antes de iniciar las reparaciones, es fundamental limpiar y preparar la zona dañada eliminando escombros, suelos inestables y materiales

en descomposición. Las superficies de corte deben tener bordes consistentes y claramente definidos.

Rehabilitación de la Subrasante y Capas Inferiores: Si las capas subyacentes fueron alteradas durante la demolición, es fundamental recompactarlas o estabilizarlas. Esto puede incluir la integración de material granular, la estabilización con cemento o cal y la compactación para restablecer la capacidad de carga anterior.

Las excavaciones deben rellenarse cuidadosamente con material adecuado en capas finas y bien compactadas para evitar mayores asentamientos diferenciales.

Restauración de losas de concreto: La restauración de losas implica la instalación de concreto nuevo o materiales de reparación duraderos. Se deben construir conexiones adecuadas para unir la nueva losa con las existentes y evitar fracturas causadas por contracción o expansión por calor.(Cubas & Manay, 2021)

Sellado de juntas y grietas: Las juntas y grietas deben sellarse utilizando materiales flexibles y duraderos para evitar la penetración de agua y proteger las capas subyacentes.

2. Métodos y técnicas dominantes

Se utilizan diversos métodos para la rehabilitación de pavimentos rígidos, dependiendo de la gravedad del daño y del tipo de actividades perjudiciales realizadas.

Reparación Parcial de Losa: Implica la sustitución sólo de la parte dañada de la losa, manteniendo la integridad de la estructura circundante. Es ventajoso para intervenciones localizadas y pequeñas.(Cubas & Manay, 2021)

Reemplazo integral de losa: en casos de daños sustanciales, se extrae toda la losa y se reemplaza por una nueva, manteniendo así la integridad estructural.

Utilización de morteros rápidos: en situaciones que requieren poca interrupción, se emplean morteros de fraguado rápido, lo que permite que el tráfico se reanude unas pocas horas después de la reparación.

Estabilización de la subrasante: En casos de degradación significativa de la subrasante, se pueden utilizar técnicas como la estabilización con cemento o la inyección de productos químicos estabilizadores.(Cubas & Manay, 2021)

3. Determinantes de una rehabilitación efectiva

Para garantizar la eficacia de la rehabilitación, es importante tener en cuenta los siguientes factores:

Los materiales utilizados en las reparaciones deberán ser de excepcional calidad y compatibles con las propiedades del pavimento existente.

Correcta Compactación: La compactación de las subcapas debe ajustarse a las especificaciones técnicas, ya que es crucial para mitigar los problemas de asentamiento.

Drenaje: Es importante proporcionar un drenaje adecuado en las áreas tratadas para evitar la acumulación de agua que pueda poner en peligro las capas subyacentes.

Supervisión técnica: La rehabilitación debe realizarse bajo la supervisión de profesionales capacitados para garantizar que todas las etapas se realicen correctamente y que se cumplan los estándares necesarios.(Cubas & Manay, 2021)

4. Beneficios de una rehabilitación adecuada

La implementación efectiva de la rehabilitación después de actividades dañinas mejora:

- Restaurar la funcionalidad del pavimento.
- Prevenir fallos prematuros en las zonas afectadas.
- Ampliar la longevidad operativa del pavimento.
- Reducir los costos de mantenimiento a largo plazo.

En conclusión, la rehabilitación después de trabajos dañinos es un esfuerzo vital que requiere una planificación cuidadosa, materiales superiores y métodos apropiados para garantizar que el pavimento restablezca su integridad estructural y funcional. La ejecución efectiva protege la inversión y garantiza la seguridad y comodidad de los usuarios de la vía.(Cubas & Manay, 2021)

2.2.7 Estabilización de suelos y materiales granulares

Este procedimiento es crucial para garantizar la longevidad y la capacidad de soportar pesos sustanciales del pavimento, particularmente en situaciones en las que los suelos o materiales naturales no cumplen con los estándares estructurales requeridos. La estabilización se logra incluyendo productos químicos estabilizadores que alteran las características físicas y químicas del suelo o material granular, mejorando su capacidad para resistir fuerzas externas, perdurar durante un período prolongado, adherirse entre sí y permitir un drenaje adecuado.(Cubas & Manay, 2021)

La elección de los procesos de estabilización variará según las condiciones particulares del proyecto. Los procedimientos mecánicos se concentran en mejorar los atributos del suelo mediante el empleo de técnicas de compactación y mezcla para lograr una mayor densidad y homogeneidad en el material. Alternativamente, los enfoques químicos implican el uso de productos químicos como cemento, cal, polímeros o estabilizadores químicos especializados como aceite sulfonado para modificar las características del suelo. Estas adiciones reaccionan químicamente con el suelo o el material granular, mejorando su rigidez y reduciendo su maleabilidad. Como resultado, la estructura se vuelve más sólida y capaz de soportar mayores presiones sin deformarse.

El procedimiento de estabilización mejora tanto la capacidad de carga como la capacidad de control de la humedad del pavimento, al tiempo que mejora su capacidad de reaccionar a los cambios climáticos. La adición de estabilizadores, como la cal, disminuye la sensibilidad del suelo a expandirse o contraerse en respuesta a cambios en los niveles de humedad. Es importante utilizar medidas preventivas para mitigar fallas como grietas o deformaciones. Además, la estabilidad mejora la eficacia de la sustancia granular a medida que se satura, lo que mejora la eficiencia del drenaje y restringe la reducción de su capacidad de carga causada por la penetración del agua.(Cubas & Manay, 2021)

Particularmente en regiones donde los materiales actuales son insuficientes para soportar el peso esperado. La implementación adecuada de este método.(Cubas & Manay, 2021)

2.2.7.1 Principios de estabilización de suelos

Los principios fundamentales de esta técnica son modificar las características del suelo para mejorar su capacidad de carga, reducir su susceptibilidad a la deformación y aumentar su resiliencia a diferentes cargas y condiciones ambientales. La estabilización es especialmente ventajosa en proyectos donde los suelos originales presentan cualidades inadecuadas, como resistencia débil, flexibilidad excesiva o susceptibilidad a la expansión y contracción debido a cambios en los niveles de humedad.(Cubas & Manay, 2021)

Un aspecto crucial de la estabilización es mejorar la capacidad del suelo para resistir fuerzas externas mediante la inclusión de agentes estabilizadores, como cemento, cal o ciertos aditivos químicos. Estos agentes sufren reacciones químicas con minerales y partículas del suelo, dando lugar a la creación de fuertes enlaces que mejoran la rigidez y unidad del material. Este proceso transforma un suelo de baja calidad en un material más resistente que puede soportar cargas más pesadas sin sufrir deformaciones importantes. La estabilización con cemento es un método utilizado frecuentemente para mejorar suelos arcillosos reduciendo su fluidez y aumentando su resistencia a la compresión.

Otro factor esencial es mejorar la estabilidad volumétrica del suelo, que se refiere a su capacidad para mantener su volumen y forma cuando se somete a variaciones en los niveles de humedad. Las arcillas expansivas y tipos de suelo similares tienden a experimentar cambios de volumen, lo que puede provocar la producción de grietas y asentamientos desiguales en las estructuras del pavimento. El uso de cal es un enfoque muy eficaz para abordar este problema, ya que el tratamiento con cal reduce la capacidad del suelo para absorber agua, limitando así su expansión y contracción. Además, la estabilización puede.(Cubas & Manay, 2021)

Los fundamentos de la estabilización pasan por lograr uniformidad y homogeneidad en el suelo tratado. La eficacia de la estabilización depende principalmente de la amalgama y dispersión precisa del ingrediente estabilizador en todo el volumen del suelo. La implementación irregular podría dar lugar a diferencias en las características mecánicas, lo que quizás provocaría una degradación prematura del pavimento. Por lo tanto, es

imperativo seguir estrictamente métodos meticulosos de mezcla, consolidación y maduración para garantizar que el suelo estabilizado cumpla con los estándares requeridos para su utilización en la construcción de pavimentos.

2.2.8 Normativa nacional e internacional aplicable

La legislación relativa a la estabilización de suelos y pavimentos, tanto a nivel nacional como internacional, consiste en una extensa recopilación de normas, estándares y recomendaciones. El objetivo de estas normas es garantizar la calidad, seguridad y sostenibilidad de los proyectos de construcción e infraestructura. Estas normas son fundamentales para garantizar que las técnicas y materiales utilizados en la estabilización de suelos cumplen con los requisitos requeridos en términos de eficacia, durabilidad y conservación ambiental.(Cubas & Manay, 2021)

Regulaciones a nivel nacional:

Cada país tiene ciertos criterios que determinan la estabilidad de suelos y pavimentos. Estas leyes suelen ser desarrolladas por entidades gubernamentales o grupos especializados en el ámbito de la construcción y el transporte. El objetivo de estas legislaciones nacionales es centrarse y considerar explícitamente las distintas condiciones geotécnicas y climáticas de cada lugar, junto con los materiales y métodos de construcción que se emplean ampliamente en esa región.

Los países latinoamericanos han establecido regulaciones nacionales que brindan pautas detalladas para la evaluación del suelo, la elección de materiales estabilizadores (como cemento, cal o aditivos químicos) y los procesos involucrados en el diseño y ejecución de proyectos de construcción. Estos criterios suelen estar registrados en normas técnicas de construcción y especificaciones de obras viales, como las Normas de Construcción de Carreteras o los Códigos de Construcción. Estas leyes establecen los estándares mínimos para la calidad y durabilidad de los pavimentos.(Cubas & Manay, 2021)

Además, las regulaciones nacionales pueden incluir disposiciones ambientales, como métodos para evaluar los impactos ecológicos de los proyectos de estabilización, así como limitaciones a la eliminación de desechos y el uso de materiales reciclables. Estas directrices garantizan que los proyectos se implementen de manera sostenible y con un impacto ecológico mínimo.

Las relaciones internacionales están reguladas por reglas

A nivel internacional, varias organizaciones proporcionan estándares ampliamente reconocidos y utilizados con frecuencia para proyectos que incluyen la estabilización de suelos y pavimentos. Tres organizaciones muy influyentes incluyen.

ASTM International es conocida por su amplia variedad de normas técnicas que cubren todos los aspectos de la estabilización del suelo, como la caracterización del suelo (p. ej., ASTM D4318 para los límites de Atterberg) y métodos de estabilización (p. ej., ASTM D558 para la compactación del suelo). Estos estándares son aplicables a nivel mundial y proporcionan un marco técnico exhaustivo para garantizar que los proyectos cumplan con los más altos estándares de calidad y seguridad. (Linares Chavez, 2019)

La ISO ofrece normas que cubren varios dominios, incluida la gestión de la calidad (ISO 9001), la gestión ambiental (ISO 14001) y metodologías específicas para probar y evaluar suelos y materiales de construcción. Estos estándares son reconocidos globalmente por gobiernos de todo el mundo para estandarizar las técnicas de construcción y garantizar que los productos y servicios cumplan con los requisitos internacionales. (Linares Chavez, 2019)

AASHTO es muy relevante para proyectos que involucran infraestructura de carreteras debido a que proporciona criterios técnicos exactos y procesos de prueba que se emplean en la construcción de carreteras y puentes. Las directrices de la AASHTO han sido ampliamente adoptadas en América del Norte y sirven como estándar para muchos otros países, especialmente aquellos que buscan adherirse a las normas estadounidenses de construcción e ingeniería. (Linares Chavez, 2019)

La convergencia regulatoria es el acto de formular regulaciones nacionales que estén en línea con las normas globales, teniendo en cuenta las necesidades y circunstancias locales. Esta convergencia garantiza que la ley, aunque sea única para cada nación, esté alineada con los estándares globales. Por ejemplo, un país puede optar por adoptar una norma ASTM o ISO para la estabilización del suelo, pero realizar ajustes para adaptarse a ciertas condiciones locales como temperatura, humedad o accesibilidad de los materiales.(Linares Chavez, 2019)

Cumplimiento de normativa y supervisión:

Las agencias gubernamentales y las organizaciones certificadoras supervisan el cumplimiento de estas regulaciones mediante la realización de inspecciones y auditorías.

Proyectos de infraestructura, con especial énfasis en la estabilización de suelos y pavimentos. Estas reglas garantizan que los proyectos se lleven a cabo con el más alto nivel de cumplimiento de los estándares de calidad, seguridad y sostenibilidad, al mismo tiempo que tienen en cuenta las regulaciones locales y cumplen con los estándares globales.(Linares Chavez, 2019)

2.3 Marco conceptual

2.3.1. Base granular

La cimentación granular es un elemento vital en las construcciones de pavimentos, compuesta por materiales granulares como grava y arena. El objetivo principal de esto es ofrecer refuerzo estructural y distribuir uniformemente la carga a las capas subyacentes. La presencia de esta capa es fundamental para mantener la estabilidad del pavimento. Su función principal es reducir la transmisión de fuerzas al suelo subyacente, mejorar la resistencia a la deformación y permitir un drenaje eficiente del agua. La función principal de esta capa es inhibir la saturación y degradación del pavimento. (Cosio Huilca & Franco Centeno, 2023)

2.3.2. Estado estructural

La condición estructural se refiere al estado de robustez general de una estructura y a su capacidad para soportar tensiones sin distorsiones o averías sustanciales. El estado de los pavimentos es un determinante crucial que afecta su longevidad y eficiencia. La necesidad de mantenimiento y reparación se ve inmediatamente influida, garantizando que el pavimento permanezca operativo y seguro en el tiempo. (Fonseca et al., 2019)

2.3.3. Pavimentos rígidos

Los pavimentos rígidos son estructuras viales construidas con losas de concreto hidráulico, diseñadas para soportar y distribuir las cargas vehiculares hacia las capas subyacentes. Su rigidez proviene de la alta resistencia del concreto, lo que permite que las cargas se dispersen en un área amplia, reduciendo las tensiones en la base y subrasante. Estos pavimentos se caracterizan por su durabilidad, baja deformabilidad y capacidad para soportar tráfico pesado, aunque requieren juntas para controlar las fisuras por contracción térmica.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de la investigación

El diseño de investigación es el plan general que guía la ejecución de un estudio, estableciendo cómo se recolectarán y analizarán los datos para cumplir los objetivos planteados. Este diseño incluye decisiones relacionadas con la elección del tipo de investigación, las técnicas de recolección de datos y los procedimientos para interpretar los resultados. Según Creswell y Creswell (2018), "un diseño de investigación implica la intersección de la filosofía, las estrategias de investigación y los métodos específicos" (p. 5). En este contexto, el diseño asegura la coherencia del estudio y la validez de sus conclusiones. (Vega & Cahuana, 2021)

El diseño de investigación para el estudio es de tipo no experimental y descriptivo-correlacional. Esto se debe a que no se manipularán variables, sino que se observarán y analizarán los efectos de los trabajos destructivos en los pavimentos rígidos ya existentes, describiendo el estado estructural y funcional del pavimento, y estableciendo correlaciones entre las características del daño y las condiciones de las obras realizadas.

3.2 Método de la investigación

El método de investigación se refiere al enfoque adoptado para abordar el problema de estudio, y puede ser cuantitativo, cualitativo o mixto. El método cuantitativo se basa en la medición y análisis de datos numéricos mediante técnicas estadísticas, mientras que el cualitativo explora fenómenos desde una perspectiva subjetiva e interpretativa. En ocasiones, ambos métodos se integran para obtener una visión más completa del problema.(Reyes, 2022)

El método de investigación será cuantitativo, ya que se medirán y analizarán parámetros estructurales del pavimento, como fisuras, asentamientos y pérdidas de capacidad portante, utilizando herramientas de inspección visual y ensayos técnicos. Además, se podrían complementar los hallazgos con un enfoque cualitativo, a través de entrevistas con profesionales que participaron en las obras de agua potable, para entender los procedimientos que pudieron influir en los deterioros.

3.3 Nivel y tipo de la investigación

3.3.1 Nivel de la investigación

El nivel de investigación indica la profundidad del análisis realizado y se clasifica en exploratorio, descriptivo, correlacional y explicativo. El nivel exploratorio se enfoca en temas poco estudiados, mientras que el descriptivo detalla las características del fenómeno. Por su parte, el nivel correlacional identifica relaciones entre variables, y el explicativo busca establecer causas y efectos. Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2018) explican que "los estudios exploratorios se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado o que no ha sido abordado antes".(Ramos Galarza, 2020)

El nivel de investigación será descriptivo-correlacional. Este nivel es adecuado porque el objetivo principal es describir detalladamente el estado actual de los pavimentos rígidos afectados por trabajos destructivos y analizar la relación entre las características

de las intervenciones realizadas (como cortes y excavaciones) y los daños estructurales observados, sin entrar en una evaluación causal detallada.

3.3.2 Tipo de la investigación

El tipo de investigación se relaciona con el propósito y enfoque del estudio. Puede ser básica, orientada a generar conocimiento teórico, o aplicada, destinada a resolver problemas prácticos. También puede clasificarse como experimental, cuando manipula variables para observar efectos, o no experimental, cuando observa fenómenos tal como ocurren. Según Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2018), "la investigación aplicada se realiza con el propósito de resolver problemas prácticos y, por lo tanto, su objetivo es la aplicación inmediata de los conocimientos".(Castro Maldonado et al., 2023)

El tipo de investigación es aplicada, ya que se enfoca en resolver un problema práctico: evaluar el impacto de los trabajos destructivos en pavimentos rígidos para proponer estrategias de rehabilitación y mantenimiento. Este tipo de investigación busca generar soluciones concretas y mejorar la gestión de infraestructura vial en el barrio Santa Bárbara.

3.4 Población y muestra de la investigación

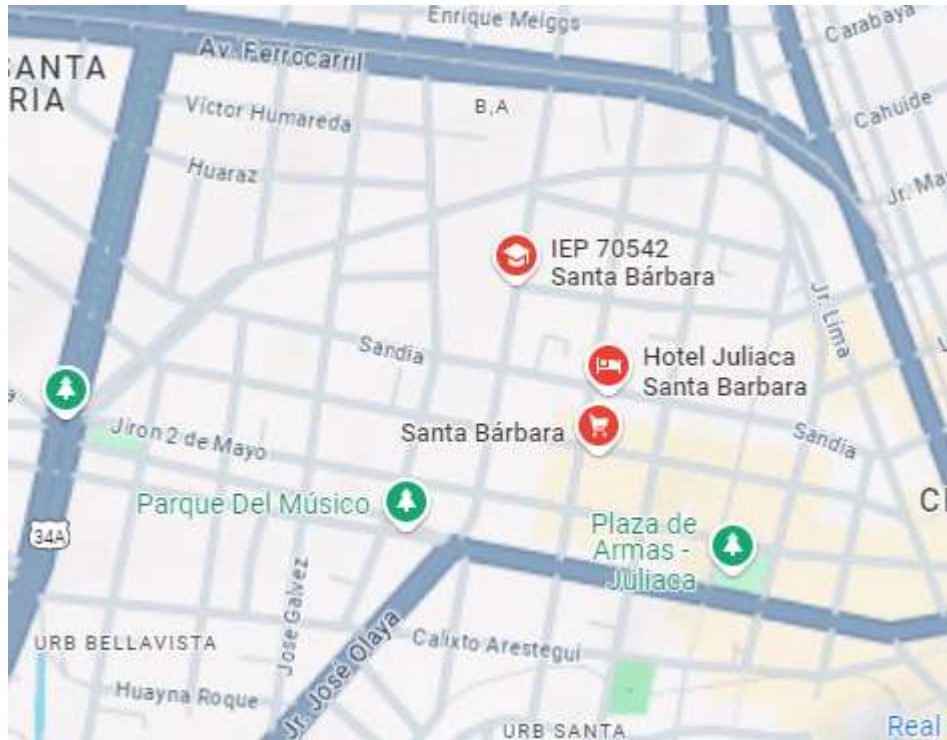
3.4.1 Población

La población es el conjunto de individuos, objetos o fenómenos que comparten características comunes y sobre los cuales se desea obtener información. Representa el universo de estudio y delimita el alcance de la investigación. Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2018) definen la población como "el conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones" (p. 174). Su adecuada delimitación es esencial para garantizar que los resultados sean relevantes y representativos.(Ojeda, 2020)

La población del estudio está constituida por todas las secciones de pavimento rígido en el barrio Santa Bárbara - Juliaca que han sido intervenidas por trabajos destructivos relacionados con obras de mejoramiento de agua potable durante el año 2024. Esto incluye tramos de calles donde se realizaron cortes, excavaciones o perforaciones.

Figura 1

Localización de las zonas de estudio



Nota: Ciudad de Juliaca

3.4.2 Muestra

Su propósito es facilitar la recolección de datos de forma eficiente, asegurando al mismo tiempo que los resultados sean generalizables al universo total. La selección de la muestra debe cumplir criterios de representatividad y tamaño adecuado. Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2018)

La muestra será un subconjunto representativo de la población, seleccionada de forma estratificada o aleatoria, dependiendo de la distribución geográfica y las características de los trabajos realizados. Por ejemplo, se podría considerar una muestra

de 3 distintas calles de pavimento rígido intervenidos, seleccionados para cubrir diferentes tipos de daños observados y diferentes métodos de intervención destructiva empleados en el barrio.

Tabla 2

Suma de experimentos llevados a cabo

Descripción	Índice de Plasticidad	Grado Compactación	CBR	Total
SN muestra 1	3	3	3	9
SN muestra 2	3	3	3	9
SN muestra 3	3	3	3	9
SN muestra 4	3	3	3	9
Total				36

Nota: SN (Suelo natural).

La tabla muestra un resumen detallado del total de ensayos realizados en el análisis de suelos naturales (SN). En esta investigación, se analizaron cuatro muestras diferentes (SN muestra 1, SN muestra 2, SN muestra 3 y SN muestra 4), evaluando tres parámetros clave: Índice de Plasticidad, Grado de Compactación y CBR (California Bearing Ratio). Cada muestra fue sometida a tres ensayos por parámetro, lo que dio como resultado nueve pruebas por muestra.

El Índice de Plasticidad permite identificar la capacidad del suelo para deformarse sin sufrir fracturas, siendo un aspecto crucial en la evaluación de su comportamiento bajo condiciones de carga. Por su parte, el Grado de Compactación analiza el nivel de densidad que el suelo puede alcanzar tras ser compactado, asegurando que el material proporcione la estabilidad necesaria. Finalmente, el CBR determina la resistencia del suelo ante esfuerzos de carga, lo que resulta fundamental para evaluar su capacidad de soporte y desempeño estructural.

En conjunto, el análisis acumuló un total de 36 ensayos, distribuidos equitativamente entre las muestras, lo que garantiza un enfoque representativo y

exhaustivo de las características físicas y mecánicas del material. Este procedimiento proporciona información detallada sobre el comportamiento del suelo en diferentes condiciones, permitiendo su adecuada evaluación para su uso en proyectos de ingeniería civil.

3.5 Técnicas e instrumentos

3.5.1 Técnicas

Las metodologías empleadas en esta investigación fueron elegidas para garantizar precisión, confiabilidad y representatividad en los resultados obtenidos. Cada enfoque se ejecutó de acuerdo con criterios estrictos que garantizan la calidad del análisis y su relevancia para los objetivos de la investigación. Estos métodos metodológicos facilitaron la medición de determinados parámetros físicos y mecánicos y, al mismo tiempo, ofrecieron información esencial sobre el comportamiento del material en diversos entornos.

Un enfoque empleado fue la evaluación del Índice de Plasticidad, que permitió evaluar la capacidad del suelo para deformarse sin fallar. Esta métrica es crucial para evaluar la estabilidad del material y su capacidad para adaptarse a diversas circunstancias de carga. Se realizaron experimentos controlados para evaluar las limitaciones de líquidos y plásticos, siguiendo procesos regulados que garantizan la precisión de los datos.

Otro enfoque importante fue la determinación del grado de compactación, que calcula la densidad máxima que puede alcanzar el material en circunstancias de compactación específicas. Este método, fundamental en proyectos de infraestructura, implicó la utilización de equipos especializados que simulan las condiciones reales de carga y compactación que encontraría el suelo en el campo.

Además, se empleó la prueba California Bearing Ratio (CBR) para evaluar la capacidad de carga del material granular. Esta prueba es esencial en ingeniería de pavimentos, ya que permite evaluar si el material satisface los criterios necesarios para

soportar las cargas previstas. Los hallazgos derivados de estas pruebas fueron cruciales para formular métodos de mejora y garantizar la funcionalidad óptima de las estructuras.

En conclusión, las metodologías empleadas en esta investigación facilitaron la adquisición de datos precisos y completos sobre los parámetros del suelo, asegurando así que los resultados estuvieran alineados con los objetivos especificados. La adecuada ejecución facilitó el desarrollo de soluciones viables y eficientes en ingeniería civil. (Suárez P. et al., 2022)

La investigación se mejorará mediante la utilización de bibliografías, recursos de Internet y actividades de laboratorio. Como herramientas de investigación se utilizaron hojas de cálculo Excel y JCH S.A.C. El laboratorio de suelos realizó un estudio del tamaño de partículas utilizando técnicas de detección descritas en ASTM C 136, ASTM D 1557 y ASTM D 1883 para California Support Bond.

La recopilación de datos implica la utilización de diversas estrategias y procedimientos por parte de los analistas para localizar sistemas de información. Al emplear esta metodología, obtendremos una comprensión más completa de los dominios que estamos examinando. La metodología de la investigación incluye la aplicación de procedimientos de observación y experimentales. Las herramientas son instrumentos tangibles que los investigadores emplean para recopilar y adquirir información para su informe de investigación. El estudio empleará metodologías que implican la utilización de herramientas de recopilación de datos y análisis posterior en entornos de laboratorio controlados. Efús, (2020).

Esta tesis llevó a cabo una evaluación exhaustiva de la literatura relevante, que abarca revistas, libros, artículos científicos y otras fuentes confiables, con el fin de lograr un análisis integral. Además, se empleará el siguiente criterio: La publicación fue escrita por Águila y Márquez en (2021).

3.5.2 Instrumentos de recolección de datos investigación

Los dispositivos de recolección de datos son esenciales en la investigación, ya que facilitan la adquisición de información precisa y pertinente necesaria para cumplir los objetivos establecidos. Estos dispositivos están especialmente diseñados para recopilar, registrar y evaluar datos esenciales, asegurando su autenticidad y confiabilidad. La selección y ejecución precisas son cruciales para garantizar la calidad y representatividad de los resultados obtenidos.

El presente estudio empleó instrumentos adaptados al marco metodológico y las variables examinadas. Se emplearon hojas de registro y formatos estandarizados para registrar las observaciones durante los estudios de laboratorio y de campo. Estas tecnologías permitieron la organización metódica de datos relacionados con factores esenciales, incluidos los índices de flexibilidad, densidad y resistencia del suelo.

Además, se utilizaron aparatos de laboratorio específicos para recopilar datos técnicos. Se trataba de máquinas para pruebas de compactación, medición de California Bearing Ratio (CBR) y análisis granulométrico, todas ellas previamente calibradas para garantizar la precisión de las mediciones. El aparato proporcionó datos cuantitativos fiables que formaron la base para evaluar las cualidades mecánicas y físicas del material examinado.

Cuando procedía, se utilizaron encuestas y entrevistas a expertos para analizar datos específicos o confirmar las conclusiones adquiridas. Estas estrategias complementarias mejoraron la comprensión del entorno y permitieron yuxtaponer los datos adquiridos con la experiencia práctica de especialistas en el campo.

Las herramientas de recopilación de datos empleadas en esta investigación fueron seleccionadas y preparadas meticulosamente para garantizar la relevancia, validez y confiabilidad de los datos recopilados. La integración de herramientas sistemáticas, aparatos especializados y metodologías complementarias facilitó la adquisición de información esencial para abordar en profundidad las consultas de investigación presentadas. (Suárez P. et al., 2022)

3.6 Validación y confiabilidad del instrumento

3.6.1 Validación de los instrumentos

La validación de instrumentos es un proceso esencial en la investigación, ya que garantiza que los instrumentos utilizados para la recopilación de datos sean precisos, confiables y apropiados para medir las variables objetivo. Esta metodología garantiza que los resultados sean representativos y precisos, paliando posibles sesgos o errores que puedan comprometer la integridad del estudio.

Inicialmente se realizó una validación de contenido, durante la cual especialistas de campo evaluaron los instrumentos seleccionados para confirmar su congruencia con los objetivos de la investigación y su evaluación precisa de las variables designadas. Esta estrategia nos permitió identificar y corregir posibles inconsistencias en los formatos, asegurando su adecuación al contexto y marco metodológico.

Se realizó una validación de la confiabilidad utilizando instrumentos en un grupo piloto para evaluar la consistencia de los datos recopilados. Este enfoque nos permitió evaluar la repetibilidad de los datos en diferentes momentos o condiciones, confirmando así la estabilidad de los instrumentos en contextos similares. Además, se emplearon criterios estadísticos, como el coeficiente de correlación, para evaluar la confiabilidad de los datos.

Se realizó una validación empírica en el entorno real de estudio. Esto implicó comparar los resultados obtenidos con estándares establecidos o datos previamente reconocidos, confirmando así la precisión y relevancia de los instrumentos dentro del entorno del estudio. Este paso fue crucial para garantizar que los datos recopilados fueran representativos y pertinentes para el tema bajo investigación.

La validación de los instrumentos fue un proceso extenso que abarcó evaluaciones teóricas, pruebas empíricas y análisis estadístico. Estos procedimientos aseguraron que los instrumentos empleados cumplieran con los requisitos de validez y confiabilidad, mejorando así la calidad general del estudio y la importancia de sus hallazgos.

3.6.2 Confiabilidad de instrumentos

La confiabilidad de los equipos es fundamental en la investigación, ya que garantiza que las mediciones sean consistentes, estables y libres de errores aleatorios. Este concepto se relaciona con la capacidad del equipo para producir resultados consistentes en condiciones similares, lo cual es esencial para garantizar la calidad y precisión de los datos recopilados.

Para evaluar la confiabilidad del equipo utilizado en este estudio, se realizaron muchas pruebas y procedimientos. Un método común fue la prueba de consistencia interna, que evaluaba la interrelación de muchos ítems o métricas dentro de un mismo instrumento. Esto aseguró que todos los elementos evaluaran consistentemente las variables especificadas, lo cual es crucial para obtener resultados confiables.

Otro método utilizado fue la evaluación de la estabilidad temporal, generalmente conocida como test-retest. Los instrumentos se entregaron en dos momentos distintos al mismo conjunto de muestras o personas, validando la consistencia de los resultados. Esta técnica nos permitió determinar la estabilidad temporal de los instrumentos, eliminando así la posibilidad de desviaciones causadas por factores externos o cambios en las condiciones ambientales.

Además, la confiabilidad entre evaluadores se confirmó educando a los operadores o evaluadores en el uso de los instrumentos, asegurando el cumplimiento de criterios y procedimientos estandarizados. Esto aseguró que los resultados no estuvieran influenciados por la subjetividad del evaluador, sino que estuvieran determinados por el diseño del instrumento.

Se utilizaron criterios estadísticos, como el alfa de Cronbach y el coeficiente de correlación, para evaluar la confiabilidad de los datos recopilados. Estas técnicas matemáticas ofrecen una evaluación objetiva del grado de consistencia de los instrumentos utilizados.

La confiabilidad de los dispositivos fue evaluada rigurosamente mediante métodos empíricos y estadísticos, validando que las mediciones fueran consistentes, precisas y

repetibles. Esto hizo que los datos obtenidos fueran sólidos y confiables, aumentando así la validez general de los resultados de la investigación. (Andrade Ruiz, 2019)

3.7 Plan de recolección y procesamiento de datos

Toma de muestra del material

El muestreo del material es una etapa esencial en cualquier investigación que implique el estudio de suelos u otras sustancias, ya que garantiza que las muestras seleccionadas representan correctamente las verdaderas características del terreno o material que se está estudiando. Este enfoque debe ejecutarse de acuerdo con criterios establecidos para garantizar que los resultados obtenidos de las muestras sean confiables y pertinentes para el contexto general del proyecto.

El enfoque comienza con la selección del área de muestra, mediante la cual se identifican ubicaciones clave en función de las características topográficas, los objetivos del estudio y las limitaciones tecnológicas pertinentes. En esta etapa, se establece el número de muestras a recolectar, asegurando una cobertura adecuada del área de interés para proporcionar datos representativos.

Posteriormente, las muestras se recolectan utilizando herramientas y equipos especializados, como palas, barrenas o cilindros de muestreo, según el tipo de material y la profundidad requerida. Esta técnica garantiza que el material extraído permanezca libre de contaminación por factores externos, como basura o exceso de humedad. Cada muestra está cuidadosamente etiquetada, indicando su posición, profundidad e información relevante que facilita su identificación y posterior análisis.

Después de la recolección, las muestras se transportan y almacenan en condiciones controladas para conservar sus propiedades intrínsecas. Esto implica el uso de contenedores sellados y ambientes con temperatura y humedad adecuadas, especialmente para materiales sensibles como suelos arcillosos o muestras con alto contenido de humedad.

En el laboratorio se producen muestras para las pruebas pertinentes, asegurando el cumplimiento de las técnicas técnicas especificadas en normas como ASTM o AASHTO. Los exámenes incluyen estudios físicos, mecánicos y químicos según las especificaciones del estudio.

En resumen, el muestreo de materiales es un proceso riguroso que implica estrategia, implementación y atención cuidadosa en todas las etapas. Garantizar la representatividad y conservación de las muestras es fundamental para lograr resultados fiables que validen las conclusiones del estudio. Este procedimiento sustenta un análisis técnico preciso y superior.

Ensayos en laboratorio

Las pruebas de laboratorio son una fase crucial en el desarrollo de la investigación que implica el estudio físico-mecánico de materiales, ya que facilita la adquisición de datos precisos y confiables sobre las cualidades de las muestras recolectadas. Esta técnica se lleva a cabo en entornos regulados y cumple con requisitos técnicos precisos para garantizar que los resultados sean representativos y beneficiosos para la toma de decisiones en proyectos de ingeniería o investigación científica.

El procedimiento comienza con la preparación de la muestra, que incluye limpieza, acondicionamiento y división en segmentos si es necesario. Esta fase garantiza que las condiciones de la muestra sean uniformes y adecuadas para el ensayo, eliminando así cualquier interferencia que pueda distorsionar los resultados. La preparación cumple con regulaciones estrictas, como las establecidas por ASTM o AASHTO, dependiendo del análisis específico necesario.

Una vez acondicionadas las muestras, se realizan las pruebas. Las pruebas pueden diferir según el propósito del estudio y abarcan análisis granulométricos, determinación del índice de plasticidad, pruebas de compactación, medición del contenido de humedad y evaluación del índice CBR, entre otros. Cada examen se realiza utilizando

aparatos sofisticados y calibrados para garantizar la precisión de los resultados. Además, en este paso se documentan registros completos de las mediciones adquiridas.

La fase posterior implica el análisis de los resultados, durante el cual los datos recopilados se procesan para discernir ciertos patrones, correlaciones o comportamientos del material. Este estudio emplea herramientas estadísticas y enfoques interpretativos para evaluar las cualidades y el rendimiento del material en diferentes entornos.

Los resultados se recogen en un informe técnico que incluye tablas, diagramas y conclusiones extraídas de las pruebas. Este informe es crucial para informar las decisiones sobre el diseño, la construcción o la mejora de proyectos, así como para validar las hipótesis propuestas en la investigación.

En conclusión, las pruebas de laboratorio son procesos esenciales que, mediante un enfoque metódico y sistemático, arrojan información completa y confiable sobre las propiedades de los materiales examinados. La ejecución correcta garantiza resultados de alta calidad, que son cruciales para el éxito de cualquier esfuerzo tecnológico o científico.

i. Contenido de humedad: El contenido de humedad es una característica física esencial en la evaluación de suelos y materiales de construcción, ya que mide el agua presente en un material en relación con su peso seco. Esta métrica es esencial para evaluar las características mecánicas, estructurales y de comportamiento de los materiales, especialmente en iniciativas de ingeniería civil, geotecnia y pavimentos. La medición proporciona información crítica para el desarrollo de estructuras robustas y seguras.

El contenido de humedad se define como la relación entre el peso de agua en una sustancia y su peso seco, generalmente expresado como porcentaje. Esta característica influye directamente en la densidad, cohesividad, resistencia al corte y capacidad de carga de los suelos. En suelos cohesivos, el aumento del contenido de humedad puede reducir la resistencia del material, pero en suelos granulares, los niveles óptimos de humedad mejoran la compactación.

El contenido de humedad se determina mediante procedimientos establecidos, como la técnica gravimétrica, que implica secar una muestra de material en un horno a una temperatura constante, a menudo entre 105 y 110 °C, hasta alcanzar un peso estable. Este método facilita la medición precisa del contenido de agua del material. Además, en condiciones de campo, se pueden utilizar métodos rápidos, como medidores de humedad portátiles; sin embargo, requieren calibración para garantizar mediciones precisas.

El análisis del contenido de humedad es crucial en proyectos de construcción y estabilización de suelos, ya que identifica el contenido óptimo necesario para lograr la máxima densidad seca durante la compactación. Este parámetro es esencial en el diseño de cimentaciones, taludes y estructuras de pavimento, ya que una gestión eficaz del contenido de humedad garantiza el desempeño y durabilidad de los proyectos.

En conclusión, el contenido de humedad afecta significativamente las propiedades y el comportamiento de los materiales. La evaluación precisa, tanto en condiciones de laboratorio como de campo, es esencial para garantizar que los suelos y los materiales de construcción cumplan con los estándares requeridos para cualquier esfuerzo de ingeniería. Esta información es crucial para optimizar el diseño y mejorar el rendimiento de los edificios en diversas condiciones ambientales y de carga.

- ii. Ensayo de límites de consistencia: La prueba de límites de consistencia es un procedimiento esencial en el análisis de suelos, diseñado para determinar los parámetros relacionados con el comportamiento plástico y líquido del material. El límite líquido (LL) y el límite plástico (PL) son parámetros críticos para categorizar suelos cohesivos y evaluar su comportamiento frente a variaciones en el contenido de humedad. Esta prueba es esencial en proyectos de ingeniería civil, geotecnia y pavimentos, ya que las propiedades del suelo afectan directamente la estabilidad y funcionalidad de las estructuras.

El límite líquido (LL) es el contenido de humedad en el que el suelo cambia del estado plástico al estado líquido. Esta métrica se determina mediante la prueba del aparato de Casagrande, que cuantifica el número de golpes necesarios para cerrar un surco en una muestra de suelo a un nivel de humedad específico. Un límite líquido alto indica un suelo con más plasticidad y mayor susceptibilidad a la deformación.

El límite plástico (LP) significa el contenido de humedad en el que el suelo pasa de un estado plástico a la desintegración al moldearse. Esto se determina extruyendo una muestra de suelo en hilos de 3 mm de diámetro y determinando el punto de fractura. Este umbral denota el volumen mínimo de agua necesario para que el suelo mantenga su cohesión y flexibilidad.

La diferencia entre el límite líquido y el límite plástico se conoce como índice de plasticidad (PI), que mide el rango de deformación del suelo sin falla. Esta indicación es crucial para clasificar los suelos según sus propiedades plásticas y para predecir su respuesta a las fluctuaciones de humedad en condiciones de carga.

La prueba de límites de consistencia proporciona información crítica sobre las propiedades mecánicas y de deformación de los suelos. Esta información es esencial para el diseño de cimentaciones, taludes y estructuras de pavimento, ya que permite evaluar la estabilidad del suelo y determinar las condiciones óptimas para su implementación en proyectos de ingeniería.

La prueba de límites de consistencia es una herramienta crucial para comprender las propiedades de los suelos cohesivos. La implementación precisa de este procedimiento facilita la categorización del suelo, predice su comportamiento en diversas condiciones y garantiza la seguridad y estabilidad de las edificaciones construidas sobre ellos.

iii. Ensayo de análisis granulométrico: La prueba de análisis granulométrico es un procedimiento crucial para la caracterización del suelo, ya que facilita la evaluación de la distribución del tamaño de las partículas dentro de una muestra. Este ensayo es fundamental en proyectos de ingeniería civil, geotecnia y edificación, ya que la granulometría afecta directamente cualidades como la compactación, la permeabilidad, la resistencia al corte y la capacidad de carga del material.

El análisis granulométrico se puede realizar utilizando dos métodos principales: tamizado e hidrometría, dependiendo del tamaño de partícula predominante en la muestra. Para suelos compuestos de partículas gruesas, como grava y arena, se utiliza el método de tamizado, que consiste en pasar la muestra seca a través de una sucesión de tamices con aberturas progresivamente más pequeñas. Este proceso permite la segregación de partículas en fracciones discretas, registrando el peso retenido en cada tamiz para conocer el porcentaje acumulado.

La técnica de hidrometría se utiliza en suelos finos, como limos y arcillas, para evaluar el comportamiento de las partículas suspendidas en un líquido. Este método se basa en la ley de Stokes, que vincula el tiempo de sedimentación de las partículas con su tamaño. La prueba produce una curva de tamaño de partículas que ilustra toda la distribución de tamaños de partículas en el suelo.

Los resultados del análisis granulométrico se ilustran mediante una curva granulométrica, que asocia el porcentaje acumulado de partículas más finas con sus tamaños. Esta curva es una herramienta esencial para clasificar suelos según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS) o clasificación AASHTO, y para evaluar su efectividad en diversas aplicaciones.

Los datos obtenidos de esta prueba son cruciales para el diseño estructural, ya que facilita la evaluación de la idoneidad del suelo para ciertas aplicaciones, como subbase o material base granular, relleno compactado o capas de soporte de pavimento. Además, el análisis granulométrico ayuda a detectar posibles

problemas de estabilidad del suelo, como la susceptibilidad a la erosión y la eficiencia del drenaje.

En resumen, el análisis granulométrico es una técnica crucial para evaluar las propiedades físicas de los suelos. La correcta aplicación garantiza que el material seleccionado cumpla con los estándares técnicos del proyecto, asegurando así la calidad y durabilidad de las estructuras construidas con estos materiales.

- iv. Proctor modificado: La prueba Proctor Modificada es un procedimiento estandarizado utilizado en geotécnica e ingeniería civil para determinar la densidad seca máxima y el contenido de humedad ideal del suelo. Esta prueba es fundamental para el desarrollo del proyecto, ya que determina los parámetros necesarios para una exitosa compactación del suelo, asegurando así la estabilidad y durabilidad de las edificaciones construidas sobre él.

La prueba Proctor modificada es una variación de la prueba Proctor estándar que utiliza energía de compactación mejorada. Esto se logra aumentando el número de golpes y utilizando un martillo más robusto en una elevación más alta del molde. Estas condiciones replican los estándares de compactación esenciales para proyectos de infraestructura de alto rendimiento, como aeropuertos, carreteras y represas.

El procedimiento comienza con la generación de muchas muestras de suelo que exhiben diversos niveles de contenido de humedad. Los materiales se compactan dentro de un molde cilíndrico utilizando un martillo de 4,54 kilogramos (10 libras), que se deja caer desde una altura de 457 mm (18 pulgadas). El suelo comprimido se divide en cinco estratos, cada capa sometida a 25 impactos. Después de compactar cada muestra, se evalúa su densidad seca y se mide el contenido de humedad.

Los datos obtenidos se muestran visualmente en una curva que relaciona la densidad seca con el contenido de humedad. El pico de la curva indica la densidad

seca máxima, mientras que el nivel de humedad en este punto denota el contenido de humedad óptimo. Estas cifras son fundamentales para establecer criterios de compactación en el campo, asegurando que el suelo alcance su resistencia y estabilidad óptimas.

La prueba Proctor Modificada es esencial para proyectos que requieren suelos altamente compactados, ya que una compactación insuficiente puede provocar asentamiento, reducción del soporte estructural o falla prematura. La compactación del suelo según estos criterios mejora significativamente su capacidad de carga y su resistencia a la deformación.

El Proctor modificado es una herramienta crucial para evaluar y controlar la compactación del suelo en proyectos de ingeniería. Esta evaluación proporciona información crítica para mejorar la efectividad del material y garantizar la seguridad y durabilidad de las estructuras construidas.

- v. CBR: La prueba California Bearing Ratio (CBR) es un método estandarizado utilizado en ingeniería geotécnica para evaluar la capacidad de carga de suelos y materiales granulares. Esta prueba proporciona una evaluación cuantitativa de la resistencia del suelo a las cargas aplicadas, en comparación con la resistencia de un material de referencia superior. Los datos recopilados son fundamentales para el desarrollo de pavimentos y estructuras dependientes del comportamiento del suelo como soporte fundamental.

El método de prueba CBR se realiza en un laboratorio bajo condiciones controladas. El procedimiento consiste en comprimir una muestra de suelo en un molde cilíndrico hasta un nivel de compactación específico, a menudo al 100% o 95% de la densidad seca máxima determinada por la prueba Proctor. Posteriormente, la muestra compactada es sometida a una fuerza aplicada por un pistón que penetra en el material a velocidad constante. Durante esta técnica, se

miden las fuerzas necesarias para lograr penetraciones específicas de 2,5 mm y 5 mm.

El resultado de la prueba se expresa como un porcentaje, obtenido comparando las cargas medidas con las cargas estándar de un material de referencia. Un valor alto de CBR indica suficiente capacidad de carga del suelo, mientras que un valor bajo sugiere la necesidad de estabilización o refuerzo antes del uso estructural.

El ensayo podrá realizarse en suelos en su forma natural, saturados o compactados, según los objetivos del estudio. Los valores obtenidos se emplean para determinar espesores de capas en pavimentos, evaluar la resistencia de bases y subbases y predecir el comportamiento del suelo bajo cargas de tráfico.

En conclusión, la prueba CBR es una herramienta crucial para evaluar suelos y materiales granulares. La correcta aplicación garantiza que los materiales seleccionados cumplen con los estándares de capacidad portante necesarios, mejorando así el diseño y asegurando la durabilidad de las estructuras construidas sobre ellos.

3.8 Procesamiento y análisis de datos

El procesamiento y análisis de datos es una fase crucial en cualquier investigación, ya que convierte la información recopilada en resultados significativos y prácticos para abordar las inquietudes planteadas. Este proceso es una serie de métodos organizados y sistemáticos que garantizan la calidad, coherencia y precisión de los datos, lo que permite sacar conclusiones informadas y respaldar la toma de decisiones.

El procesamiento de datos comienza con la organización y refinamiento de la información recopilada. Esto implica examinar datos para identificar y corregir errores, eliminar elementos ausentes o conflictivos y estandarizar formatos para garantizar la coherencia. Este paso es crucial para garantizar que los análisis posteriores se basen en información confiable y precisa.

Los datos se someten a análisis estadístico o cualitativo, según la naturaleza del estudio. La investigación cuantitativa utiliza herramientas estadísticas para identificar patrones, relaciones y tendencias utilizando técnicas como promedios, desviación estándar, correlaciones y análisis de regresión. Los estudios cualitativos priorizan el análisis de textos, imágenes o datos descriptivos para identificar temas recurrentes o desarrollar conceptos.

La representación gráfica es crucial para el análisis, ya que permite la visualización de los resultados. Los gráficos, tablas y diagramas permiten la identificación obvia de patrones y conexiones, mejorando la accesibilidad de los resultados tanto para los académicos como para el público externo.

Los datos finalmente se analizan para ofrecer contexto dentro del marco teórico de la investigación. Esto implica comparar los resultados con estudios anteriores, discutir las implicaciones de las conclusiones y sugerir recomendaciones o ideas para estudios futuros.

En esencia, el procesamiento y análisis de datos es una técnica integral que garantiza la exactitud de los resultados y permite la transformación de datos sin procesar en información significativa. La ejecución precisa es crucial para obtener conclusiones informadas y avanzar en el conocimiento en el dominio de estudio.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Presentación y análisis de resultados

La presentación y análisis de resultados es la etapa de la investigación en la que se organiza, dilucida y examina los datos recopilados, produciendo hallazgos significativos que cumplen con los objetivos definidos. Durante esta fase, los datos se presentan de forma clara y sistemática mediante tablas, gráficos y diagramas, lo que mejora la comprensión y resalta patrones, tendencias o relaciones importantes. Esta presentación realiza un análisis crítico que sitúa los datos dentro de un marco teórico, los contrasta con investigaciones anteriores y formula conclusiones que aumentan el uso del estudio. Esta estrategia es esencial para comunicar eficazmente los hallazgos y validar las recomendaciones o conclusiones derivadas de la investigación completa.

a. Presencia de humedad

La humedad del suelo es un elemento crucial que influye directamente en sus características físicas y mecánicas. Esta frase denota el volumen de agua presente en los poros del material, que puede afectar propiedades críticas como la cohesión, la densidad y la capacidad de carga. La medición es crucial en investigaciones geotécnicas y proyectos de ingeniería civil, ya que facilita la evaluación del comportamiento del suelo bajo diferentes condiciones de carga y humedad.

Tabla 3

Cantidad de humedad presente en las muestras recolectadas

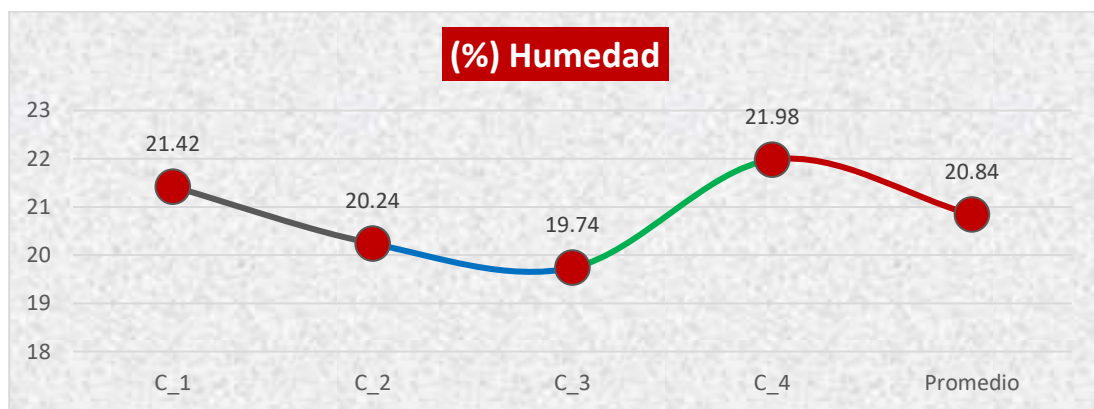
Presencia de humedad en las muestras (%)	
Calicata	(%) Humedad
C_1	21.42
C_2	20.24
C_3	19.74
C_4	21.98
Promedio	20.84

Nota: Resultados de laboratorio

Se presenta un resumen de la presencia de humedad en cuatro calicatas evaluadas, expresada en porcentaje. Los valores obtenidos para las muestras varían entre 19.74% y 21.98%, con un promedio general de 20.84%, lo que permite identificar el nivel de humedad predominante en las muestras analizadas.

Figura 2

Cantidad de humedad en los suelos analizados



El gráfico muestra los niveles de humedad medidos en los suelos analizados, destacando las variaciones entre las fosas evaluadas (C-1, C-2, C-3 y C-4) junto con sus promedios. Los resultados indican que la humedad inicial en C-1 fue de 21,42%, la cual luego bajó a 20,24% en C-2 y 19,74% en C-3. Se observa un aumento significativo en el C-4, alcanzando el 21,98%. El promedio global calculado para las muestras es del 20,84%. Estas modificaciones nos permiten identificar variaciones en las condiciones de humedad de los suelos analizados, que pueden influir en su comportamiento y propiedades mecánicas.

b. Análisis granulométrico

Figura 3

Clasificación de partículas en la muestra 1

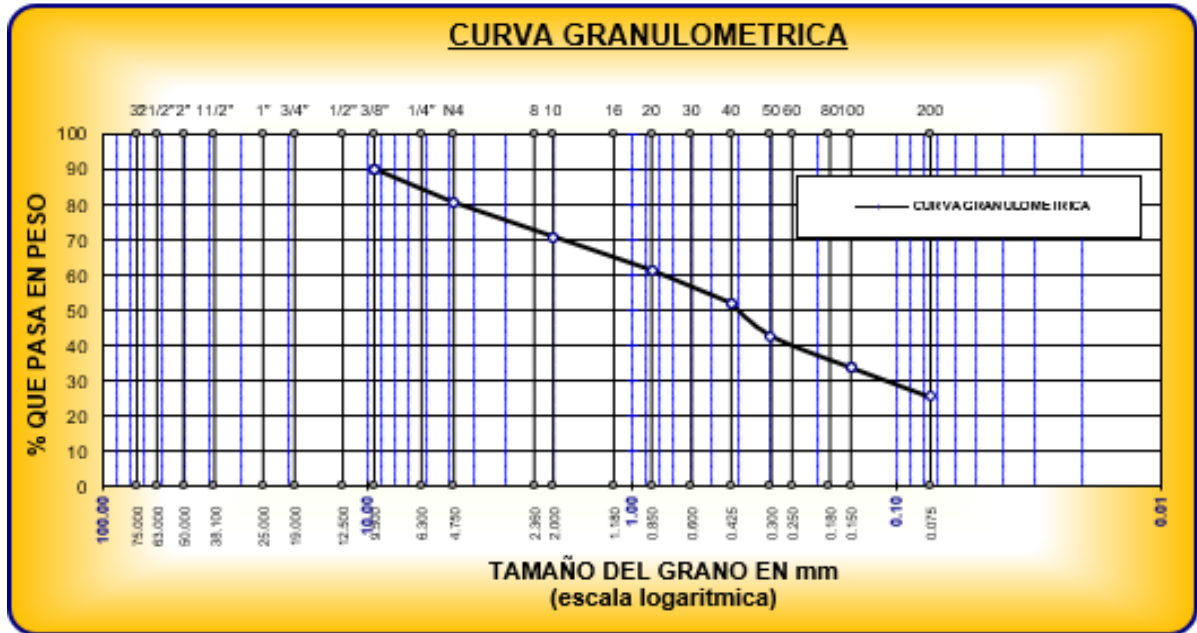


Figura 4

Clasificación de partículas en la muestra 2

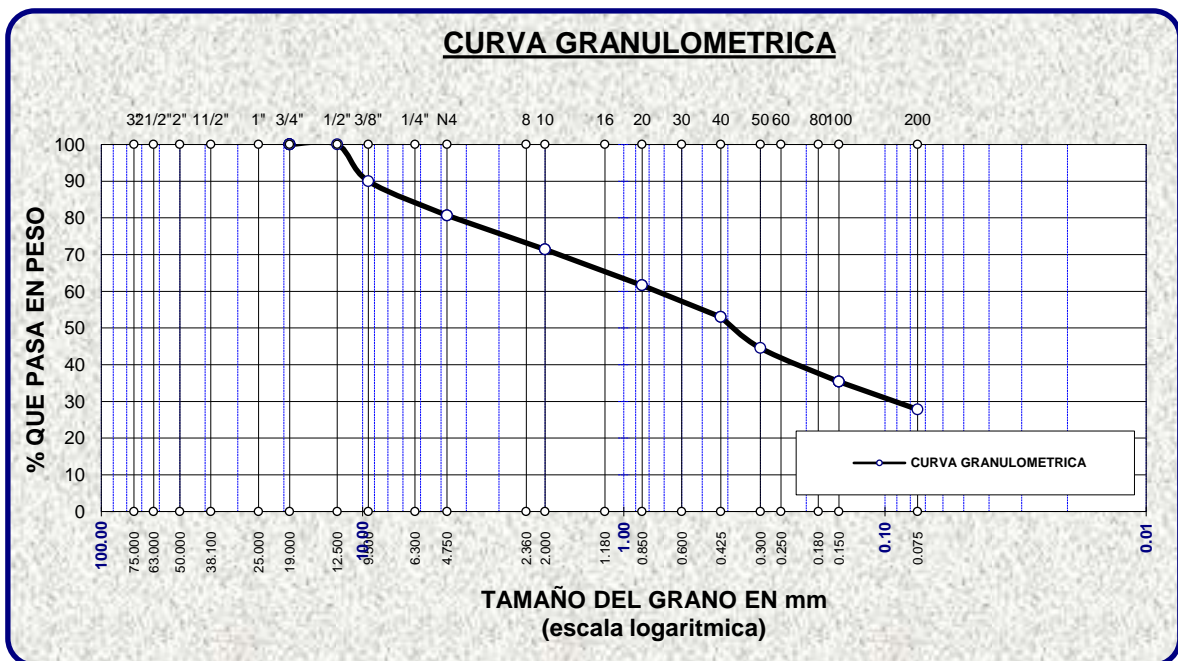


Figura 5

Clasificación de partículas en la muestra 3

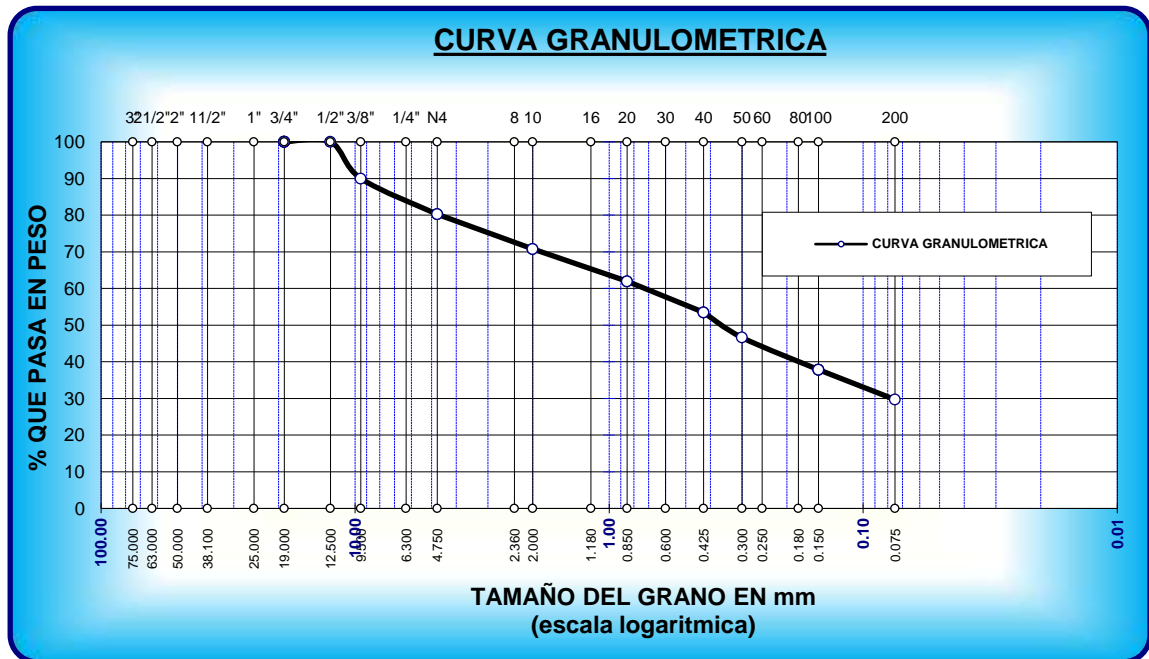
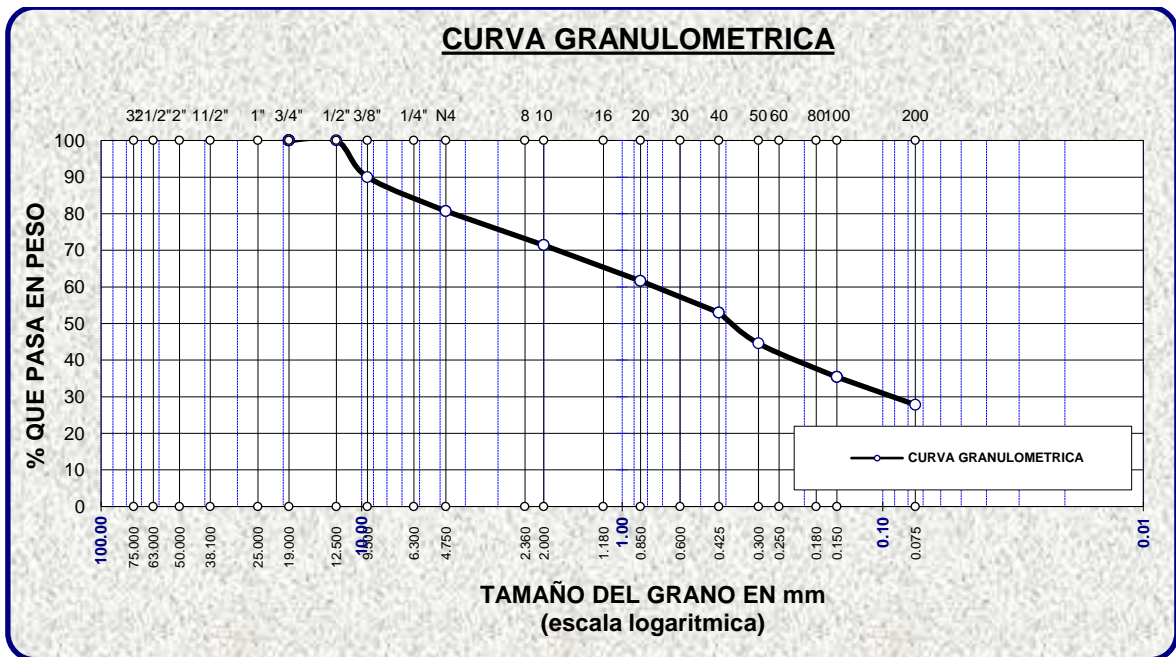


Figura 6

Clasificación de partículas en la muestra 4



c. Índice de plasticidad

Tabla 4

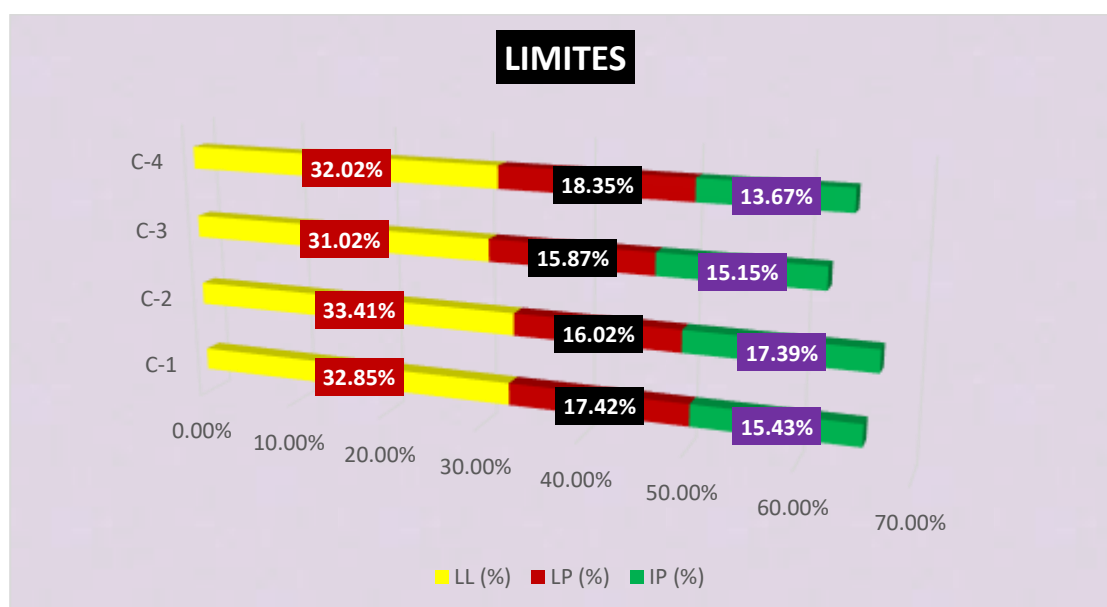
Índice plástico de las muestras- naturales

Calicata	Límites de Atterberg–Subrasante		
	LL (%)	LP (%)	IP (%)
C-1	32.85%	17.42%	15.43%
C-2	33.41%	16.02%	17.39%
C-3	31.02%	15.87%	15.15%
C-4	32.02%	18.35%	13.67%
Promedio	-	-	15.41%

Se muestran los resultados de los límites de Atterberg obtenidos para la subrasante en cuatro calicatas analizadas. Los valores incluyen el límite líquido (LL), límite plástico (LP) e índice plástico (IP), con promedios respectivos de 32.82% (LL), 16.92% (LP) y 15.41% (IP). Estos datos permiten evaluar las características de plasticidad del suelo, útiles para determinar su comportamiento frente a cargas y cambios de humedad.

Figura 7

Comparativa de los límites alcanzados



La imagen ilustra una comparación del límite líquido, el límite plástico y el índice de plasticidad en los pozos examinados (C-1, C-2, C-3 y C-4), representados en barras apiladas para una mejor visualización. Los valores del límite líquido varían desde el 31,02%

en C-3 hasta el 33,41% en C-2, y el límite plástico abarca desde el 15,87% en C-2 hasta el 18,35% en C-4. El índice de plasticidad presenta variaciones matizadas, con valores mínimos de 13,67% en C-4 y valores máximos de 17,39% en C-1. Esta representación facilita la identificación de las características específicas de los suelos analizados en cuanto a su respuesta a las variaciones de humedad y deformación, lo cual es crucial para la evaluación geotécnica.

4.1.1 Grado de compactación muestra 1 (calle Ignacio Miranda cdra 2)

Tabla 5

Compactación y sus grados (subrasante)

Grado de Compactación – Subrasante		
Calicata	MDS (gr/cc)	OCH (%)
C-1.1	1.765	9.50
C-1.2	1.762	9.32
C-1.3	1.772	9.95
C-1.4	1.760	10.19
Promedio	1.765	9.74

Se detallan los resultados del grado de compactación de la subrasante en cuatro calicatas, evaluados mediante la densidad máxima seca (MDS, gr/cc) y el contenido óptimo de humedad (OCH, %). Los valores de MDS oscilan entre 1.760 gr/cc y 1.772 gr/cc, con un promedio de 1.765 gr/cc. En cuanto al OCH, varía entre 9.32% y 10.19%, obteniendo un promedio de 9.74%. Estos datos son clave para determinar la calidad de compactación y su capacidad para soportar cargas estructurales.

Figura 8

Asociación entre humedad y densidad del material muestra 1.1

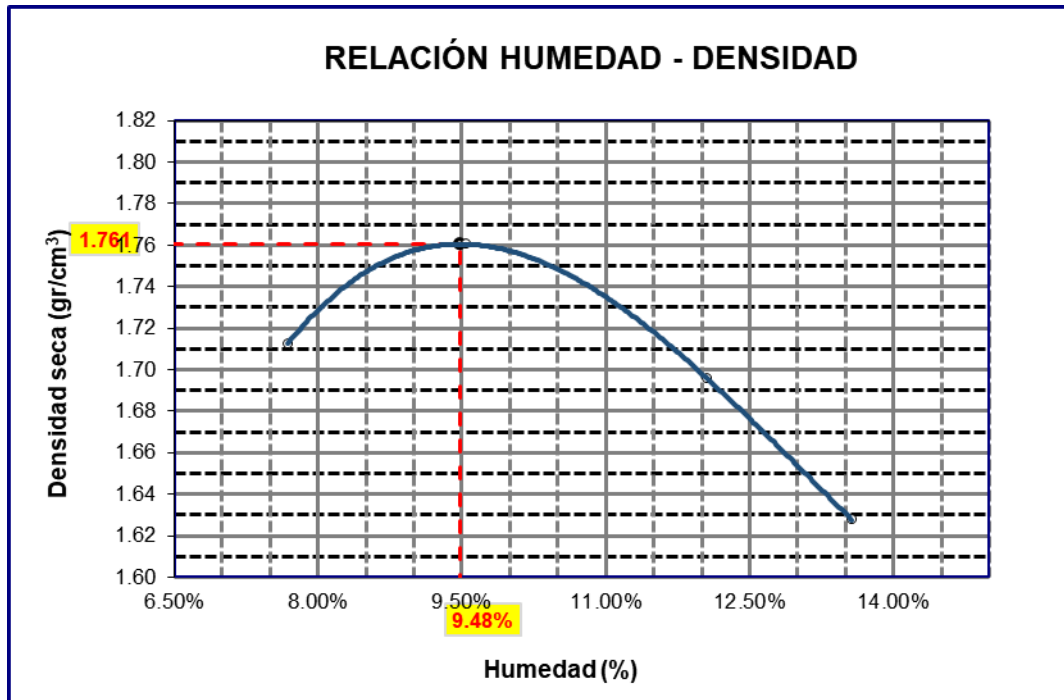


Figura 9

Asociación entre humedad y densidad del material muestra 1.2

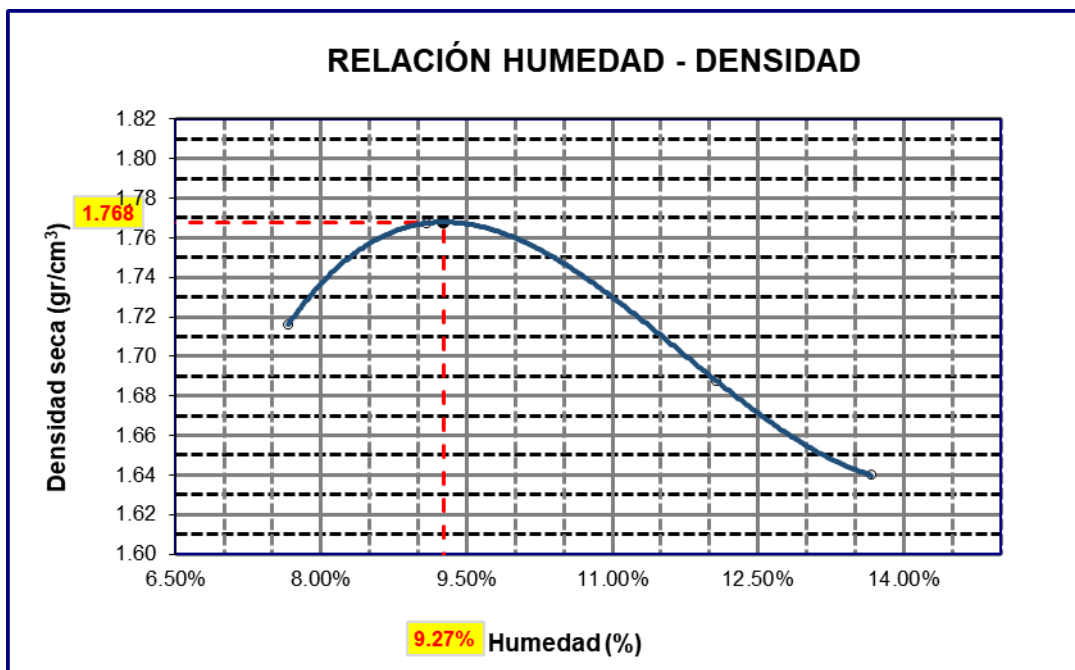


Figura 10

Asociación entre humedad y densidad del material muestra 1.3

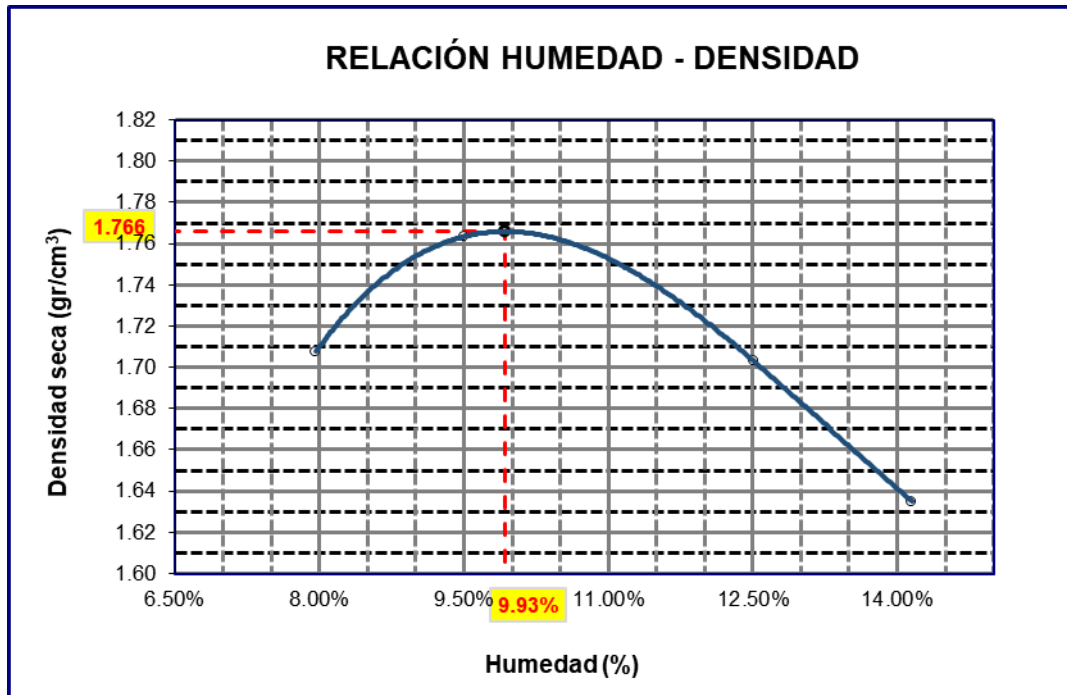


Figura 11

Asociación entre humedad y densidad del material muestra 1.4

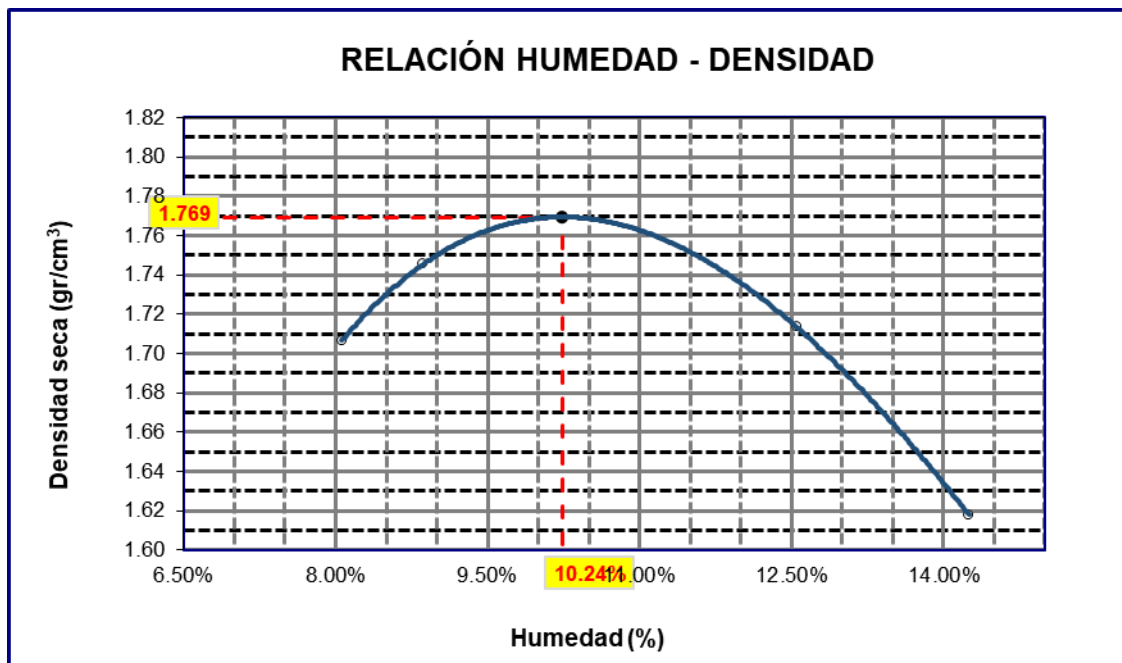
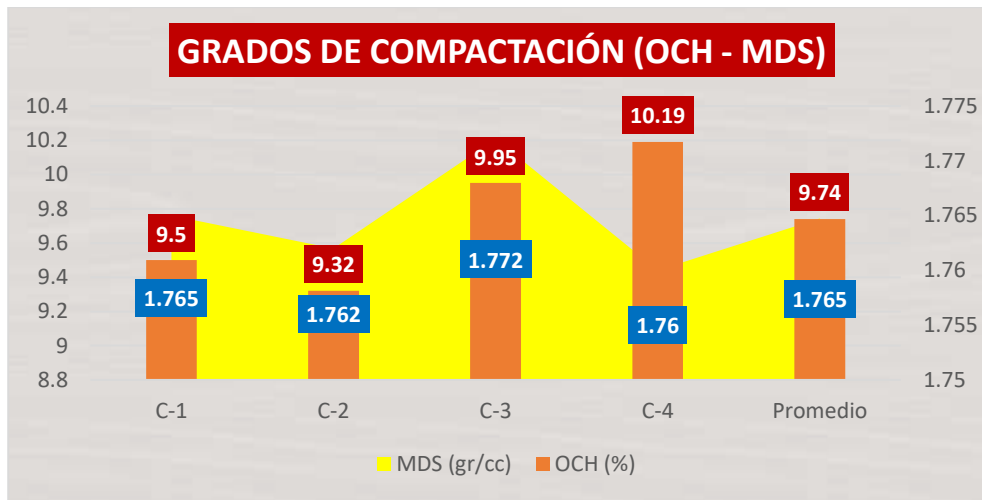


Figura 12

Conexión entre humedad y densidad en estudios de suelos (calle Ignacio Miranda cdra 2)



El gráfico ilustra los niveles de compactación de las muestras examinadas, mostrando la densidad seca máxima (MDS) en gramos por centímetro cúbico y el contenido de humedad óptimo (OCH) en %. Los hallazgos revelan que el OCH fluctúa desde 9,32% en C-2 hasta 10,19% en C-4, y el MDS varía desde 1,762 g/cc en C-2 hasta 1,772 g/cc en C-3. El promedio acumulado de las muestras indica un OCH de 9,74% y un MDS de 1,765 g/cc. Este modelo permite observar la relación entre ambos parámetros, ofreciendo información esencial sobre el comportamiento de los materiales compactados en diversas circunstancias.

a. Capacidad de soporte muestra 1 (calle Ignacio miranda cdra 2)

Tabla 6

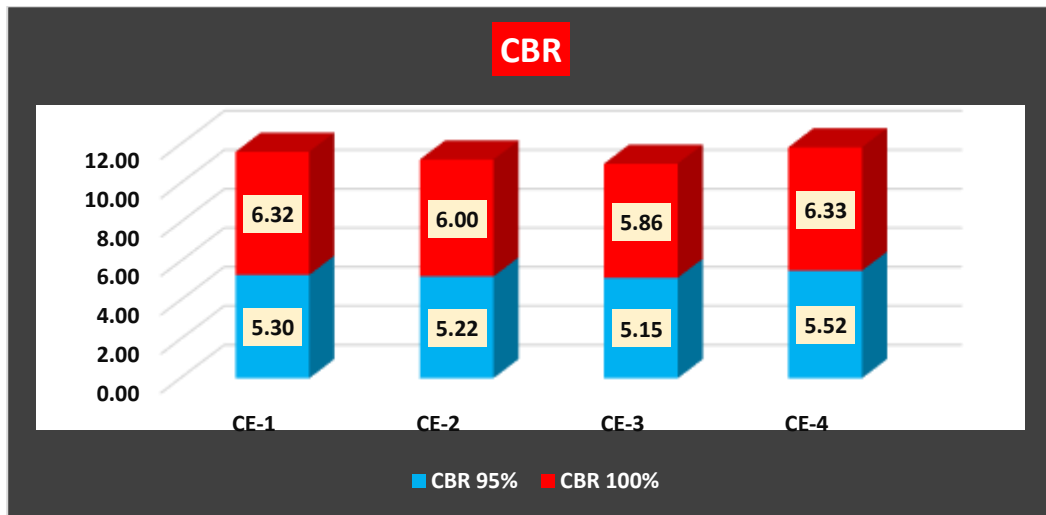
CBR en la subrasante de suelo natural

CBR-Suelo		
Punto Exploratorio	CBR 95%	CBR 100%
CE-1.1	5.30	6.32
CE-1.2	5.22	6.00
CE-1.3	5.15	5.86
CE-1.4	5.52	6.33

La tabla presenta los valores derivados del ensayo CBR realizado sobre la subrasante de suelo natural, evaluado en dos niveles de compactación: 95% y 100%. Los puntos exploratorios (CE-1.1, CE-1.2, CE-1.3 y CE-1.4) presentan variaciones en los resultados, con valores de CBR del 95% fluctuando entre 5.15 (CE-1.3) y 5.52 (CE-1.4), mientras que a 100 %, los resultados oscilan entre 5,86 (CE-1,3) y 6,33 (CE-1,4). Las estadísticas indican que la capacidad de soporte del suelo aumenta con una mayor compactación, lo que subraya la necesidad de optimizar la densificación en proyectos que dependen de la estabilidad de los materiales de subrasante.

Figura 13

CBR en la subrasante de suelo muestra 1 (calle Ignacio miranda cdra 2)



El gráfico muestra los valores de CBR obtenidos de la subrasante de suelo de la muestra 1, ubicada en la calle Ignacio Miranda, cuadra 2, en dos niveles de compactación: 95% y 100%. Los hallazgos revelan inconsistencias entre las distintas regiones evaluadas (CE-1, CE-2, CE-3 y CE-4). Al 95% de compactación los valores varían de 5.15 (CE-3) a 5.52 (CE-4), y al 100% de compactación los valores se registran entre 6.00 (CE-2) y 6.33 (CE-4). La representación gráfica demuestra claramente el aumento de la capacidad de soporte con niveles elevados de compactación, subrayando la necesidad de lograr condiciones óptimas para aumentar la eficacia estructural del suelo en los esfuerzos de infraestructura.

4.1.2 CBR del suelo de la subrasante muestra 2 (calle 24 de octubre cdra 1)

Tabla 7

Compactación en la subrasante muestra numero 2 (calle 24 de octubre cdra 1)

OCH Y MDS		
Punto Exploratorio	OCH (%)	MDS (gr/cm3)
CE-2.1	10.45	1.984
CE-2.1	10.40	1.991
CE-2.1	10.49	1.980
CE-2.1	10.38	1.995

Figura 14

Influencia mutua entre densidad y humedad en CE-2.1

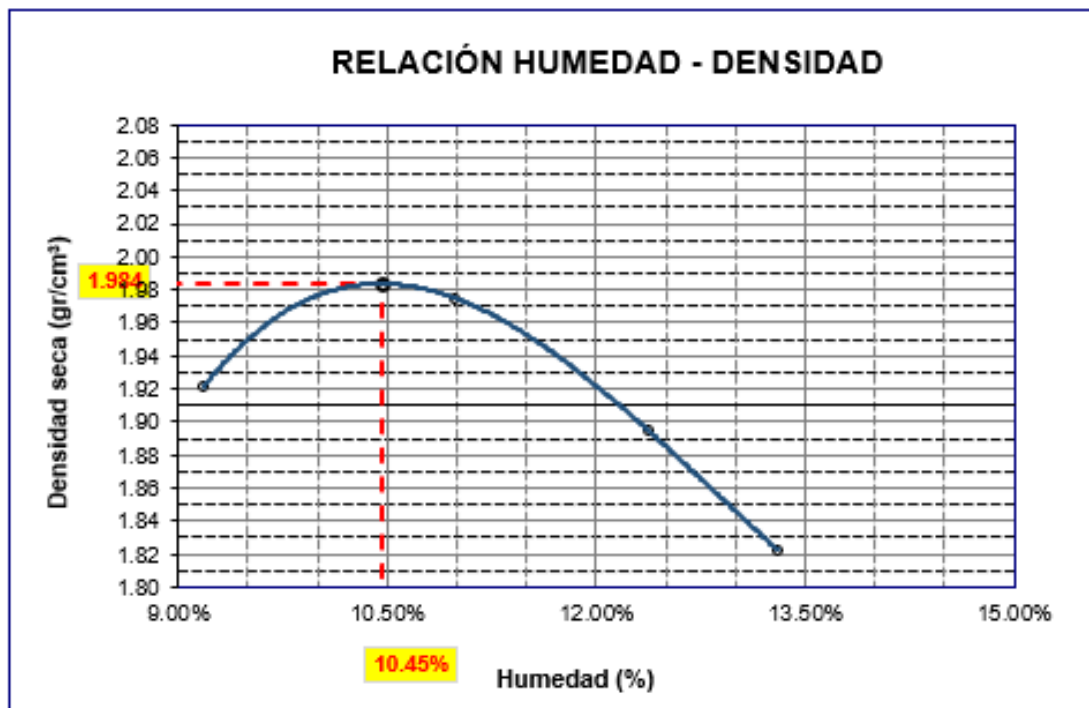


Figura 15

Influencia mutua entre densidad y humedad en muestra 2.2

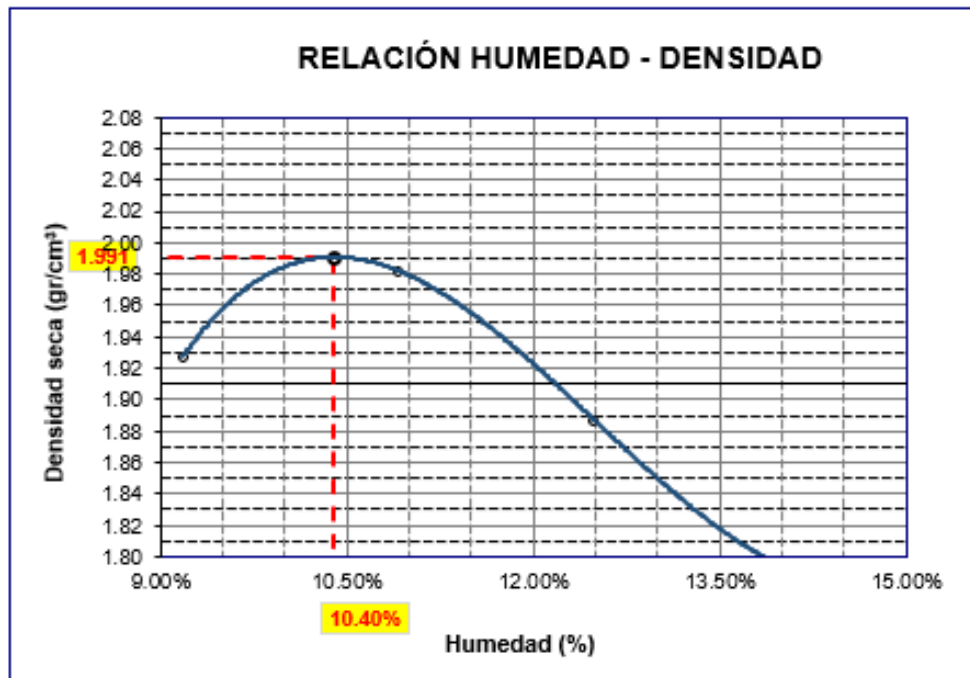


Figura 16

Influencia mutua entre densidad y humedad en muestra 2.3

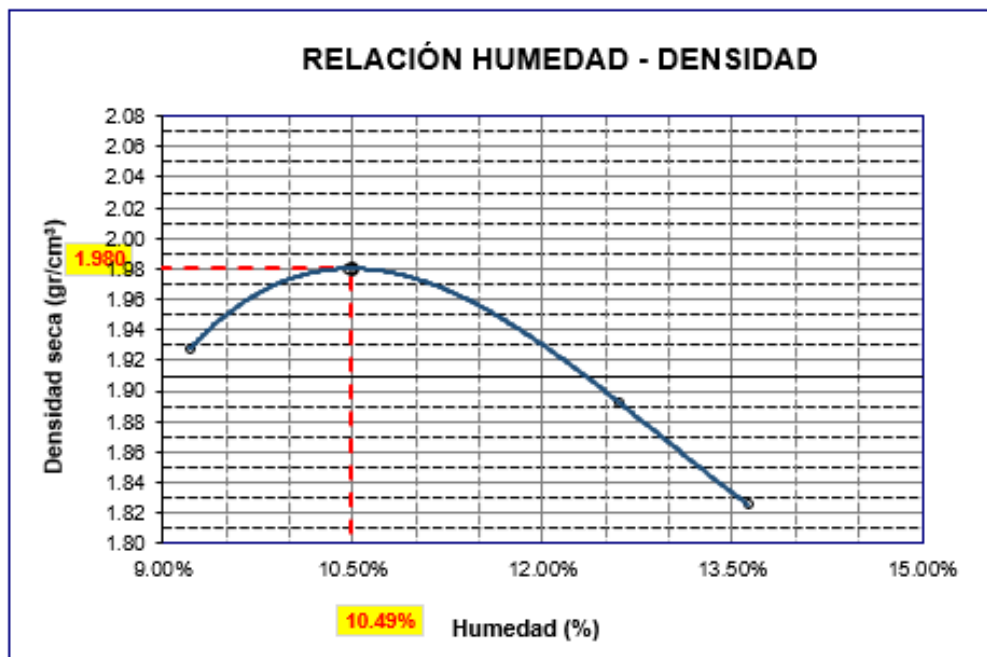


Figura 17

Influencia mutua entre densidad y humedad en muestra 2.4

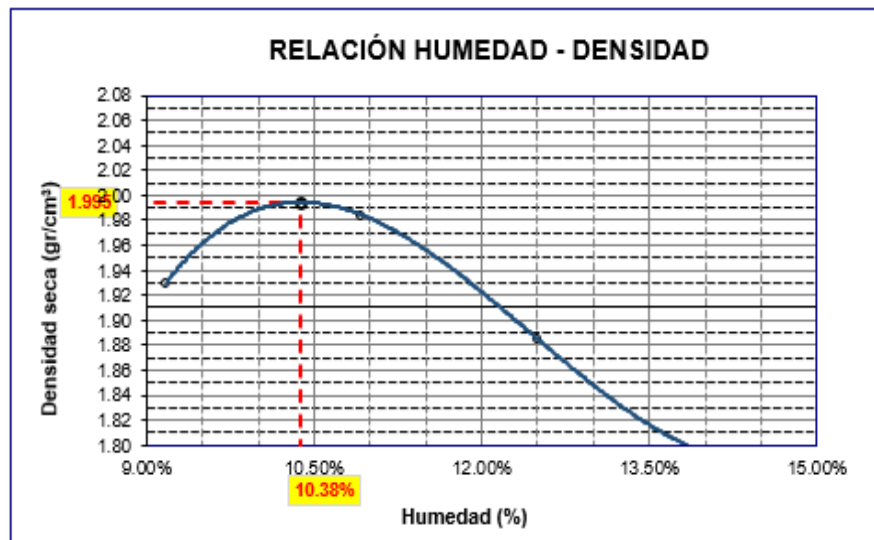
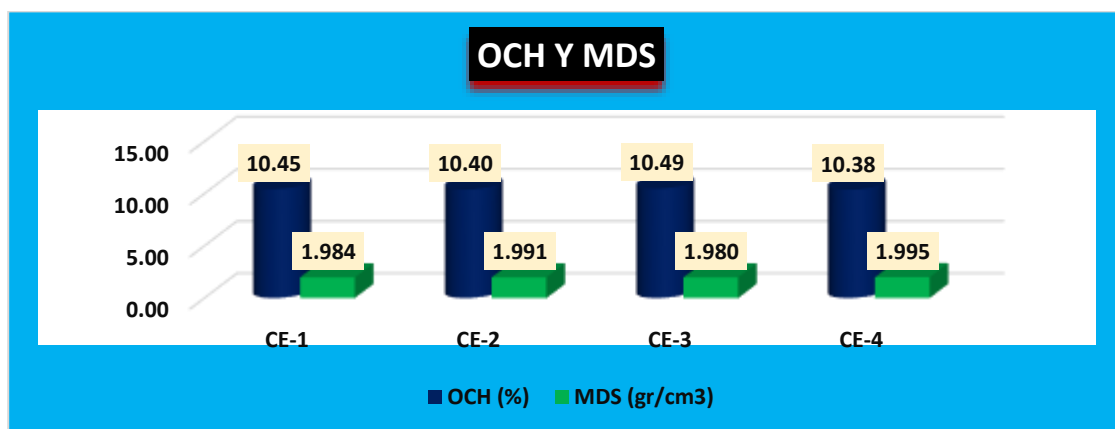


Figura 18

Compactación en la subrasante muestra 2 (calle 24 de octubre cdra 1)



El gráfico muestra los valores de compactación obtenidos de la subrasante de la muestra 2, ubicada en la Calle 24 de octubre, bloque 1. Se analizan dos características principales: el Contenido Óptimo de Humedad (CMO) expresado como porcentaje y la Densidad Seca Máxima (MDD) cuantificada, en gramos por centímetro cúbico. Los resultados indican que el OCH varía desde 10,38% en CE-4 hasta 10,49% en CE-3, y el MDS abarca desde 1.980 g/cm³ en CE-3 hasta 1.995 g/cm³ en CE-4. Los resultados indican un patrón consistente en las propiedades del material, destacando la relación entre humedad y densidad para lograr una compactación adecuada en condiciones específicas.

Tabla 8

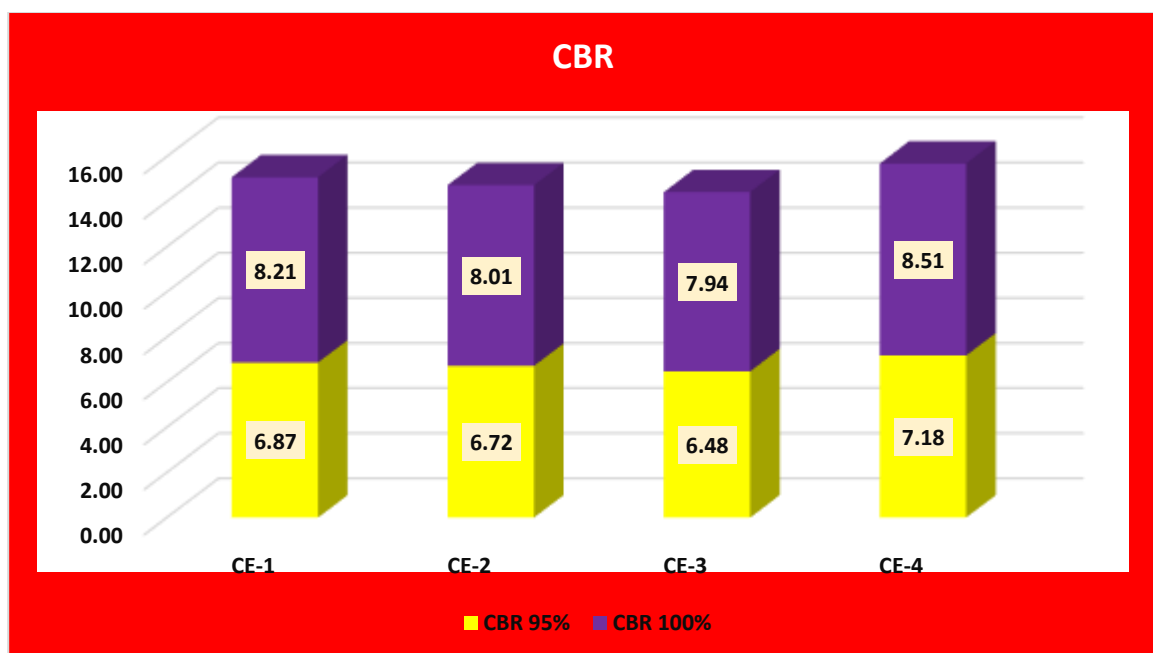
CBR en la subrasante muestra 2 (calle 24 de octubre cdra 1)

Punto Exploratorio	CBR	
	CBR 95%	CBR 100%
CE-1	6.87	8.21
CE-2	6.72	8.01
CE-3	6.48	7.94
CE-4	7.18	8.51

La tabla presenta los resultados de la prueba California Bearing Ratio (CBR) realizada en la subrasante vinculada a la muestra 2, ubicada en la calle 24 de octubre, manzana 1. Los datos fueron analizados en dos niveles de compactación: 95% y 100%, evaluados a cuatro ubicaciones exploratorias (CE-1, CE-2, CE-3 y CE-4). Al 95% de compactación, los valores van desde 6,48 (CE-3) hasta 7,18 (CE-4); por el contrario, al 100% de compactación se registraron valores superiores, oscilando entre 7,94 (CE-3) y 8,51 (CE-4). Esta mejora ilustra que una mayor compactación mejora la capacidad de carga del suelo, proporcionando características críticas para el análisis estructural de la subrasante.

Figura 19

CBR en la subrasante muestra 2 (calle 24 de octubre cdra 1)



El gráfico muestra los valores de CBR obtenidos de la subrasante de la muestra 2, ubicada en la calle 24 de octubre, cuadra 1, en dos niveles de compactación: 95% y 100%. En los sitios exploratorios (CE-1, CE-2, CE-3 y CE-4), los valores de compactación al 95% varían de 6.48 en CE-3 a 7.18 en CE-4, mientras que al 100% los valores oscilan entre 7,94 en CE-3 y 8,51 en CE-4. La imagen demuestra la mejora significativa en la capacidad de carga del suelo al aumentar la compactación, destacando la necesidad de lograr una compactación adecuada para un desempeño estructural óptimo del material.

4.1.3 CBR de la muestra numero 3 (Jr Víctor Velásquez)

Tabla 9

Compactación en la subrasante muestra 3 (Jr Víctor Velásquez)

OCH Y MDS		
Punto Exploratorio	OCH (%)	MDS (gr/cm³)
CE-3.1	10.49	2.026
CE-3.2	10.58	2.005
CE-3.3	10.58	2.001
CE-3.4	10.39	3.030

La tabla presenta los resultados de compactación obtenidos de la subrasante de la muestra 3, vinculada a la calle Víctor Velásquez. Se evaluaron dos parámetros críticos: Contenido Óptimo de Humedad (CMO) y Densidad Seca Máxima (MDD), analizados en cuatro sitios exploratorios (CE-3.1, CE-3.2, CE-3.3 y CE-3.4). Los valores de OCH variaron desde 10,39% en CE-3.4 hasta 10,58% en CE-3.2 y CE-3.3, mientras que el MDS varió desde 2.001 g/cm³ en CE-3.3 hasta 2.030 g/cm³ en CE-3.4. Estos hallazgos nos permiten determinar la relación entre la humedad y la densidad del suelo, proporcionando información crítica para optimizar los parámetros de compactación en proyectos de infraestructura.

Figura 20

Influencia mutua entre densidad y humedad muestra 3.1

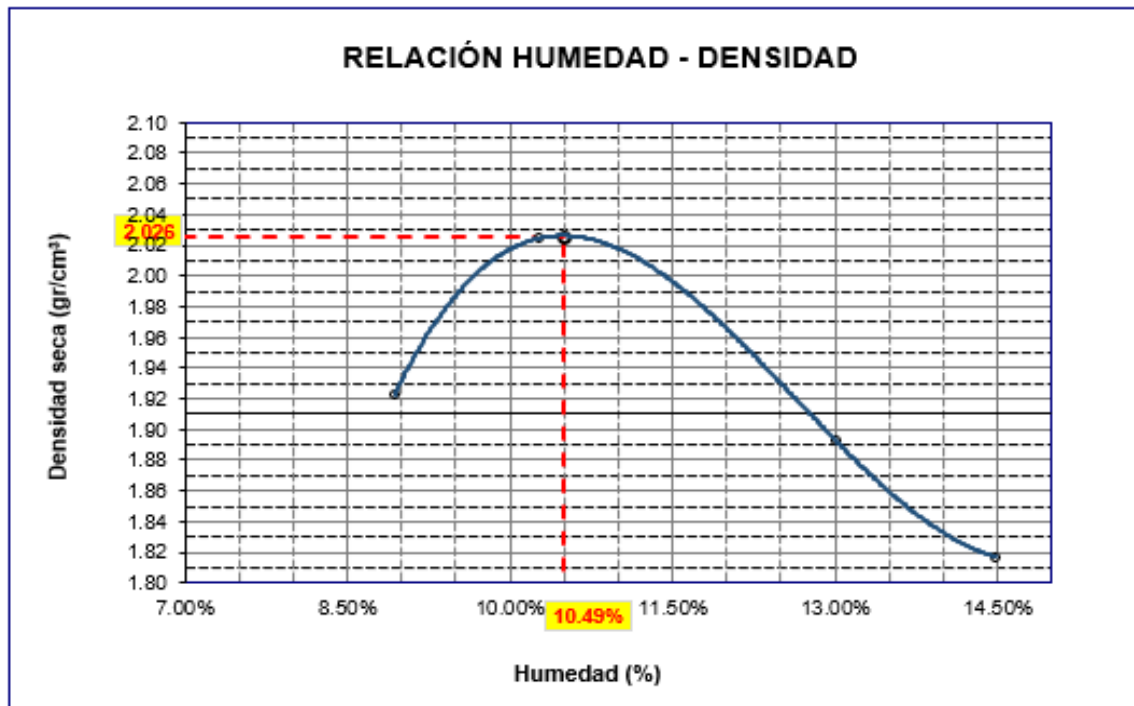


Figura 21

Influencia mutua entre densidad y humedad muestra 3.2

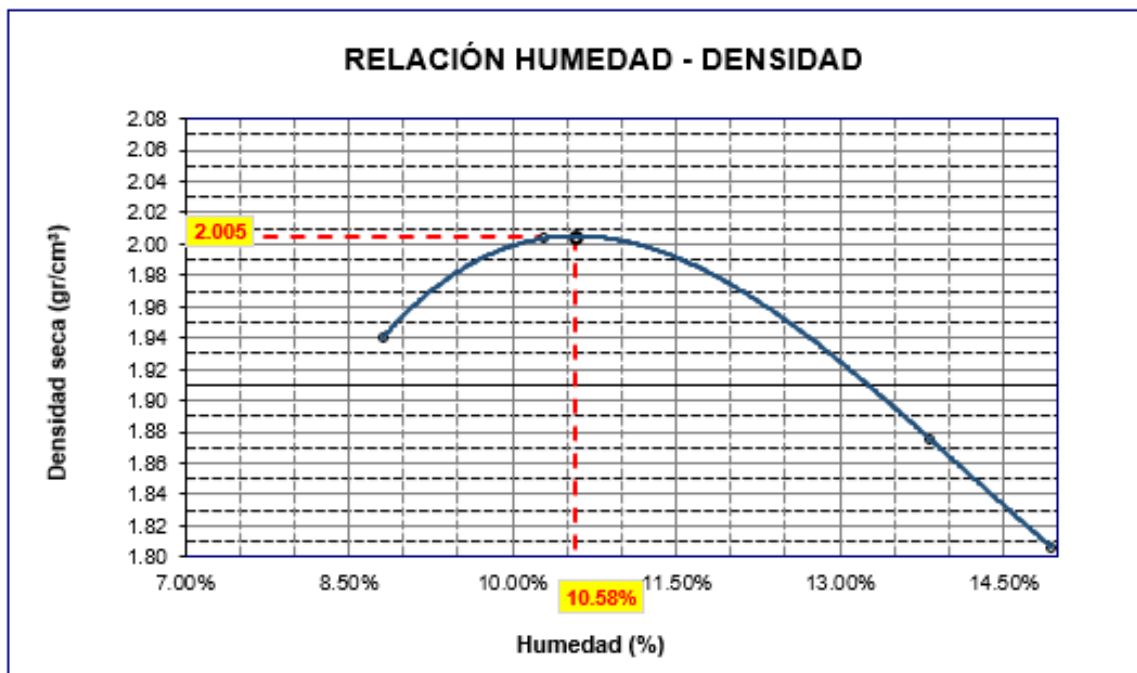


Figura 22

Influencia mutua entre densidad y humedad muestra 3.3

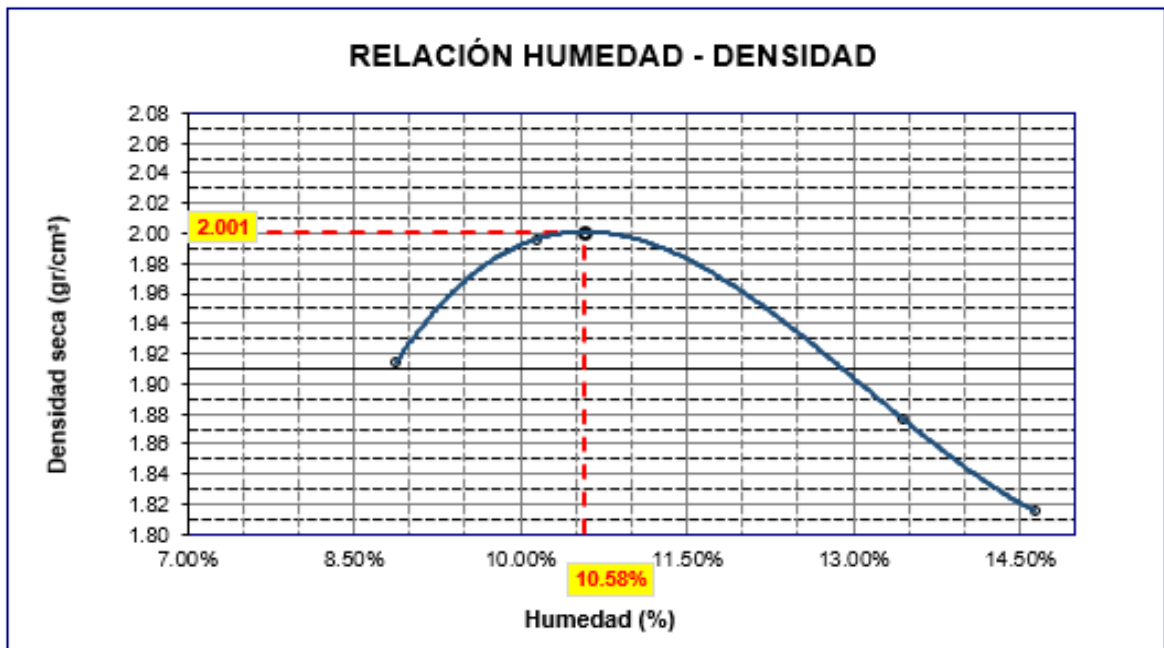


Figura 23

Influencia mutua entre densidad y humedad muestra 3.4

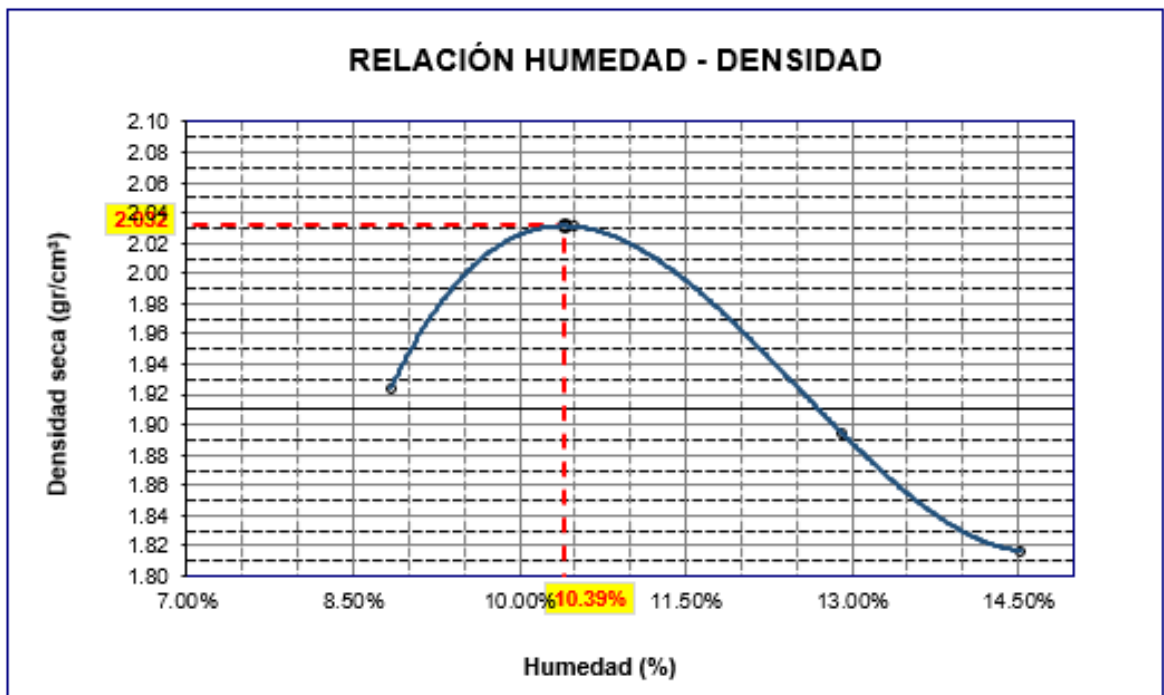
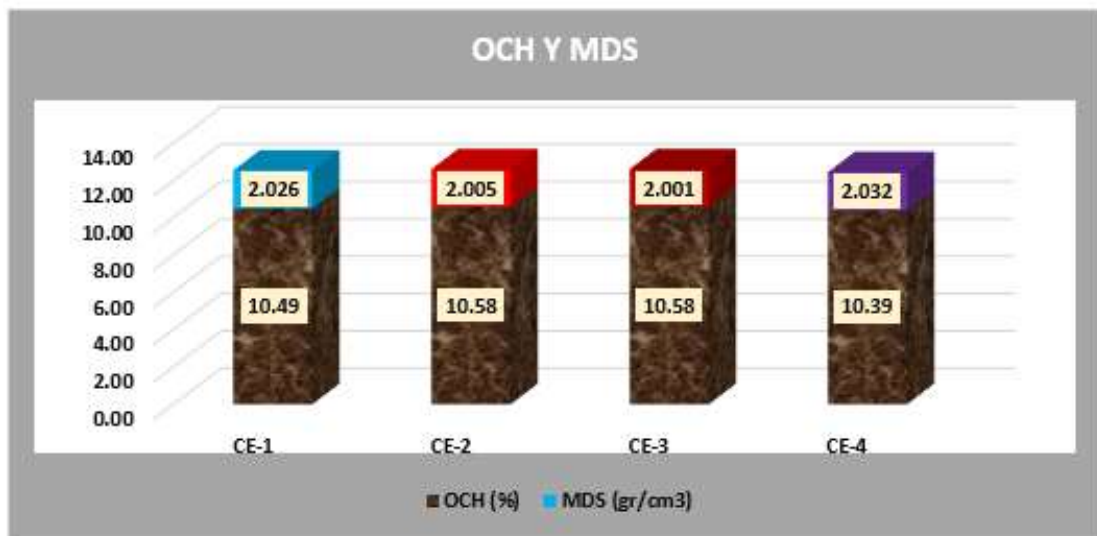


Figura 24

Compactación en la subrasante muestra 3 (Jr Víctor Velásquez)



La gráfica muestra los resultados de compactación obtenidos de la subrasante de la muestra 3, ubicada en la calle Víctor Velásquez. Se analizan dos atributos principales: el Contenido Óptimo de Humedad (CMO) expresado como porcentaje y la Densidad Máxima Seca (MDD) cuantificada en gramos por centímetro cúbico. Los valores de OCH van desde 10,39% en CE-4 hasta 10,58% en CE-2 y CE-3, mientras que el MDS fluctúa desde 2,001 g/cm³ en CE-3 hasta 2,032 g/cm³ en CE-4. Esta representación gráfica facilita la visualización de la asociación entre humedad y densidad, destacando las características de compactación del suelo en varios lugares analizados, información crucial para mantener la integridad estructural de los materiales en proyectos de construcción.

Tabla 10

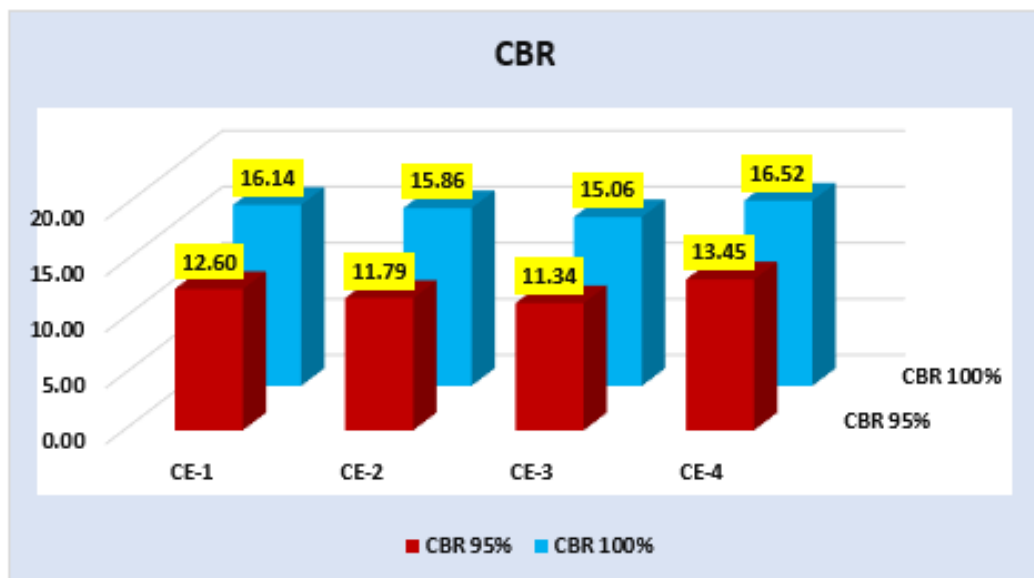
CBR en la subrasante muestra numero 3 (Jr Víctor Velásquez)

Punto Exploratorio	CBR	
	CBR 95%	CBR 100%
CE-1	12.60	16.14
CE-2	11.79	15.86
CE-3	11.34	15.06
CE-4	13.45	16.52

La tabla muestra los resultados de la prueba CBR realizada en la subrasante vinculada a la muestra número 3, ubicada en la calle Víctor Velásquez, considerando dos niveles de compactación: 95% y 100%. Al nivel de compactación del 95% los valores oscilan entre 11,34 en el punto CE-3 y 13,45 en CE-4. En plena compactación, las cifras aumentan de 15,06 en CE-3 a 16,52 en CE-4. Los hallazgos demuestran una mejora significativa en la capacidad de carga del suelo a densidades más altas, lo cual es esencial para evaluar el desempeño estructural del material en proyectos de infraestructura.

Figura 25

CBR en la subrasante muestra numero 3 (Jr Víctor Velásquez)



La gráfica muestra los resultados obtenidos de la prueba CBR realizada en la subrasante de la muestra número 3, ubicada en la calle Víctor Velásquez. Se evaluaron dos niveles de compactación: 95% y 100%, mostrados por las barras roja y azul, respectivamente. Al 95% de compactación los valores oscilaron entre 11,34 en el punto CE-3 y 13,45 en CE-4; sin embargo, al 100% de compactación los resultados aumentaron, oscilando entre 15,06 en CE-3 y 16,52 en CE-4. El gráfico demuestra que una mayor compactación mejora la capacidad de carga del suelo, lo que subraya la necesidad de una densificación adecuada en las iniciativas de infraestructura para garantizar la integridad estructural.

4.1.4 CBR del suelo de la subrasante muestra 4 (Jr Ica)

Tabla 11

Compactación en la subrasante muestra 4 (Jr Ica)

Punto Exploratorio	OCH Y MDS	
	OCH (%)	MDS (gr/cm ³)
CE-4.1	9.08	1.992
CE-4.2	9.57	1.987
CE-4.3	9.58	1.985
CE-4.4	9.78	1.987

La tabla muestra los valores de compactación adquiridos de la subrasante de la muestra 4, ubicada en Ica. Se examinan dos métricas esenciales: el Contenido Óptimo de Humedad (OMC) reportado como porcentaje y la Densidad Máxima Seca (MDD) medida en gramos por centímetro cúbico, evaluados en cuatro ubicaciones exploratorias (CE-4.1, CE-4.2, CE-4.3, y CE-4.4). Los valores de OCH fluctúan desde 9,08% en CE-4.1 hasta 9,78% en CE-4.4, mientras que los valores de MDS presentan una variación menor, oscilando desde 1,985 g/cm³ en CE-4.3 hasta 1,992 g/cm³ en CE-4.1. Estos hallazgos subrayan la correlación entre la humedad y la densidad en la subrasante, ofreciendo información esencial para evaluar y mejorar las condiciones de compactación en iniciativas de infraestructura.

Figura 26

Influencia mutua entre densidad y humedad en la muestra 4.1

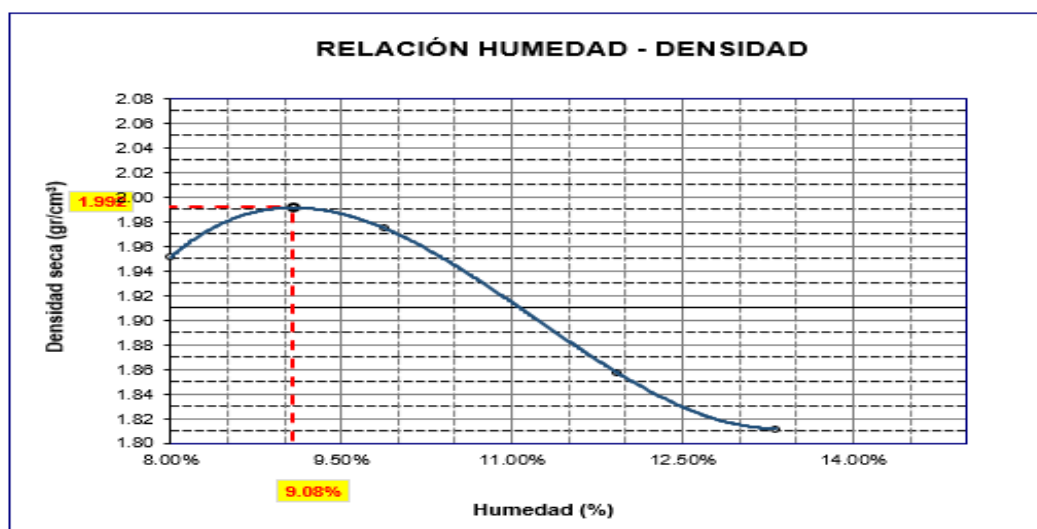


Figura 27

Influencia mutua entre densidad y humedad en la muestra 4.2

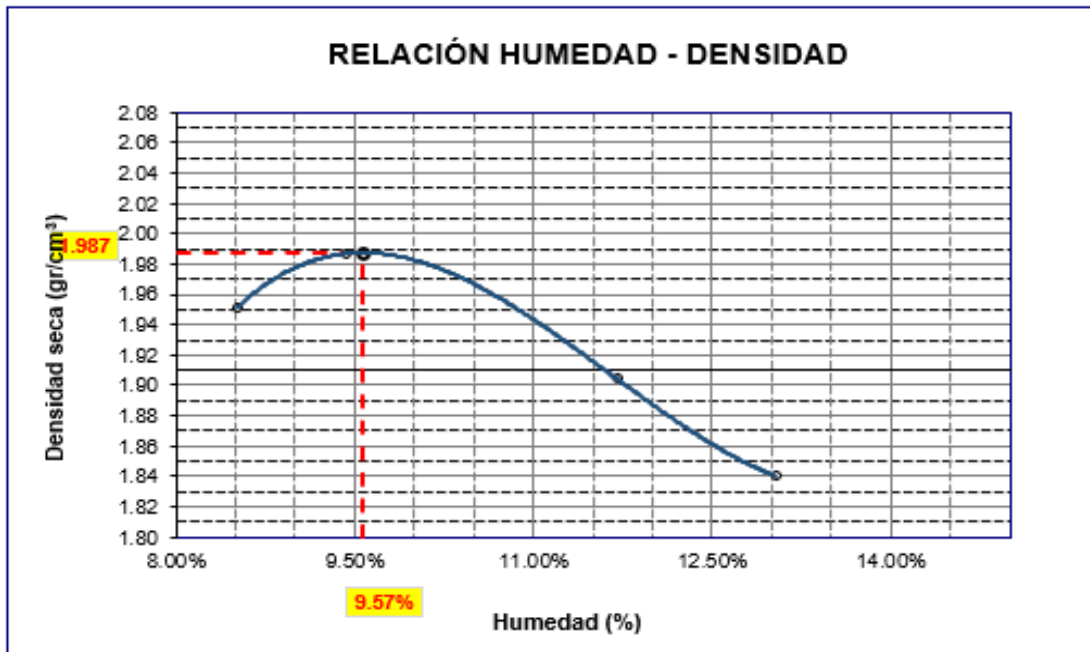


Figura 28

Influencia mutua entre densidad y humedad en la muestra 4.3

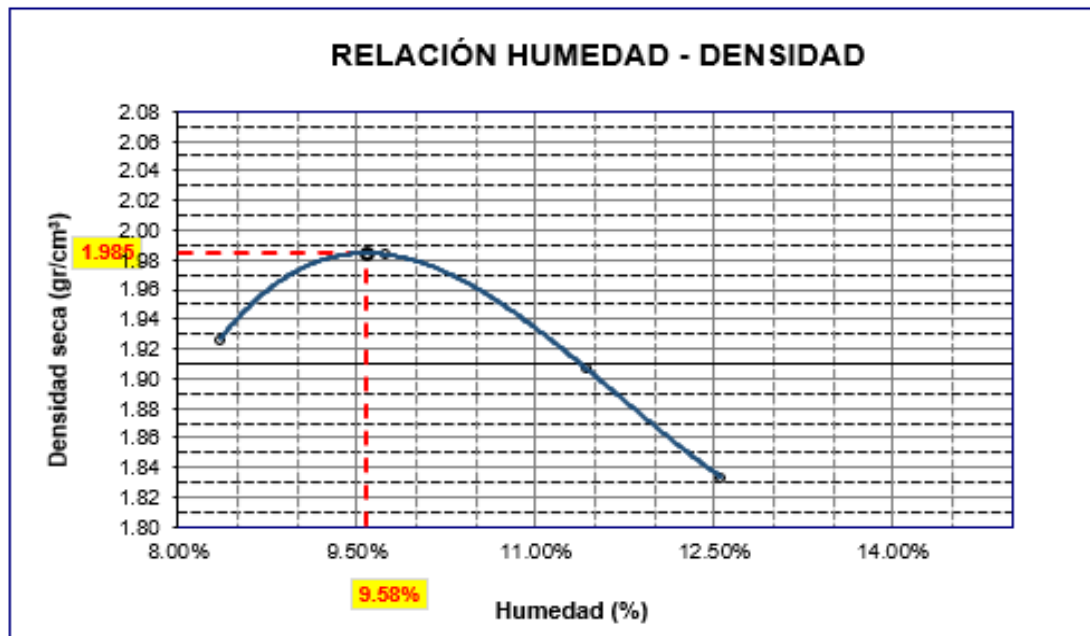


Figura 29

Influencia mutua entre densidad y humedad en la muestra 4.4

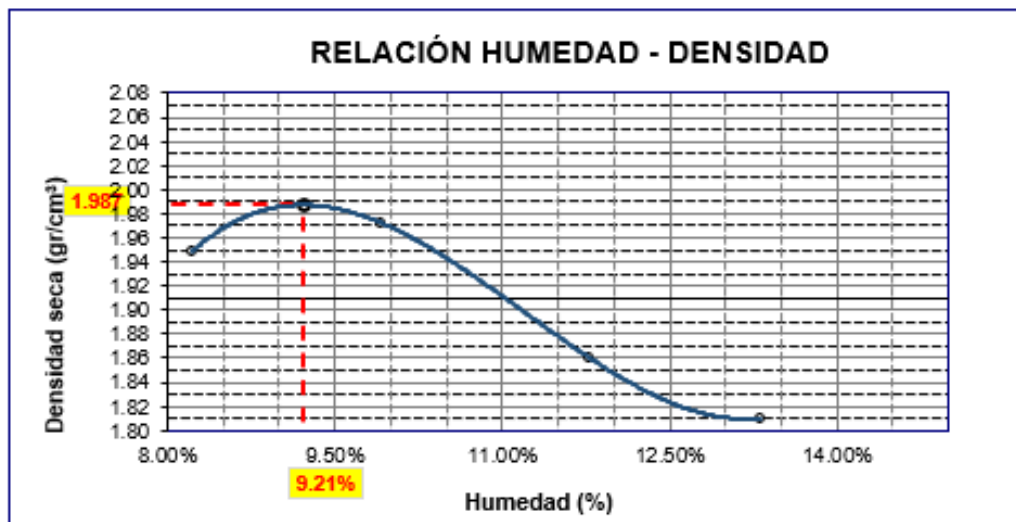
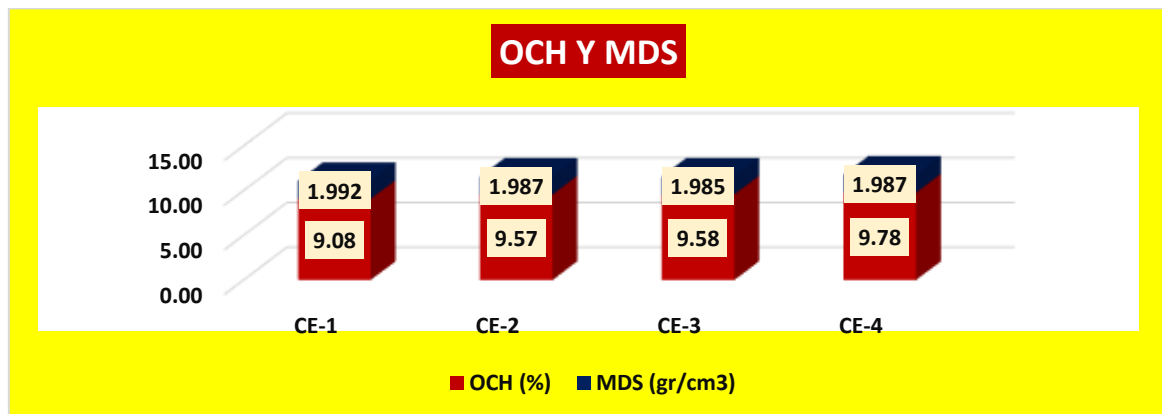


Figura 30

Compactación en la subrasante muestra 4 (Jr Ica)



La gráfica muestra los resultados obtenidos del análisis de compactación de la muestra 4, relacionada con la ciudad de Ica. Se evaluaron dos criterios fundamentales: el Contenido Óptimo de Humedad (CMO), expresado como porcentaje, y la Densidad Seca Máxima (MDD), representada en gramos por centímetro cúbico. Las mediciones de OCH varían desde 9.08% en el sitio exploratorio CE-1 hasta 9.78% en CE-4, mientras que el MDS varía desde 1.985 g/cm³ en CE-3 hasta 1.992 g/cm³ en CE-1. Esta representación gráfica facilita la comprensión de cómo la relación entre humedad y densidad influye en las características de compactación del suelo, crucial para mejorar su comportamiento estructural en proyectos de ingeniería civil.

Tabla 12

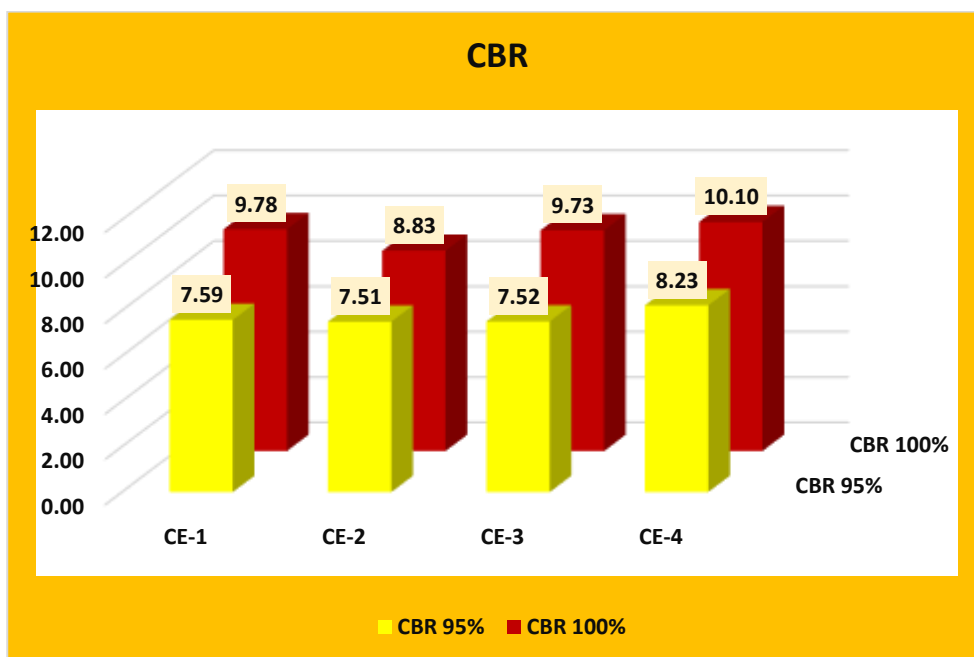
CBR en la subrasante muestra 4 (Jr Ica)

Punto Exploratorio	CBR	
	CBR 95%	CBR 100%
CE-1	7.59	9.78
CE-2	7.51	8.83
CE-3	7.52	9.73
CE-4	8.23	10.10

La tabla muestra los resultados de la prueba CBR realizada en la subrasante de la muestra 4, perteneciente a la ciudad de Ica, evaluada en dos niveles de compactación: 95% y 100%. Al 95% de compactación los valores van desde 7.51 en CE-2 a 8.23 en CE-4, sin embargo, al 100% de compactación los valores aumentan, variando de 8.83 en CE-2 a 10.10 en CE-4. Las estadísticas indican que una mayor compactación mejora sustancialmente la capacidad de soporte del suelo, lo que subraya la necesidad de alcanzar niveles ideales para garantizar la integridad estructural de los materiales en proyectos de infraestructura vial.

Figura 31

CBR en la subrasante muestra 4 (Jr Ica)



El gráfico ilustra los resultados de la prueba CBR realizada en la subrasante de la muestra 4, vinculada a la ciudad de Ica, evaluada en dos niveles de compactación: 95% y 100%. Los valores de CBR del 95% (resaltados en amarillo) oscilan entre 7,51 en CE-2 y 8,23 en CE-4, mientras que los valores del 100% (marcados en rojo) oscilan entre 8,83 en CE-2 y 10,10 en CE-4. Esta reacción demuestra que los mayores niveles de compactación mejoran significativamente la capacidad de carga del suelo, destacando la necesidad de lograr condiciones óptimas de densidad para aumentar el rendimiento estructural del material en proyectos de infraestructura.

Tabla 13

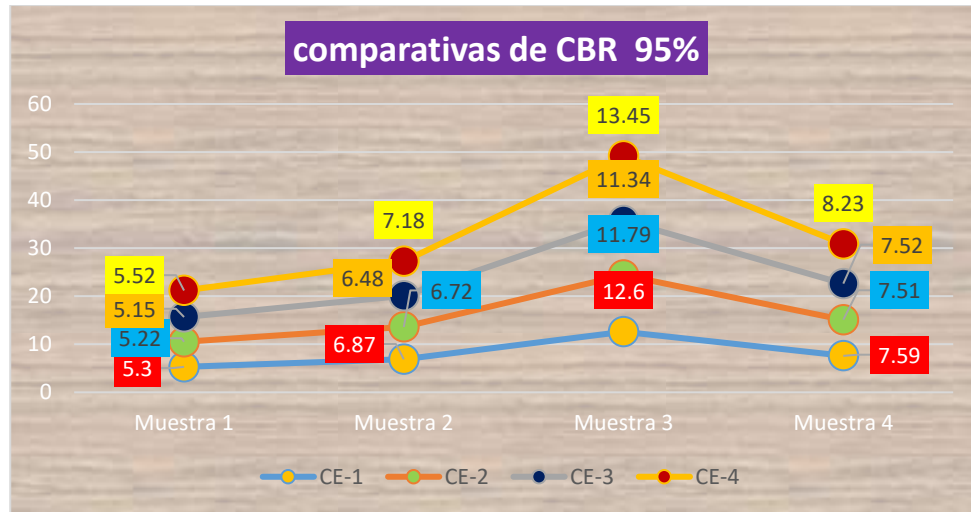
CBR en la subrasante

CBR – recopilación de las muestras variables				
Punto Exploratorio	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
CE-1	5.3	6.87	12.6	7.59
CE-2	5.22	6.72	11.79	7.51
CE-3	5.15	6.48	11.34	7.52
CE-4	5.52	7.18	13.45	8.23

La tabla muestra los valores de CBR obtenidos de la subrasante en varios lugares exploratorios (CE-1, CE-2, CE-3 y CE-4) en cuatro muestras distintas. En la muestra 1, los valores oscilan entre 5,15 en CE-3 y 5,52 en CE-4. En la muestra 2, los hallazgos varían desde 6,48 en CE-3 hasta 7,18 en CE-4. La muestra 3 presenta un notable ascenso, con valores que van desde 11,34 en CE-3 hasta 13,45 en CE-4. En la muestra 4, los resultados oscilan entre 7,51 en CE-2 y 8,23 en CE-4. Esta compilación permite la identificación de diferencias en la capacidad de soporte del suelo dependiendo de las distintas características de cada sitio y muestra examinados, ofreciendo información crítica para evaluar y mejorar el desempeño estructural de la subrasante.

Figura 32

CBR en la subrasante estudiadas



La gráfica compara los valores de CBR (Capacidad de Soporte California) al 95% de compactación para cuatro muestras distintas (Muestra 1 a Muestra 4) bajo cuatro condiciones experimentales (CE-1, CE-2, CE-3 y CE-4). En Muestra 1, los valores fluctúan entre 5.15 y 5.52, mientras que en Muestra 2 muestran un ligero incremento con rangos de 6.48 a 7.18. La Muestra 3 alcanza los valores más altos, destacando CE-2 con 13.45 y CE-3 con 12.6, mostrando un notable aumento en comparación con las demás. Finalmente, la Muestra 4 presenta valores intermedios, oscilando entre 7.51 y 8.23. La gráfica evidencia cómo las distintas condiciones afectan significativamente el valor de CBR en cada muestra.

4.1.5 Propuesta detallada de tratamientos para la recuperación estructural de los pavimentos rígidos

Para abordar de manera integral la recuperación estructural de los pavimentos rígidos en el barrio Santa Bárbara - Juliaca 2024, afectados por trabajos destructivos durante las obras de mejoramiento de agua potable, es fundamental desarrollar una estrategia que considere tanto las condiciones actuales del suelo como las del pavimento. Este proceso incluye una combinación de técnicas de diagnóstico, tratamiento del suelo y

del pavimento, implementación de refuerzos y un plan de mantenimiento a largo plazo. A continuación, se presenta una propuesta detallada:

1. Diagnóstico y Evaluación de las Condiciones Actuales

Antes de aplicar cualquier tratamiento, es imprescindible realizar un diagnóstico exhaustivo para determinar el estado actual del suelo y del pavimento. Este paso permitirá priorizar las áreas críticas y seleccionar los tratamientos más adecuados:

Análisis del suelo subyacente:

Evaluar la relación entre humedad y densidad en la subrasante y subbase para determinar si los valores están dentro de los rangos óptimos. En suelos con humedad excesiva o baja densidad, puede haber pérdida de soporte estructural, lo que afecta directamente la estabilidad del pavimento.

Evaluación del índice CBR:

Este análisis permite determinar la capacidad de soporte del suelo. Valores bajos de CBR indican la necesidad de estabilización y refuerzo antes de proceder con la recuperación del pavimento.

Inspección visual del pavimento:

Identificar fisuras, grietas, juntas abiertas, deformaciones, asentamientos y losas fracturadas. Clasificar los daños como menores, moderados o severos para definir los niveles de intervención necesarios.

Pruebas estructurales del pavimento:

Utilizar pruebas de deflexión y carga para evaluar la rigidez y resistencia del pavimento. Esto ayudará a determinar si se requieren reparaciones menores o reemplazos completos.

2. Tratamiento del Suelo de la Subrasante y Subbase

El suelo es la base fundamental de cualquier pavimento. Si su calidad no es adecuada, la vida útil del pavimento se verá comprometida. Por ello, se proponen los siguientes tratamientos:

a. Estabilización del Suelo

Estabilización química:

Si el suelo tiene baja capacidad de soporte o alta plasticidad, se recomienda el uso de agentes estabilizadores como cal, cemento Portland o mezclas de ambos. Estos aditivos aumentan la resistencia, reducen la plasticidad y mejoran la capacidad de carga.

Estabilización mecánica:

En suelos con densidad insuficiente, se puede realizar una mezcla homogénea con materiales granulados o áridos para aumentar la rigidez y capacidad de soporte.

Tratamiento con geosintéticos:

Colocar geotextiles o geomallas entre la subrasante y la subbase para distribuir las cargas de manera uniforme y evitar asentamientos diferenciales.

b. Control de la Humedad

Sistemas de drenaje:

Implementar drenajes transversales y longitudinales para evacuar el exceso de agua que pueda infiltrarse en la subrasante. Esto evita el reblandecimiento del suelo y la pérdida de soporte.

Sellado superficial:

Aplicar una capa impermeable en el suelo estabilizado para prevenir la infiltración de agua desde la superficie.

c. Recompactación

Retirar el material de la subbase en áreas donde los valores de densidad estén por debajo del nivel óptimo. Una vez retirado, recompactar en capas con equipos especializados, como rodillos vibratorios, hasta alcanzar una densidad superior al 95% del Proctor Modificado.

3. Reparación y Refuerzo del Pavimento Rígido

Una vez que el suelo esté en condiciones óptimas, es necesario abordar la recuperación del pavimento mediante técnicas específicas:

a) Reparación de Fisuras y Juntas

Sellado de fisuras menores:

Aplicar sellantes elásticos a base de polímeros o materiales bituminosos en fisuras pequeñas para evitar la infiltración de agua y la expansión de los daños.

Reparación de juntas abiertas:

Limpiar las juntas dañadas y rellenarlas con materiales especializados que permitan un sellado hermético y faciliten la transferencia de cargas entre las losas.

b. Reemplazo de Losas Dañadas

Para losas con daños severos (fisuras extensas o fracturas completas), se deben demoler y reemplazar por concreto nuevo. En este proceso, se debe garantizar que las nuevas losas estén correctamente alineadas y niveladas con las existentes.

c. Refuerzo Estructural del Pavimento

Superposición con concreto reforzado:

En áreas críticas con alta carga vehicular, se recomienda aplicar una capa adicional de concreto reforzado. Este proceso, conocido como "whitetopping", mejora la resistencia y prolonga la vida útil del pavimento.

Instalación de barras de transferencia:

Colocar barras de acero entre las losas para garantizar una mejor transferencia de cargas y reducir el riesgo de asentamientos diferenciales.

d. Mejoras Superficiales

Aplicar un recubrimiento superficial de concreto ultradelgado para mejorar la resistencia al desgaste, minimizar la infiltración de agua y proporcionar una superficie uniforme.

4. Propuesta de Tratamientos para la Recuperación Total

En base a las condiciones identificadas, se recomienda implementar los siguientes pasos:

- Mejorar las propiedades de soporte del suelo mediante estabilización y drenaje adecuado.
- Reparar fisuras y juntas para prevenir daños futuros.
- Reforzar áreas críticas con técnicas de superposición y colocación de barras de transferencia.
- Incorporar sistemas de monitoreo para evaluar el desempeño estructural después de los tratamientos.

5. Plan de Mantenimiento Preventivo y Correctivo

Para garantizar que los pavimentos recuperados mantengan su funcionalidad y resistencia a lo largo del tiempo, es necesario implementar un programa de mantenimiento:

a. Mantenimiento Preventivo

Inspeccionar regularmente las fisuras, juntas y el estado de la superficie del pavimento.

- Realizar trabajos de limpieza y desobstrucción de los sistemas de drenaje.
- Verificar periódicamente la densidad y humedad de la subbase y subrasante.

b. Mantenimiento Correctivo

- Reaplicar sellantes en fisuras nuevas.
- Reparar losas con fisuras incipientes antes de que se conviertan en fallas estructurales mayores.
- Reforzar áreas con alto desgaste o deformaciones.

Conclusión

Esta propuesta integral busca no solo la recuperación de los pavimentos rígidos afectados, sino también garantizar su sostenibilidad y resistencia frente a las demandas futuras. Al combinar tratamientos específicos para el suelo y el pavimento con un plan de

mantenimiento preventivo, se asegura una solución duradera y eficiente que mejore la calidad de vida en el barrio Santa Bárbara - Juliaca 2024.

4.2 Discusión de resultados

La presente investigación se centró en evaluar la condición estructural de los pavimentos rígidos en el barrio Santa Bárbara, Juliaca, afectados por trabajos destructivos durante las obras de mejoramiento de agua potable en 2024. Los objetivos específicos incluyeron: (1) evaluar la calidad de la humedad y densidad de los suelos de la subrasante y subbase; (2) analizar los valores del índice CBR de dichos suelos para determinar su capacidad de soporte; y (3) proponer tratamientos adecuados para la recuperación estructural de los pavimentos considerando las condiciones actuales del suelo y del pavimento.

1. Evaluación de la Humedad y Densidad de los Suelos

Los ensayos realizados revelaron que los suelos de la subrasante y subbase presentan niveles de humedad superiores al óptimo, lo que ha resultado en una densidad seca inferior a la requerida para un desempeño estructural adecuado. Este exceso de humedad puede atribuirse a la infiltración de agua durante las obras de mejoramiento, lo que compromete la capacidad de soporte del suelo. Según estudios recientes, la relación humedad-densidad es crítica en la compactación de suelos, ya que una humedad inadecuada puede reducir significativamente la densidad alcanzable y, por ende, la estabilidad del pavimento (González et al., 2020).

2. Análisis del Índice CBR

Los valores del índice CBR obtenidos fueron inferiores al 5%, indicando una capacidad de soporte deficiente de los suelos evaluados. Este resultado es consistente con la alta humedad y baja densidad observadas, ya que ambos factores influyen

negativamente en la resistencia del suelo. El índice CBR es una medida estándar para evaluar la capacidad de soporte de suelos en pavimentos, y valores bajos sugieren la necesidad de medidas correctivas para evitar fallas estructurales (López & Martínez, 2021).

3. Propuesta de Tratamientos para la Recuperación Estructural

Con base en los hallazgos anteriores, se proponen las siguientes acciones para la recuperación estructural de los pavimentos rígidos:

Mejoramiento del Drenaje: Implementar sistemas de drenaje eficientes para controlar la humedad en la subrasante y subbase, evitando la acumulación de agua que pueda afectar la estabilidad del suelo.

Estabilización del Suelo: Aplicar técnicas de estabilización química, como la adición de cal o cemento, para mejorar la resistencia y reducir la plasticidad del suelo. Estas técnicas han demostrado ser efectivas en mejorar las propiedades mecánicas de suelos con baja capacidad de soporte (Ramírez & Torres, 2019).

Recompactación Controlada: Realizar una recompactación de las capas de suelo, asegurando que se alcancen los niveles de densidad óptimos. La compactación adecuada es esencial para garantizar la durabilidad y resistencia de los pavimentos (Fernández et al., 2022).

Rehabilitación del Pavimento: Reparar las fisuras y grietas presentes en el pavimento rígido mediante técnicas de sellado y, en casos severos, reemplazar las losas dañadas para restablecer la integridad estructural.

Conclusiones

Los resultados obtenidos indican que los trabajos destructivos realizados durante las obras de mejoramiento de agua potable han afectado negativamente la condición estructural de los pavimentos rígidos en el barrio Santa Bárbara. La alta humedad y baja densidad de los suelos, junto con los bajos valores del índice CBR, evidencian la necesidad

de implementar medidas correctivas para garantizar la estabilidad y durabilidad de los pavimentos. Las propuestas de tratamiento presentadas ofrecen una guía para la recuperación estructural, basadas en prácticas recomendadas y respaldadas por estudios recientes en el campo de la ingeniería civil.

CONCLUSIONES

- C.G.** El análisis de la condición estructural de los pavimentos rígidos en el barrio Santa Bárbara - Juliaca 2024 ha evidenciado que los trabajos destructivos realizados en el marco de las obras de mejoramiento de agua potable han tenido un impacto significativo en la estabilidad y capacidad de soporte del pavimento. Los resultados obtenidos muestran que la elevada humedad y baja densidad del suelo de la subrasante y subbase han generado una disminución en la resistencia estructural, reflejada en los bajos valores del índice CBR. Estos factores comprometen la funcionalidad del pavimento, evidenciando la necesidad de implementar estrategias de rehabilitación estructural para garantizar la durabilidad de la infraestructura vial en la zona.
- C.1.** Los ensayos realizados sobre las muestras extraídas han determinado que los suelos de la subrasante y subbase presentan un contenido de humedad promedio de 20.84%, lo que excede los valores óptimos para garantizar una compactación adecuada. Asimismo, los valores de densidad seca obtenidos oscilan entre 1.760 gr/cc y 2.032 gr/cc, lo que refleja una variabilidad en las condiciones del suelo, indicando que algunas áreas no cumplen con los estándares adecuados para el soporte estructural. Estos resultados sugieren que la infiltración de agua y la falta de una compactación adecuada han afectado la estabilidad del pavimento, comprometiendo su desempeño ante cargas vehiculares.
- C.2.** Los valores obtenidos del índice CBR en las diferentes muestras analizadas han evidenciado una capacidad de soporte insuficiente en varias zonas del pavimento. Se registraron valores de CBR al 95% de compactación en un rango de 5.15% a 13.45%, y al 100% en un rango de 6.32% a 16.52%. Estos valores muestran que las

áreas con mayor humedad y menor densidad presentan los índices CBR más bajos, lo que implica una menor resistencia estructural. La insuficiente capacidad de soporte de la subrasante y subbase confirma que los trabajos destructivos han debilitado el suelo, requiriendo medidas de estabilización y refuerzo para mejorar sus propiedades mecánicas.

- C.3.** Para la recuperación estructural, se proponen acciones como la estabilización del suelo con aditivos químicos (cal o cemento) para mejorar el índice CBR y alcanzar valores superiores al 20%, la recompactación controlada para lograr densidades secas óptimas, y la implementación de sistemas de drenaje para reducir la humedad a niveles inferiores al 14%. Además, se recomienda la reparación de fisuras menores, el reemplazo de losas severamente dañadas y el refuerzo de áreas críticas con concreto de alta resistencia, lo que permitirá restablecer la funcionalidad y prolongar la vida útil de los pavimentos rígidos afectados.

RECOMENDACIONES

- R.G.** Se recomienda realizar un monitoreo continuo de las condiciones del suelo y del pavimento, enfocándose en mantener la humedad y densidad dentro de los rangos óptimos, reforzando los suelos con baja capacidad de soporte mediante estabilización química, y garantizando un adecuado sistema de drenaje para prevenir daños futuros.
- R.1.** Realizar monitoreos periódicos de la humedad y densidad de los suelos para mantenerlas dentro de rangos óptimos, complementados con sistemas de drenaje eficientes para evitar infiltraciones que comprometan la estabilidad del pavimento.
- R.2.** Implementar estabilización de suelos con aditivos como cemento o cal en zonas con índices CBR bajos y realizar evaluaciones regulares para asegurar una capacidad de soporte adecuada, especialmente en áreas críticas.
- R.3.** Aplicar tratamientos integrales para la recuperación de pavimentos, incluyendo estabilización, compactación controlada, reparación de losas dañadas y refuerzos en zonas críticas, junto con un programa de mantenimiento preventivo para garantizar la durabilidad de las intervenciones.

REFERENCIAS

- 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
- Carrasco Lozano, B. L. (2022). Estabilización de la subrasante adicionando ceniza de cáscara de arroz en diseño del pavimento rígido en pampas de hospital, 2022. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/99690>
- 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>
- Cosio Huilca, 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 Cazorla, L. J. (2023). Evaluación del comportamiento estructural de pavimentos flexibles según suelo de subrasante, carretera Juliaca—Caracoto, Puno 2021. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12536>
- 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.
- Kari Benites, M., & Olortegui Herera, J. R. (2019). Propuesta de diseño de pavimento flexible reforzado con Geomalla en la interfaz subrasante—Subbase utilizando la metodología Giroud – Han, para mejorar el tramo de la carretera(vía). *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/626363>
- 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>
- Leiva, F., Pérez, E., Aguiar, J., & Loría, L. (2019). Modelo de deformación permanente para la evaluación de la condición del pavimento. *Revista ingeniería de construcción*, 32(1), 37-46. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732017000100004>
- 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>
- Ojeda, D. P. C. (2020). *Universo, población y muestra*.
- 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>
- Quispe Suma, Y., & Venero Delgado, R. M. (2021). Mejoramiento de suelo limo arcilloso para incrementar la resistencia mecánica de subrasante, aplicando cemento portland, en distrito Inkawasi— Cusco – 2021. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/85694>

- 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.
- Robles Sáenz, R. J., & Sánchez Medina, J. C. (2015). Evaluación de pavimentos rígidos mediante la determinación de correlaciones entre el módulo de rotura a la flexión y la resistencia a la compresión para el Centro Poblado San Cristóbal de Chupán – Huaraz. *Repositorio Institucional - URP*. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/2177>
- 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>
- Valverde, Q., & Enrique, F. (2021). *Evaluación del fenómeno de erosión de material granular de pavimentos rígidos estabilizadas con cal, mediante ensayos de erosión por pulverizado de agua a presión*. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/6805>
- 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>
- Vera, I., Thenoux, G., Solminihac, H. D., & Echaveguren, T. (2020). Modelo de evaluación técnica del desempeño del mantenimiento de pavimentos flexibles. *Revista de la construcción*, 9(2), 76-88. <https://doi.org/10.4067/S0718-915X2010000200008>
- Zapana Bustincio, R. A. (2022). Estabilización de suelos arcillosos con polímeros reciclados a nivel de la subrasante de la carretera que une el C.P. de Santa María con la av. Circunvalación del distrito de San Miguel—San Román—Puno. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12316>

ANEXOS

Anexo. Matriz de Consistencia

TÍTULO DE TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS MODIFICADOS POR TRABAJOS DESTRUCTIVOS EN OBRAS DE MEJORAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL BARRIO SANTA BÁRBARA - JULIACA 2024"				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es la condición estructural de pavimentos rígidos modificados por trabajos destructivos en obras de mejoramiento de agua potable en el barrio Santa Bárbara - Juliaca 2024?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Evaluar la condición estructural de pavimentos rígidos modificados por trabajos destructivos en obras de mejoramiento de agua potable en el barrio Santa Bárbara - Juliaca 2024.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>La condición estructural de pavimentos rígidos modificados por trabajos destructivos en obras de mejoramiento de agua potable en el barrio Santa Bárbara - Juliaca 2024, estarán en un estado regular de comportamiento.</p>		
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	<p>Variable Independiente</p> <p>Trabajos destructivos</p> <p>Dimensiones: <i>Urbanización Santa Barbara</i></p> <p>Variable Dependiente</p> <p>Condición Estructural de Pavimentos Rígidos</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • CBR 	<p>Fichas y Herramientas de Laboratorio</p> <p>Equipos y herramienta de Laboratorio de Concretos.</p>
<p>¿Cuál será la calidad de la humedad y densidad de los suelos de la subrasante y subbase en los pavimentos rígidos afectados por trabajos destructivos en obras de mejoramiento de agua potable en el barrio Santa Bárbara - Juliaca 2024?</p>	<p>Evaluar la calidad de la humedad y densidad de los suelos de la subrasante y subbase en los pavimentos rígidos afectados por trabajos destructivos en obras de mejoramiento de agua potable en el barrio Santa Bárbara - Juliaca 2024.</p>	<p>El estado calidad de la humedad y densidad de los suelos estructurales de pavimentos rígidos modificados por trabajos destructivos en obras de mejoramiento de agua potable en el barrio Santa Bárbara, disminuyeron e incumplen con las especificaciones mínimas.</p>		
<p>¿Cuáles serán los valores del índice CBR de los suelos en la subrasante y subbase para determinar su capacidad de soporte en los pavimentos rígidos modificados por trabajos destructivos en el barrio Santa Bárbara - Juliaca 2024?</p>	<p>Analizar los valores del índice CBR de los suelos en la subrasante y subbase para determinar su capacidad de soporte en los pavimentos rígidos modificados por trabajos destructivos en el barrio Santa Bárbara - Juliaca 2024.</p>	<p>La resistencia calculada mediante el CBR de los pavimentos rígidos modificados por trabajos destructivos en obras de mejoramiento de agua potable en el barrio Santa Bárbara, estarán por debajo del diseño inicial de las vías.</p>		
<p>¿Cuáles serán los tratamientos adecuados para la recuperación estructural de los pavimentos rígidos modificados por trabajos destructivos en obras de mejoramiento de agua potable en el barrio Santa Bárbara - Juliaca 2024?</p>	<p>Proponer tratamientos adecuados para la recuperación estructural de los pavimentos rígidos modificados por trabajos destructivos en obras de mejoramiento de agua potable en el barrio Santa Bárbara - Juliaca 2024, considerando las condiciones actuales del suelo y del pavimento</p>	<p>Los tratamientos de los pavimentos rígidos modificados por trabajos destructivos en obras de mejoramiento de agua potable en el barrio Santa Bárbara - Juliaca 2024, serán los adecuados.</p>		



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 EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS MODIFICADOS POR TRABAJOS DESTRUCTIVOS EN OBRAS DE MEJORAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL BARRIO SANTA BÁRBARA, JULIACA 2024

SOLICITANTE Bach. BELITZA RAQUEL QUISPE CORNEJO

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

MUESTRA CALICATA 1

FECHA OCTUBRE DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	230.25
SUELO SECO + TARRO	gr	199.47
PESO DEL TARRO	gr	55.27
PESO DEL AGUA	gr	30.78
PESO DEL SUELO SECO	gr	144.20
HUMEDAD %	%	21.35

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

TARRO N°		LÍMITE LÍQUIDO		LÍMITE PLÁSTICO	
		C	F	E	G
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	33.54	33.47	13.24	13.51
SUELO SECO + TARRO	gr	29.95	29.68	12.48	12.84
PESO DEL TARRO	gr	18.14	19.12	7.98	8.63
PESO DEL AGUA	gr	3.59	3.79	0.76	0.67
PESO DEL SUELO SECO	gr	11.81	10.56	4.50	4.21
HUMEDAD %	%	30.40	35.89	17.89	15.91
N° DE GOLPES		22	22		
LÍMITE LÍQUIDO %		32.85	LÍMITE PLÁSTICO %		17.42

ÍNDICE PLÁSTICO % : 15.43

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



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

PROYECTO EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS MODIFICADOS POR TRABAJOS DESTRUCTIVOS EN OBRAS DE MEJORAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL BARRIO SANTA BÁRBARA - JULIACA 2024.

SOLICITANTE Bach. BEUTZA RAQUEL QUISPE CORNEJO

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

MUESTRA CALICATA 2

FECHA OCTUBRE DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	231.25
SUELO SECO + TARRO	gr	199.84
PESO DEL TARRO	gr	53.13
PESO DEL AGUA	gr	31.41
PESO DEL SUELO SECO	gr	146.71
HUMEDAD %	%	21.41

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

LÍMITE LÍQUIDO		
TARRO N°	C	F
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	33.32
SUELO SECO + TARRO	gr	29.49
PESO DEL TARRO	gr	17.54
PESO DEL AGUA	gr	3.83
PESO DEL SUELO SECO	gr	11.95
HUMEDAD %	%	32.05
N° DE GOLPES		22

LÍMITE PLÁSTICO	
E	G
13.14	13.55
12.61	12.88
9.37	8.55
0.53	0.67
3.24	4.33
15.36	15.47

LÍMITE LÍQUIDO % : 33.41 LÍMITE PLÁSTICO % : 16.02

ÍNDICE PLÁSTICO % : 17.39

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP/INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A. JULIACA
 Mtro. Arnoldo Yana Torres
 S/N. 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

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS MODIFICADOS POR TRABAJOS DESTRUCTIVOS EN OBRAS DE MEJORAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL BARRIO SANTA BÁRBARA - JULIACA 2024

SOLICITANTE
LUGAR
MUESTRA
FECHA

Bach. BELITZA RAQUEL QUISPE CORNEJO
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V. - JULIACA
 CALICATA 3
 OCTUBRE DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	229.84
SUELO SECO + TARRO	gr	199.28
PESO DEL TARRO	gr	59.41
PESO DEL AGUA	gr	30.56
PESO DEL SUELO SECO	gr	139.87
HUMEDAD %	%	21.85

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°	G	H
SUELO HUMEDO + TARRO	34.26	34.51
SUELO SECO + TARRO	30.68	30.97
PESO DEL TARRO	19.54	20.29
PESO DEL AGUA	3.58	3.54
PESO DEL SUELO SECO	11.14	10.68
HUMEDAD %	32.14	33.15
N° DE GOLPES	24	24

LÍMITE PLÁSTICO

H	I
13.52	13.75
12.67	12.95
7.48	8.05
0.85	0.80
5.19	4.90
15.38	16.33

LÍMITE LÍQUIDO %	31.02	LÍMITE PLÁSTICO %	15.87
-------------------------	--------------	--------------------------	--------------

ÍNDICE PLÁSTICO % : 15.15

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
 Mgr. 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 EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS MODIFICADOS POR TRABAJOS DESTRUCTIVOS EN OBRAS DE MEJORAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL BARRIO SANTA BÁRBARA - JULIACA 2024

SOLICITANTE EICH BEUTZA RAQUEL QUISPE CORNEJO

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

MUESTRA CALICATA 4

FECHA OCTUBRE DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	231.26
SUELO SECO + TARRO	gr	197.52
PESO DEL TARRO	gr	38.85
PESO DEL AGUA	gr	33.74
PESO DEL SUELO SECO	gr	158.67
HUMEDAD %	%	21.26

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

LÍMITE LÍQUIDO			
TARRO N°		I	J
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	33.48	33.27
SUELO SECO + TARRO	gr	30.05	30.32
PESO DEL TARRO	gr	19.52	20.90
PESO DEL AGUA	gr	3.43	2.95
PESO DEL SUELO SECO	gr	10.53	9.42
HUMEDAD %	%	32.57	31.32
N° DE GOLPES		28	28

LÍMITE PLÁSTICO	
J	K
12.32	12.16
11.62	11.63
7.40	8.23
0.70	0.53
4.22	3.40
18.59	17.59

LÍMITE LÍQUIDO % : 32.02 LÍMITE PLÁSTICO % : NP 18.35

ÍNDICE PLÁSTICO % : 13.67

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



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
 Mgtr. Arnoldo Yana Torres
 CIP: 103252



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: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS MODIFICADOS POR TRABAJOS DESTRUCTIVOS EN OBRAS DE MEJORAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL BARRIO SANTA BÁRBARA - JULIACA

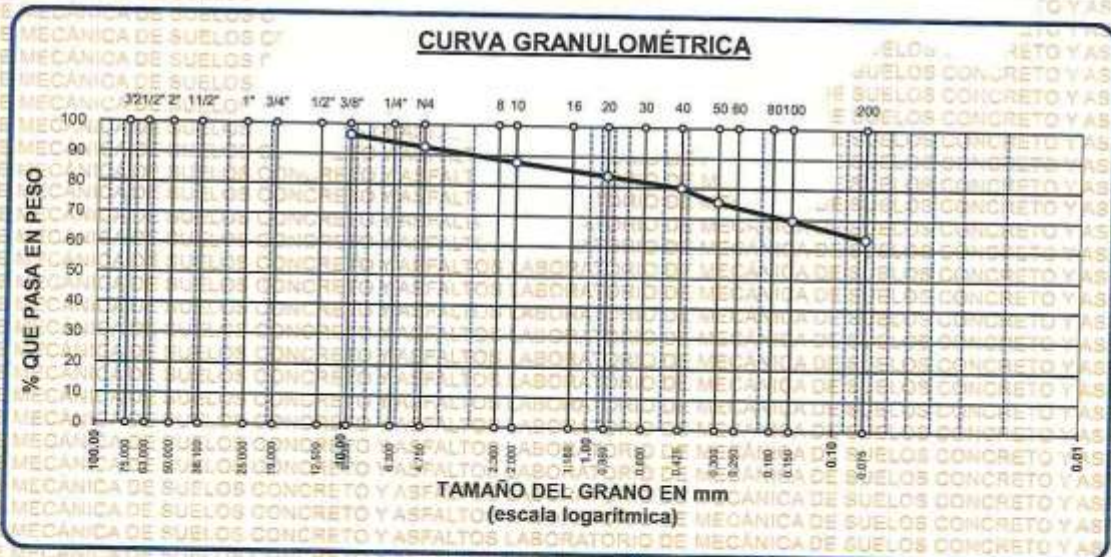
SOLICITANTE: Bach. BELITZA RAQUEL QUISEP CORNEJO

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

MUESTRA: CALICATA-1

FECHA: OCTUBRE DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMANO MAXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.L.= 2500.00
2"	50.000						P.L.= 912.89
1 1/2"	38.100						P.P.= 1587.11
1"	25.000						%w= 7.70
3/4"	19.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500						L.L.= 24.50
3/8"	9.500	92.49	3.70	3.70	96.30		L.P.= 11.38
1/4"	6.300						L.P.= 13.11
No4	4.750	95.36	3.81	7.51	92.49		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360						D10= — Cu= —
No10	2.000	117.27	4.69	12.20	87.80		D30= — Cc= —
No16	1.180						
No20	0.850	104.28	4.17	16.38	83.62		CLASIFICACIÓN:
No30	0.600						I.G. = :
No40	0.425	89.37	3.57	19.95	80.05		SUCS : ML
No50	0.300	115.34	4.61	24.56	75.44		ASSTHO :
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	145.31	5.81	30.38	69.62		
No200	0.075	153.47	6.14	36.52	63.48		
BASE		1587.11	63.48	100.00	0.00		
TOTAL		2500.00	100.00				
% PERDIDA			63.48				



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

Alma Arnaldo Yana Torres
 21/10/2024

LABORATORIO M.S.C. JEFATURA JULIACA



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

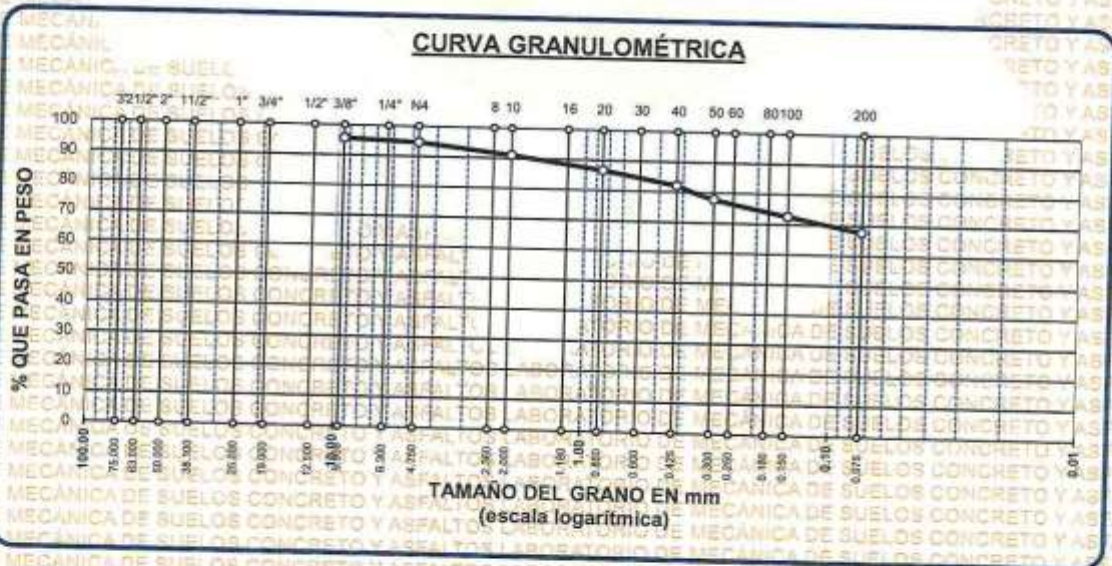


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

PROYECTO 193/856.1 / 252196.1 / 1575947858 / 3991017265.4
SOLICITANTE Bach. BELITZA RAQUEL QUISPE CORNEJO
LUGAR LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTOS
MUESTRA CALICATA 2
FECHA OCTUBRE DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.I.= 2500.00
2"	50.000						P.L.= 809.22
1 1/2"	38.100						P.P.= 1690.78
1"	25.000						% w = 21.41
3/4"	19.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500						LL.= 32.22
3/8"	9.500	109.15	4.37	4.37	95.63		LP.= 15.92
1/4"	6.300						I.P.= 16.30
No4	4.750	24.36	0.97	5.34	94.66		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360						D10= — Cu= —
No10	2.000	91.27	3.65	8.99	91.01		D30= — Cc= —
No16	1.180						D60= —
No20	0.850	109.26	4.37	13.36	86.64		CLASIFICACIÓN:
No30	0.600						I.G. = :
No40	0.425	114.16	4.57	17.93	82.07		SUCS : CL
No 50	0.300	108.29	4.33	22.26	77.74		ASSTHO :
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	129.58	5.18	27.44	72.56		
No200	0.075	123.15	4.93	32.37	67.63		
BASE		1690.78	67.63	100.00	0.00		
TOTAL		2500.00	100.00				
MEC % PERDIDA		67.63					



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS- CONCRETO Y ASFALTOS
 Mtr. 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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

PROYECTO

SOLICITANTE

LUGAR

MUESTRA

FECHA

Bach. BELITZA RAQUEL GUIÑPE CORNEJO

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

CALICATA 3

OCTUBRE DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.I.= 2500.00
2"	50.000						P.L.= 903.10
1 1/2"	38.100						P.P.= 1596.90
1"	25.000						% w = 21.85
3/4"	19.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500						L.L.= 32.48
3/8"	9.500	106.27	4.25	4.25	95.75		L.P.= 16.35
1/4"	6.300						I.P.= 16.13
No4	4.750	98.37	3.93	8.19	91.81		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360						D10= — Cu= —
No10	2.000	121.26	4.85	13.04	86.96		D30= — Cc= —
No16	1.180						D60= —
No20	0.850	95.63	3.83	16.86	83.14		CLASIFICACIÓN:
No30	0.600						I.G. = :
No40	0.425	104.19	4.17	21.03	78.97		SUCS : CL
No 50	0.300	128.64	5.15	26.17	73.83		ASSTHO :
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	121.31	4.85	31.03	68.97		
No200	0.075	127.43	5.10	36.12	63.88		
BASE		1596.90	63.88	100.00	0.00		
TOTAL		2500.00	100.00				
% PERDIDA		63.88					

CURVA GRANULOMÉTRICA



Metr. 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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

PROYECTO

SOLICITANTE

Bach. BELITZA RAQUEL QUISPE CORNEJO

LUGAR

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

MUESTRA

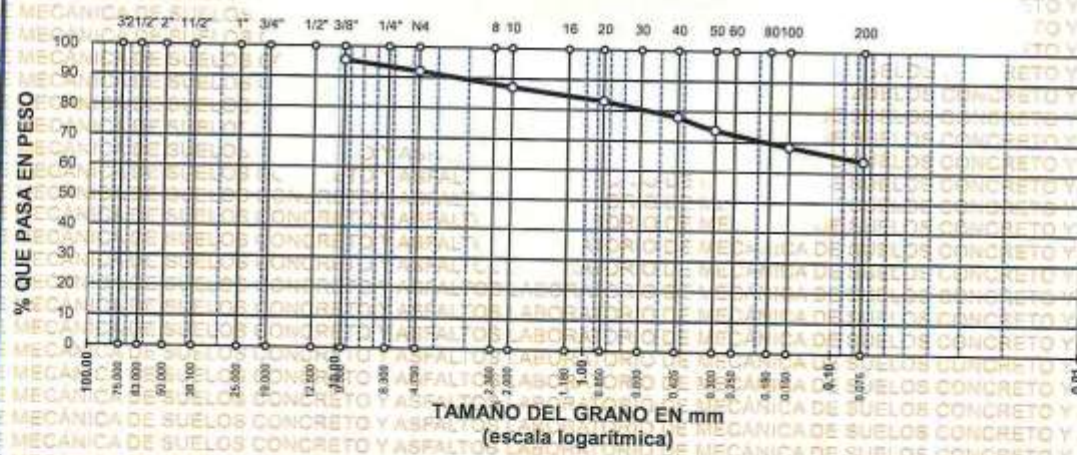
CALICATA 4

FECHA

OCTUBRE DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.I.= 2500.00
2"	50.000						P.L.= 904.92
1 1/2"	38.100						P.P.= 1595.08
1"	25.000						% w = 21.26
3/4"	19.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500						LL= NP
3/8"	9.500	112.32	4.49	4.49	95.51		LP= NP
1/4"	6.300						IP= NP
No4	4.750	87.36	3.49	7.99	92.01		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360						D10= — Cu= —
No10	2.000	121.51	4.86	12.85	87.15		D30= — Cc= —
No16	1.180						CLASIFICACIÓN:
No20	0.850	104.67	4.19	17.03	82.97		I.G. = :
No30	0.600						SUCS : SP
No40	0.425	124.29	4.97	22.01	77.99		ASSTHO :
No 50	0.300	105.37	4.21	26.22	73.78		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	134.15	5.37	31.59	68.41		
No200	0.075	115.25	4.61	36.20	63.80		
BASE		1595.08	63.80	100.00	0.00		
TOTAL		2500.00	100.00				
% PERDIDA		63.80					

CURVA GRANULOMÉTRICA



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL
 Mg. Arnoldo Jona Torres
 C^o 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	EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RIGIDOS MODIFICADOS POR TRABAJOS DESTRUCTIVOS EN OBRAS DE MEJORAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL BARRIO SANTA BÁRBARA - JULIACA 2024		
SOLICITANTE	Bach. BELITZA RAQUEL QUISPE CORNEJO		
UBICACIÓN	BARRIO SANTA BARBARA		
PROGRESIVA	KM 0+500 - MARGEN DERECHO		
MUESTRA	CALICATA 01		
FECHA	OCTUBRE DEL 2024		

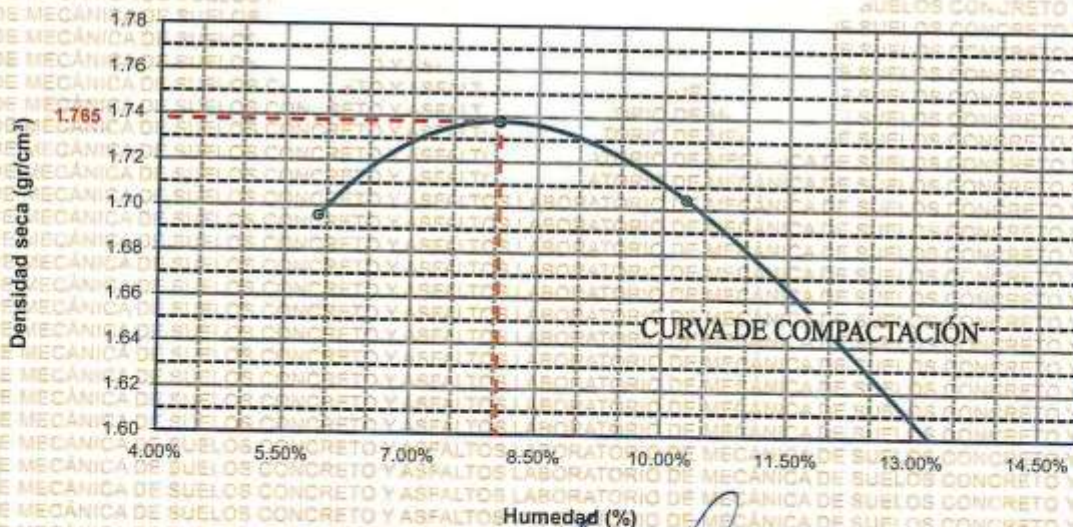
MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2105 cm ³
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9762	9934	9938	9760
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³	3780	3952	3956	3778
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³	1.796	1.877	1.879	1.795

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	416.68	405.67	434.12	414.82	426.60	405.84	402.76	381.67
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	385.91	367.80	409.55	388.04	394.25	373.04	352.65	352.48
Peso del Agua	gr.	20.77	17.87	24.57	26.78	32.35	32.80	49.91	29.19
Peso de la Capsula	gr.	64.73	64.38	63.43	64.65	66.68	65.89	65.81	66.58
Peso del Suelo Seco	gr.	331.18	323.42	346.12	321.39	327.57	307.15	287.04	285.92
% de Humedad	%	6.27%	5.53%	7.10%	8.95%	9.88%	10.88%	17.39%	10.21%
Promedio de Humedad	%	5.90%		8.03%		10.28%		13.80%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.696		1.738		1.704		1.577	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.765 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	:	9.5%

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.S.C. ARICA
 Mgr. Arnoldo Yana Torres
 CIP 103207

BIE: B018 - 00093690



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



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS : EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RIGIDOS MODIFICADOS POR TRABAJOS DESTRUCTIVOS EN OBRAS DE MEJORAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL BARRIO SANTA BÁRBARA - JULIACA 2024

SOLICITANTE : Bach. BELITZA RAQUEL QUISPE CORNEJO

UBICACIÓN : BARRIO DE SANTA BARBARA

PROGRESIVA : KM 0+500 - MARGEN DERECHO

MUESTRA : CALICATA 01

FECHA : OCTUBRE DEL 2024

MOLDE No	III	II	I
No de CAPAS	5	5	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12	25	58
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	12270	12409	12410	12551	12730	12954
Peso del Molde	gr.	8132	8132	8030	8030	8272	8272
Peso del Suelo Humedo	gr.	4138	4277	4380	4521	4458	4682
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.966	2.032	2.084	2.151	2.126	2.233

Capsula No	No	5	4	B	15	14	E	4	10	T
Suelo Humedo + Capsula	gr.	268.73	263.57	226.17	260.80	258.85	236.63	216.82	209.42	224.29
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	215.60	216.40	193.95	215.70	216.30	201.38	186.30	181.90	193.74
Peso del Agua	gr.	51.13	47.17	32.22	45.10	42.55	35.25	32.32	27.52	30.55
Peso de la Capsula	gr.	39.74	39.87	23.64	38.93	39.63	23.40	40.11	39.80	23.12
Peso del Suelo Seco	gr.	175.88	176.43	170.31	176.77	176.67	177.98	146.19	142.10	170.62
% de Humedad	%	29.07%	26.74%	18.92%	25.51%	24.08%	19.81%	22.11%	19.37%	17.91%
Promedio de Humedad	%	27.91%		18.92%	24.80%		19.81%	20.74%		17.91%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.537	1.709	1.670	1.795	1.761	1.894			

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/10/2024	08:25 a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
19/10/2024	08:25 a.m.	24:00:00	0.16	0.00	0.03	0.21	0.01	0.05	0.25	0.01	0.05
20/10/2024	08:25 a.m.	48:00:00	0.19	0.00	0.04	0.26	0.01	0.06	0.30	0.01	0.07
21/10/2024	08:25 a.m.	72:00:00	1.24	0.03	0.27	0.33	0.01	0.07	0.37	0.01	0.08
22/10/2024	08:25 a.m.	96:00:00	1.29	0.03	0.28	0.36	0.01	0.08	0.40	0.01	0.09

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.
0.00	0:00		0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		
0.63	00:30		0.0	25.1	0.9	2.3	35	1.8		4.8	46	2.3		
1.27	01:00		1.5	31.6	1.6	4.3	43	2.2		6.5	53	2.7		
1.91	01:30		3.1	38.3	1.9	7.1	65	2.8		9.7	66	3.4		
2.54	02:00	70.31	3.8	41.3	2.1	10.3	69	3.5		12.8	79	4.0		
3.81	03:00		7.4	56.5	2.9	15.4	90	4.6		17.6	100	5.0		
5.09	04:00	105.00	9.4	65.0	3.3	19.1	106	5.4		21.8	118	5.9		
6.35	05:00		11.1	72.2	3.7	22.4	120	6.1		25.6	134	6.8		
7.62	06:00		12.6	78.6	4.0	24.8	130	6.8		27.3	141	7.1		
8.84	07:00		13.6	82.9	4.2	27.9	144	7.3		29.5	150	7.6		
10.16	08:00		13.0	80.3	4.1	26.6	138	7.0		28.5	146	7.4		

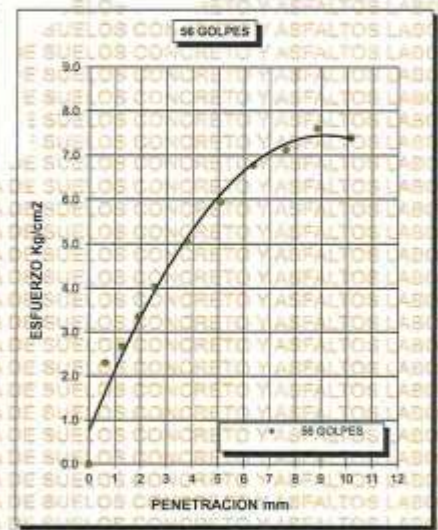
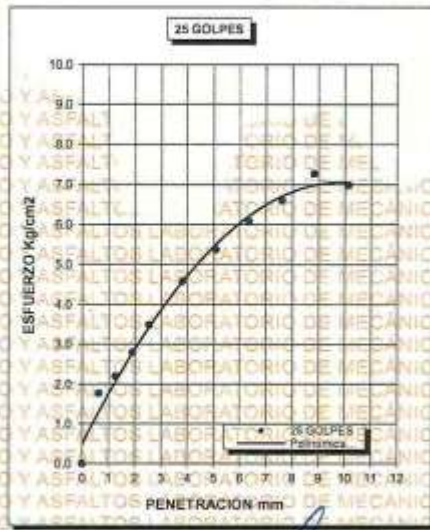
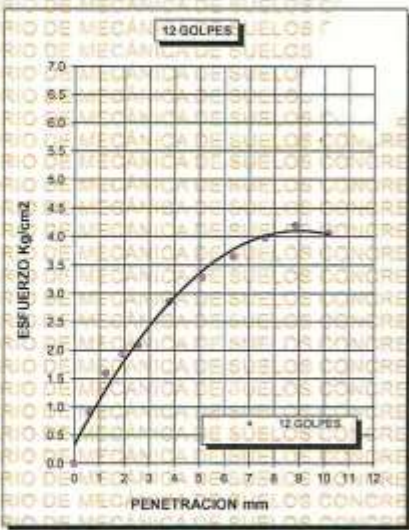
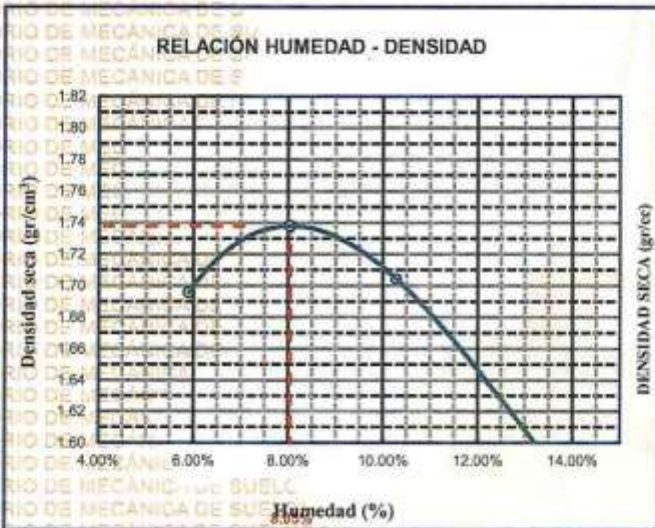
LABORATORIO N.S.C.A. JULIACA
 UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CIVIL INGENIERIA CIVIL
 NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 C.I.F. 10325



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 : EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS MODIFICADOS POR TRABAJOS DESTRUCTIVOS EN OBRAS DE MEJORAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL BARRIO SANTA BÁRBARA JULIACA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO : Bach. BELITZA RAQUEL QUISPE CORNEJO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.) 1.765
UBICACIÓN : BARRIO SANTA BARBARA sa	HUMEDAD OPTIMA (%) 9.50%
PROGRESIVA : KM 0+500 - MARGEN DERECHO	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 6.32
SUELO NATURAL - CALICATA 01	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 5.30
FECHA : OCTUBRE DEL 2024	CLASIFICACIÓN : CL
	AASHTO : A-2
	EMBEBIDO : 4 DIAS



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - IAP INGENIERÍA CIVIL
 Mtro. Arnaldo Yana Torres
 10/2024



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

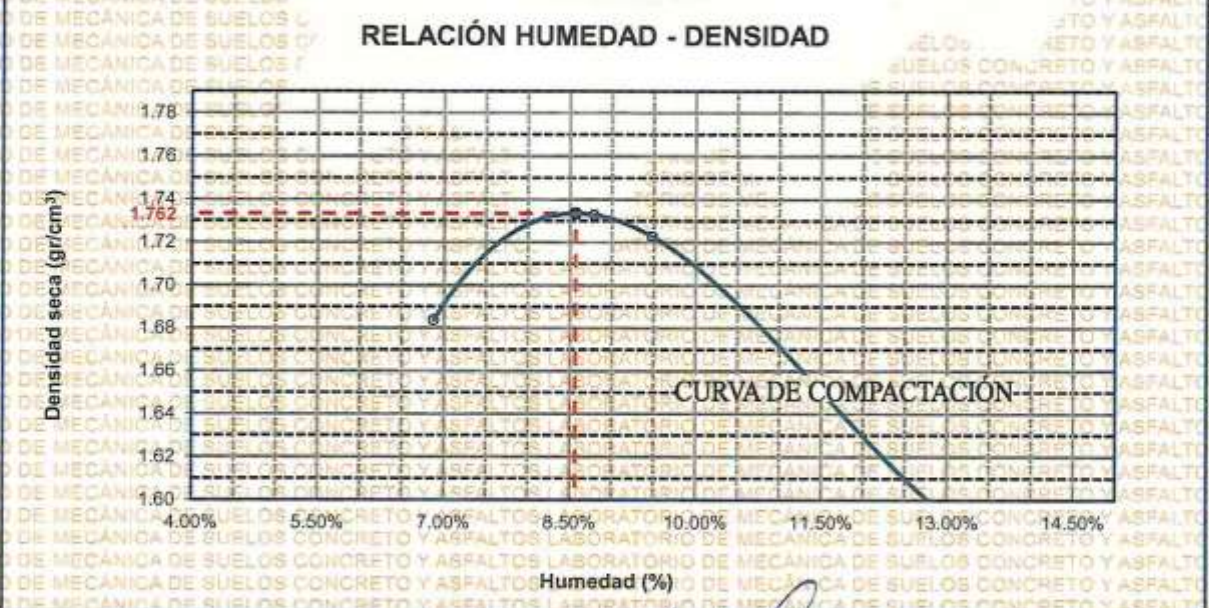
TESIS	: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS MODIFICADOS POR TRABAJOS DESTRUCTIVOS EN OBRAS DE MEJORAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL BARRIO SANTA BÁRBARA - JULIACA 2024
SOLICITANTE	: Bach. BELITZA RAQUEL QUISPE CORNEJO
UBICACIÓN	: BARRIO SANTA BARBARA
PROGRESIVA	: KM 0+500 - MARGEN DERECHO
MUESTRA	: CALICATA 02
FECHA	: OCTUBRE 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.	9770	9950	9952	9772
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	3788	3968	3970	3790
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	1.800	1.885	1.886	1.800

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	414.29	403.26	432.78	412.59	424.77	405.52	400.32	379.40
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	396.37	377.14	401.25	386.10	398.46	373.60	353.18	352.18
Peso del Agua	gr.	17.92	26.12	31.53	26.49	26.31	31.92	47.14	27.22
Peso de la Capsula	gr.	64.72	64.37	63.42	64.64	66.67	65.88	65.80	66.55
Peso del Suelo Seco	gr.	331.65	312.77	337.83	321.46	329.79	307.72	287.38	285.63
% de Humedad	%	5.40%	8.35%	9.33%	8.24%	8.58%	10.37%	16.40%	9.53%
Promedio de Humedad	%	6.88%		8.79%		9.48%		12.97%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.684		1.733		1.723		1.594	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.762 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 9.32%



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

Mtr. 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



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS MODIFICADOS POR TRABAJOS DESTRUCTIVOS EN OBRAS DE MEJORAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL BARRIO SANTA BÁRBARA - JULIACA 2024					
SOLICITANTE	Bach. BELITZA RAQUEL QUISPE CORNEJO					
UBICACIÓN	BARRIO SANTA BARBARA					
PROGRESIVA	KM 0+500 - MARGEN DERECHO					
MUESTRA	CALICATA 02					
FECHA	OCTUBRE DEL 2024					

MOLDE No	III		II		I	
	5	5	5	5	5	5
No DE CAPAS	5	5	5	5	5	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12	25	25	25	56	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde	gr. 12188	12319	12328	12461	12648	12872
Peso del Molde	gr. 8005	8005	8102	8102	8242	8242
Peso del Suelo Humedo	gr. 4183	4314	4226	4359	4406	4630
Volumen del Suelo	cc. 2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc. 1.987	2.050	2.011	2.074	2.102	2.208

Capsula No	5		4		B		15		14		E		4		10		T	
	No	5	4	B	15	14	E	4	10	T	No	5	4	B	15	14	E	
Suelo Humedo + Capsula	gr. 265.57	262.48	225.19	260.74	258.62	234.70	218.83	209.43	224.34	217.62	218.42	203.38	189.72	183.82	185.66	189.72	183.82	185.66
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr. 217.62	218.42	194.89	178.72	178.81	179.95	149.67	143.98	172.54	149.67	143.98	172.54	149.67	143.98	172.54	149.67	143.98	172.54
Peso del Agua	gr. 47.95	44.06	30.30	43.12	40.20	31.34	26.91	25.61	28.68	26.91	25.61	28.68	26.91	25.61	28.68	26.91	25.61	28.68
Peso de la Capsula	gr. 39.71	39.95	23.62	38.90	39.61	23.41	40.05	39.84	23.12	40.05	39.84	23.12	40.05	39.84	23.12	40.05	39.84	23.12
Peso del Suelo Seco	gr. 177.91	178.47	171.27	178.72	178.81	179.95	149.67	143.98	172.54	149.67	143.98	172.54	149.67	143.98	172.54	149.67	143.98	172.54
% de Humedad	% 26.95%	24.69%	17.69%	24.13%	22.48%	17.42%	19.32%	17.79%	16.62%	19.32%	17.79%	16.62%	19.32%	17.79%	16.62%	19.32%	17.79%	16.62%
Promedio de Humedad	%	25.82%	17.69%	23.30%	17.42%	18.55%	16.62%											
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.580	1.741	1.631	1.766	1.773	1.894											

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/10/2024	08:25 a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
19/10/2024	08:25 a.m.	24:00:00	0.18	0.00	0.04	0.21	0.01	0.05	0.25	0.01	0.05
20/10/2024	08:25 a.m.	48:00:00	0.23	0.01	0.05	0.29	0.01	0.06	0.32	0.01	0.07
21/10/2024	08:25 a.m.	72:00:00	0.28	0.01	0.06	0.32	0.01	0.07	0.38	0.01	0.08
22/09/2023	08:25 a.m.	96:00:00	0.31	0.01	0.07	0.37	0.01	0.08	0.41	0.01	0.09

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		0.0	25.1	0.9	2.4	35	1.8	4.8	46	2.3	1.9	13.4	
1.27	01:00		1.7	32.3	1.6	4.5	44	2.2	6.9	54	2.8	2.2	16.3	
1.91	01:30		3.4	39.6	2.0	7.5	57	2.9	9.9	67	3.4	2.7	20.2	
2.54	02:00	70.31	4.8	45.9	2.3	10.4	69	3.5	12.8	79	4.0	3.1	23.1	
3.81	03:00		7.5	57.0	2.9	15.6	91	4.6	17.8	101	5.1	3.9	28.8	
5.09	04:00	105.00	9.5	65.5	3.3	19.6	108	5.5	19.5	108	5.5	4.4	33.0	
6.35	05:00		11.2	72.7	3.7	22.5	121	6.1	25.6	134	6.8	5.1	38.7	
7.62	06:00		12.7	79.0	4.0	27.8	144	7.3	27.5	142	7.2	5.5	41.7	
8.84	07:00		14.1	85.0	4.3	27.9	144	7.3	29.8	152	7.7	5.9	44.6	
10.16	08:00		13.6	82.7	4.2	26.9	139	7.0	28.8	147	7.4	5.7	43.6	

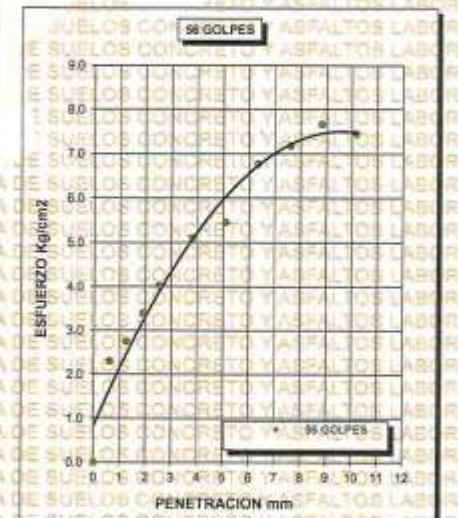
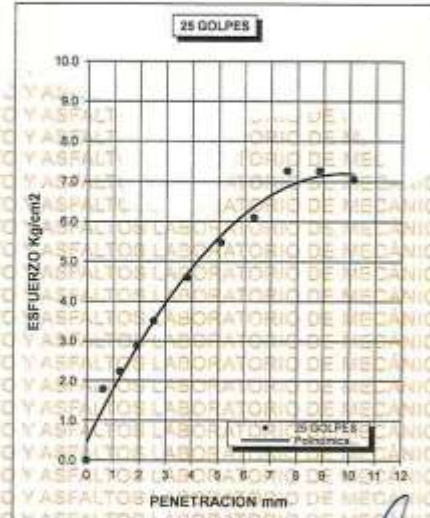
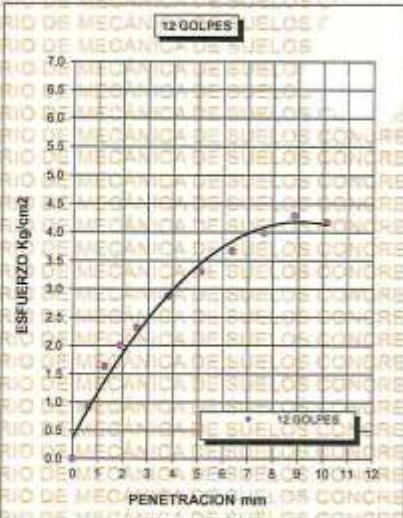
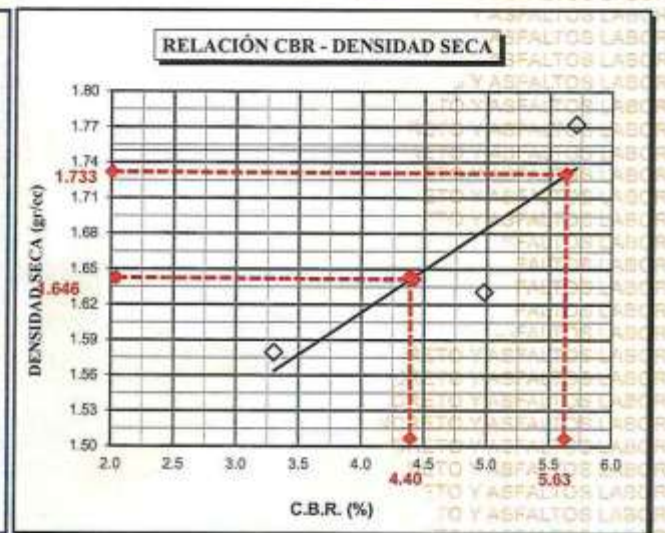
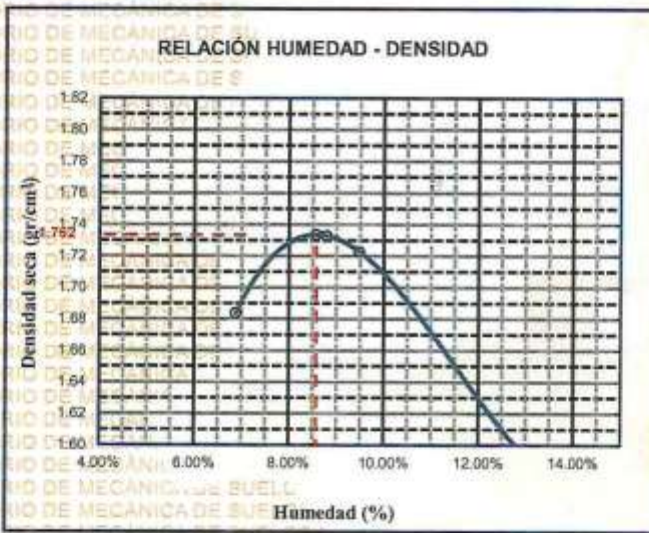
INVESTIGADORA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 F.I.P. - CAP. INGENIERÍA CIVIL
 M.S.C.A. JEFATURA
 Mgtr. Arnaldo Yana Torres
 CIP 101257



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 :	"EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS MODIFICADOS POR TRABAJOS DESTRUCTIVOS EN OBRAS DE MEJORAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL BARRIO SANTA BÁRBARA - JULIACA 2024"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. BELITZA RAQUEL QUISPE CORNEJO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1.762
UBICACIÓN :	BARRIO SANTA BARBARA	HUMEDAD OPTIMA (%) 8.57%
PROGRESIVA :	KM 01 + 500	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 6.00
MUESTRA :	SUELO NATURAL - CALICATA 02	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 5.22
FECHA :	OCTUBRE 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 M.S.C.A. JEFFATURA
 M.Sc. JEFFATURA
 Mgr. Arnaldo Yano Torres
 CIP: 10377



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

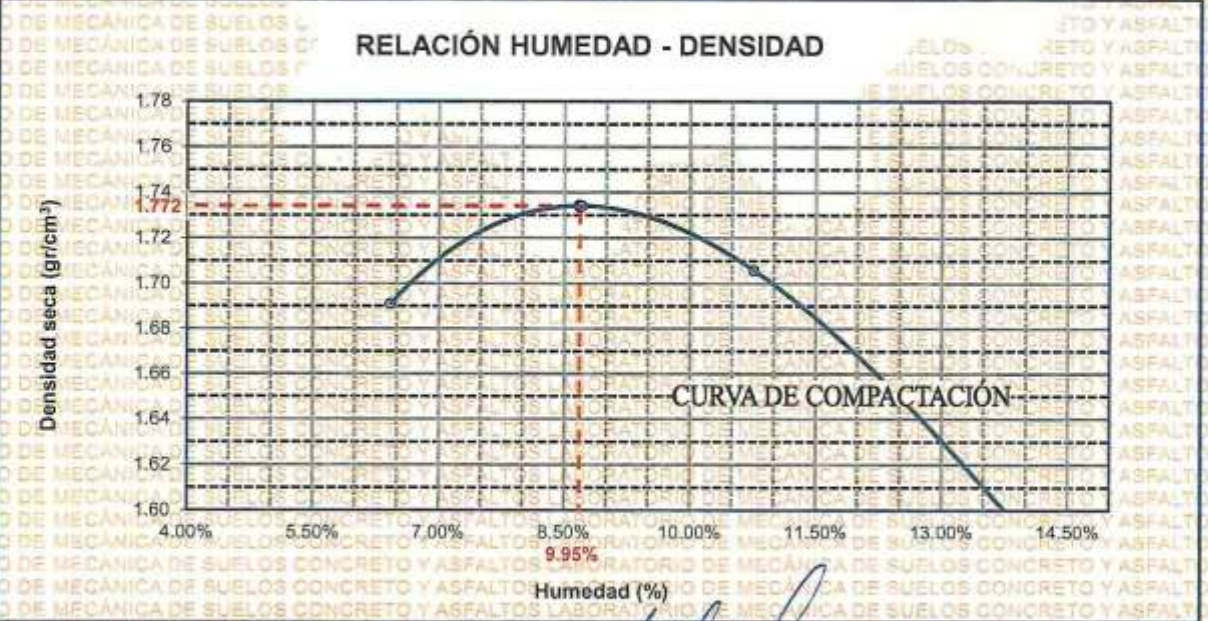
TESIS	SUELOS DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTOS LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTOS		
SOLICITANTE	: Bach. BELITZA RAQUEL QUISPE CORNEJO		
UBICACIÓN	: BARRIO SANTA BARBARA		
PROGRESIVA	: KM 0+500 - MARGEN DERECHO		
MUESTRA	: CALICATA 03		
FECHA	: OCTUBRE DEL 2024		

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

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9770	9950	9959	9776
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	3788	3968	3977	3794
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	1.800	1.885	1.889	1.802

Capsula No	No	SUP.		INF.		SUP.		INF.	
		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	418.32	407.71	436.79	416.76	429.01	407.72	404.52	383.46
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	396.10	387.85	409.35	386.28	394.59	373.77	353.37	352.50
Peso del Agua	gr.	22.22	19.86	27.44	30.48	34.42	33.95	51.15	30.96
Peso de la Capsula	gr.	64.70	64.38	63.46	64.63	66.60	65.83	65.74	66.57
Peso del Suelo Seco	gr.	331.40	323.47	345.89	321.65	327.99	307.94	287.63	265.93
% de Humedad	%	6.70%	6.14%	7.93%	9.48%	10.49%	11.02%	17.78%	10.83%
Promedio de Humedad	%	6.42%		8.70%		10.76%		14.31%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.751		1.734		1.706		1.577	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.772 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 9.95%




 Mtr. Arnaldo Yane Torres
 LABORATORIO M.S.C.A. JEFFATUR
 UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL



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



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	195/86471/5421/11/1675827856/3890117265
SOLICITANTE	Bach. BELITZA RAQUEL QUISPE CORNEJO
UBICACIÓN	BARRIO SANTA BARBARA
PROGRESIVA	KM 0+500 - MARGEN DERECHO
MUESTRA	CALICATA 03
FECHA	OCTUBRE DEL 2024

MOLDE No	III	II	I
No DE CAPAS	5	5	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	12176	12304	12314	12446	12636	12673
Peso del Molde	gr.	8104	8104	8004	8004	8239	8239
Peso del Suelo Humedo	gr.	4072	4200	4310	4442	4397	4634
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.935	1.995	2.051	2.113	2.097	2.210

Capsula No	No	5	4	B	15	14	E	4	10	T
Suelo Humedo + Capsula	gr.	266.57	263.22	227.18	259.68	257.52	233.98	217.39	206.41	223.62
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	215.14	216.48	194.96	213.27	215.38	200.66	188.60	178.50	192.63
Peso del Agua	gr.	51.43	46.74	32.22	46.41	42.13	33.32	28.79	27.91	30.99
Peso de la Capsula	gr.	39.71	39.57	23.64	38.90	39.57	23.25	40.04	39.77	23.18
Peso del Suelo Seco	gr.	175.43	176.51	171.32	174.37	175.82	177.41	148.56	138.73	169.45
% de Humedad	%	29.32%	26.46%	18.81%	26.62%	23.96%	18.78%	19.36%	20.12%	18.29%
Promedio de Humedad	%	27.90%	18.81%	18.81%	25.29%	18.78%	18.78%	19.75%	18.29%	18.29%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.513	1.680	1.637	1.637	1.779	1.751	1.751	1.869	1.869

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/10/2024	08:25 a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
19/10/2024	08:25 a.m.	24:00:00	0.19	0.00	0.04	0.25	0.01	0.05	0.28	0.01	0.08
20/10/2024	08:25 a.m.	48:00:00	0.21	0.01	0.05	0.27	0.01	0.06	0.35	0.01	0.08
21/10/2024	08:25 a.m.	72:00:00	0.27	0.01	0.06	0.30	0.01	0.07	0.37	0.01	0.08
22/10/2024	08:25 a.m.	96:00:00	0.33	0.01	0.07	0.35	0.01	0.08	0.40	0.01	0.09

PENETRACION

Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		
0.63	00:30		0.7	26.1	0.9		2.4	35	1.8		4.9	46	2.3	
1.27	01:00		1.6	31.9	1.6		4.5	44	2.2		7.3	56	2.8	
1.91	01:30		3.1	38.3	1.9		7.3	56	2.8		10.1	68	3.4	
2.54	02:00	70.31	4.9	45.9	2.3		10.2	68	3.6		13.3	82	4.1	
3.81	03:00		7.5	57.0	2.9		14.9	88	4.5		17.6	100	5.0	
5.09	04:00	105.00	9.4	65.0	3.3		19.3	107	5.4		23.5	125	6.3	
6.35	05:00		12.2	76.9	3.9		22.6	121	6.1		25.3	133	6.7	
7.62	06:00		12.7	79.0	4.0		25.9	135	6.6		27.1	140	7.1	
8.84	07:00		14.1	85.0	4.3		28.1	144	7.3		29.9	152	7.7	
10.16	08:00		13.6	82.9	4.2		26.8	139	7.0		29.1	149	7.5	



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

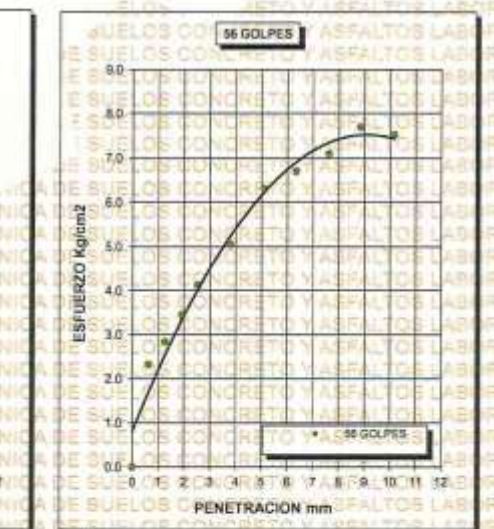
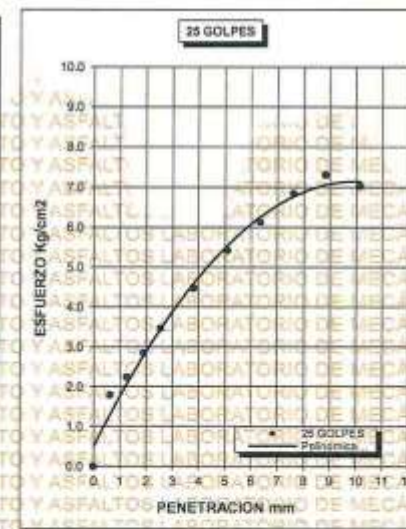
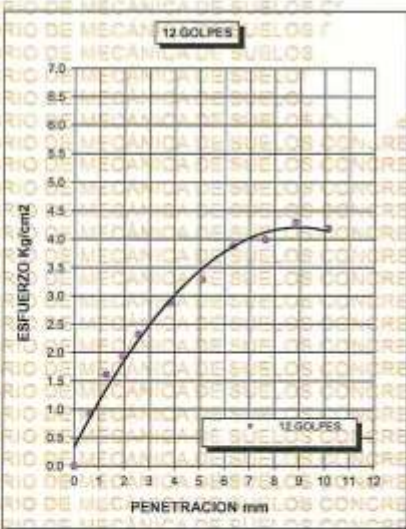
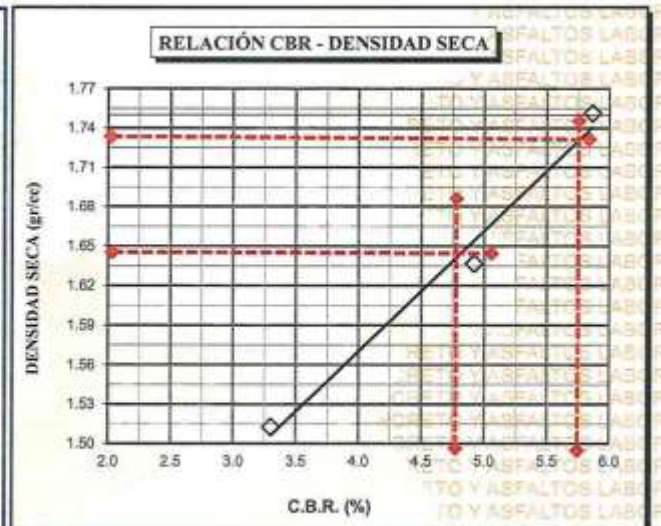
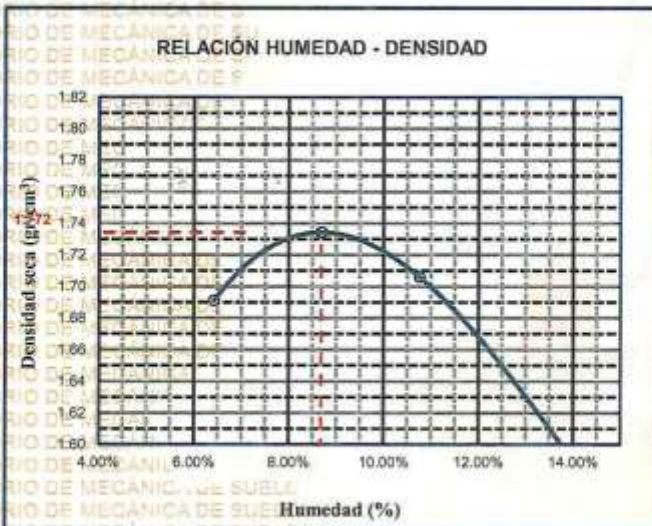
Mge. Arnoldo Yana Torres
 CIP 103057



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 :	EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS MODIFICADOS POR TRABAJOS DESTRUCTIVOS EN OBRAS DE MEJORAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL BARRIO SANTA BÁRBARA - JULIACA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. BELITZA RAQUEL QUISPE CORNEJO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.) 1.772
UBICACIÓN :	URB. SANTA BARBARA	HUMEDAD OPTIMA (%) 9.95%
PROGRESIVA :	KM 02 + 500	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 5.86
MUESTRA :	SUELO NATURAL - CALICATA - 03	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 5.15
FECHA :	OCTUBRE DEL 2024	CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



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

Mge. 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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS MODIFICADOS POR TRABAJOS DESTRUCTIVOS EN OBRAS DE MEJORAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL BARRIO SANTA BÁRBARA - JULIACA 2024
SOLICITANTE	: Bach. BELITZA RAQUEL QUISPE CORNEJO
UBICACIÓN	: BARRIO SANTA BARBARA
PROGRESIVA	: KM 0+500 - MARGEN DERECHO
MUESTRA	: CALICATA 04
FECHA	: OCTUBRE DEL 2024

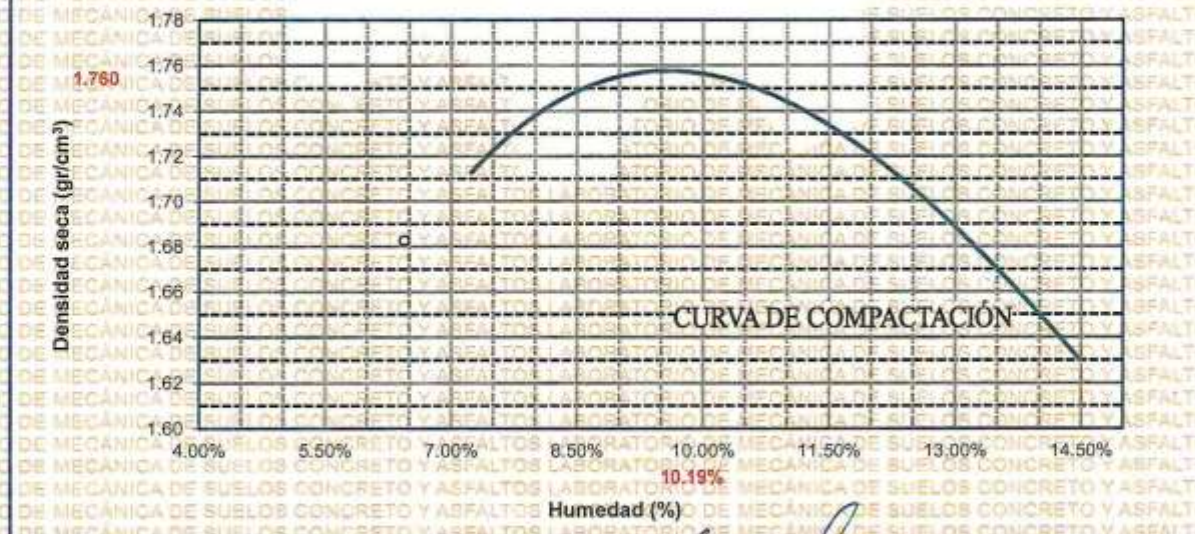
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2105 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	9752	9942	9950	9770
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	3770	3960	3968	3788
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.791	1.881	1.885	1.800

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	414.82	403.59	432.81	412.81	424.51	403.50	399.58	379.44
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	392.12	384.38	402.25	384.70	390.76	369.60	349.76	348.32
Peso del Agua	gr.	22.50	19.21	30.56	28.11	33.75	33.90	49.82	31.12
Peso de la Capsula	gr.	64.69	64.58	63.83	64.88	66.25	65.48	65.35	66.42
Peso del Suelo Seco	gr.	327.43	319.80	338.42	319.82	324.51	304.12	284.41	281.90
% de Humedad	%	6.87%	6.01%	9.03%	8.79%	10.40%	11.15%	17.52%	11.04%
Promedio de Humedad	%	6.44%		8.91%		10.77%		14.28%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.683		1.727		1.702		1.575	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.760 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	: 10.19%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
 M.S.C. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103217

BIE: B018 - 00093690



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



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	EVALUACIÓN DE LA CONDICION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RIGIDOS MODIFICADOS POR TRABAJOS DESTRUCTIVOS EN OBRAS DE MEJORAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL BARRIO SANTA BARBARA - JULIACA 2024					
SOLICITANTE	Bach. BELITZA RAQUEL QUILPE CORNEJO					
UBICACIÓN	BARRIO SANTA BARBARA					
PROGRESIVA	KM 0+500 - MARGEN DERECHO					
MUESTRA	CALICATA 04					
FECHA	OCTUBRE DEL 2024					

MOLDE No	III		II		I	
No DE CAPAS	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	12178	12307	12318	12451	12638	12862
Peso del Molde	gr.	8092	8092	8003	8003	8232	8232
Peso del Suelo Humedo	gr.	4086	4215	4315	4448	4406	4630
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.941	2.003	2.053	2.116	2.102	2.208

Capsula No	No	5	4	B	15	14	E	4	10	T
Suelo Humedo + Capsula	gr.	262.88	259.62	222.51	266.70	254.89	230.41	214.49	205.70	220.77
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	211.50	212.39	189.68	211.70	212.58	197.50	183.64	179.43	189.37
Peso del Agua	gr.	51.38	47.23	32.83	45.00	42.31	32.91	30.85	26.27	31.40
Peso de la Capsula	gr.	39.69	38.92	23.59	38.88	39.58	23.35	40.06	39.75	23.07
Peso del Suelo Seco	gr.	171.81	173.47	166.09	172.82	173.00	174.15	143.58	139.68	166.30
% de Humedad	%	29.91%	27.38%	19.77%	26.04%	24.46%	18.90%	21.48%	18.81%	18.88%
Promedio de Humedad	%	28.64%	19.77%	25.25%	18.90%	20.15%	18.88%			
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.509	1.672	1.639	1.780	1.749	1.858			

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/10/2024	08:25 a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
19/10/2024	08:25 a.m.	24:00:00	0.17	0.00	0.04	0.20	0.01	0.04	0.21	0.01	0.05
20/10/2024	08:25 a.m.	48:00:00	0.21	0.01	0.05	0.25	0.01	0.05	0.27	0.01	0.05
21/10/2024	08:25 a.m.	72:00:00	0.24	0.01	0.05	0.29	0.01	0.06	0.33	0.01	0.07
22/10/2024	08:25 a.m.	96:00:00	0.29	0.01	0.08	0.34	0.01	0.07	0.36	0.01	0.08

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	00:30		0.0	25.1	0.9		2.4	36	1.8		4.5	44	2.2	
1.27	01:00		1.6	31.9	1.6		4.1	43	2.2		6.5	53	2.7	
1.91	01:30		3.1	38.3	1.9		7.1	66	3.4		9.2	64	3.2	
2.54	02:00	70.31	4.7	45.1	2.3		10.1	66	3.4		12.1	76	3.9	
3.81	03:00		7.2	55.7	2.8		14.0	85	4.3		16.9	97	4.9	
5.09	04:00	105.00	9.2	64.2	3.2		18.1	102	5.2		20.8	113	5.7	
6.35	05:00		10.1	68.0	3.4		21.5	116	5.9		23.8	126	6.4	
7.62	06:00		11.1	72.2	3.7		23.8	126	6.4		25.7	134	6.8	
8.84	07:00		12.1	76.5	3.9		25.7	134	6.8		27.3	141	7.1	
10.16	08:00		11.6	74.4	3.8		23.7	126	6.4		26.4	137	6.9	



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

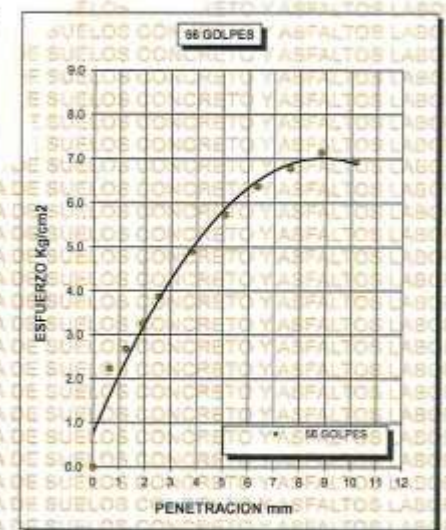
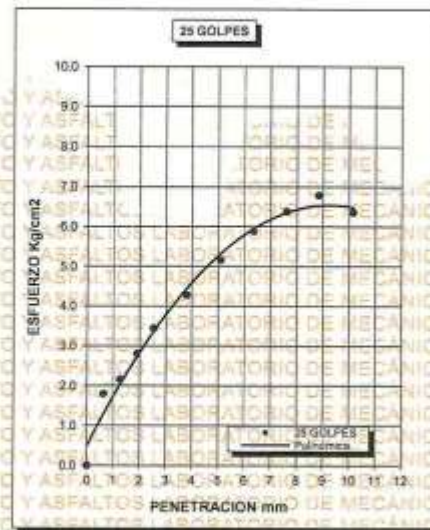
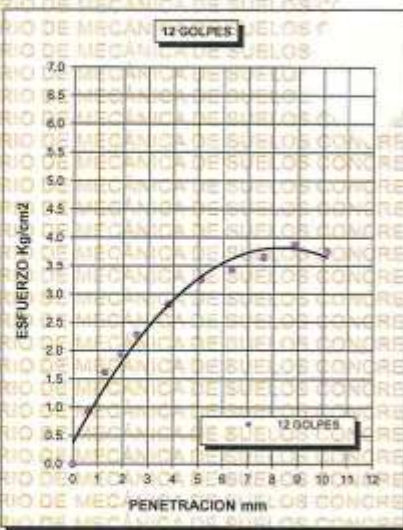
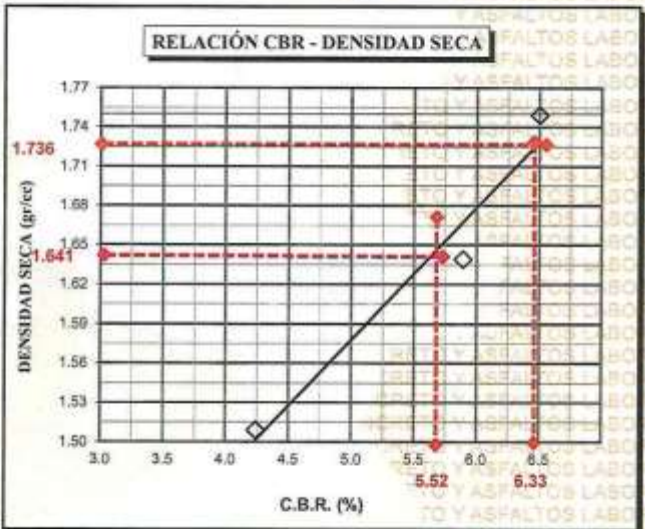
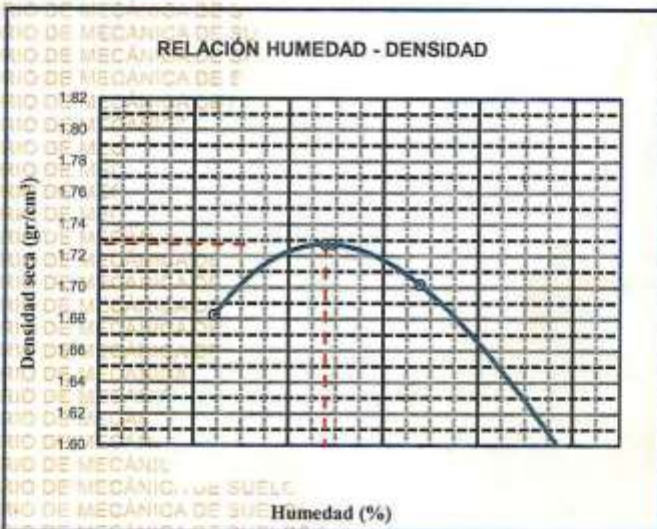
Mgy. Arnaldo Yane Torres
 CIP 100257



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



"EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS MODIFICADOS POR TRABAJOS DESTRUCTIVOS EN OBRAS DE MEJORAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL BARRIO SANTA BÁRBARA - JULIACA 2024"		METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
PROYECTO :	Bach. BELITZA RAQUEL QUISPE CORNEJO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.760
SOLICITADO :	BARRIO SANTA BARBARA	HUMEDAD OPTIMA (%)	8.78%
UBICACIÓN :	KM 03 + 500	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	6.33
PROGRESIVA :	SUELO NATURAL - CALICATA 04	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	5.52
MUESTRA :		CLASIFICACIÓN :	CL
FECHA :		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
 M.S.C.A. JEFATURA
 Mgr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 28-01-2025

I. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: BELITZA RAQUEL QUISPE CORNEJO

Dirección: Av. NUEVA ZELANDIA E-2

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70133332

Teléfono: 936 526 172 email: Raquelquispecornejo@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: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS MODIFICADOS

POR TRABAJOS DESTRUCTIVOS EN OBRAS DE MEJORAMIENTO DE AGUA

POTABLE EN EL BARRIO SANTA BÁRBARA - JULIACA 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): SUBRASANTE, DESTRUCTIVOS, CONDICIÓN ESTRUCTURAL, CBR

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

1

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, 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

28-01-2025

Fecha