



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO
DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON
EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN
LA CARRETERA CAPACHICA – CCOTOS 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO

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 DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO
DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON
EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN
LA CARRETERA CAPACHICA – CCOTOS 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO

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

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

PRIMER MIEMBRO

:

Dr. LEONEL SUASACA PELINGO

SEGUNDO MIEMBRO

:

Dr. ARNALDO YANA TORRES

ASESOR DE TESIS

:

Mgr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1402-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 31 de octubre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 013107 presentado por el (la) Bachiller: PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO 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. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO, quien solicita NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN de la Tesis Titulado: EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS 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. MILTHON QUISPE HUANCA
* 1er Miembro : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
* 2do Miembro : Dr. ARNALDO YANA TORRES

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

ARTICULO TERCERO . - APROBAR, la FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS de el (la) bachiller: PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO; del informe final de la investigación (tesis) titulado: EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS 2024 para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * FECHA : Jueves 07 de noviembre del 2024
* HORA : 10:00 a.m.
* LUGAR : Aula 406 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



Dr. Efraim...
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



RESOLUCIÓN DECANAL N° 942-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 04 de setiembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 11395 por el señor (a): PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 899 - 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 162- 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): PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) **Titulado: EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS 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° 162- 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) **titulado: EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS 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): PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema **Titulado: EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS 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), Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

WILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



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

Dr. Efraín Pañillo Zosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 561-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 03 de julio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 7492, presentado el o (la) Bachiller PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 599 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 175 -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 o (la) Bachiller: PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS 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 Mgtr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 175 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS 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 o (la) Bachiller: PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS 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 Mgtr. **FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

Archivo 2024
Interesado (a)



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

Dr. MILTHON QUISEP HUANCA
DECANO
CIP. 47790



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

Dr. Efraín Pantoja Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA – CCOTOS 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

14%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	12%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
4	www.cec.org Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Ecuador - PUCE Trabajo del estudiante	<1%
7	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1%



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS 2024	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	Paolo Nolberto Hanco Hanco
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	71819316
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0007-8985-4553
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Franz Joseph Barahona Perales
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02442876
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8509-7224
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Milthon Quispe Huanca
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Leonel Suasaca Pelinco
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Arnaldo Yana Torres
Tipo de documento	DNI



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO, identificado con DNI Nro. 71819316, 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 DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA
CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO
RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCÓTOS 2024

Asesorado por: Mgr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

Es un tema original.

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

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como propias 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.

Juliana 04 de diciembre del 2024



Firma del Asesor
(obligatoria)



Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A mis padres muchos de mis logros, incluido éste, y les agradezco que me ayudaran a convertirme en la persona que soy hoy. Me forjaron con valores y me inspiraron para alcanzar todas mis metas.



AGRADECIMIENTO

A mis docentes, por todas sus contribuciones esenciales y el alto nivel humano que me han demostrado a través de su amistad.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	X

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1	Análisis de la situación problemática.....	1
1.2	Planteamiento del problema.....	2
	1.2.1 Problema general.....	2
	1.2.2 Problemas específicos.....	3
1.3	Objetivos de la investigación.....	3
	1.3.1 Objetivo general.....	3
	1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4	Justificación de la investigación.....	4
	1.4.1 Justificación técnica.....	4
	1.4.2 Justificación económica.....	4
	1.4.3 Justificación social.....	4
	1.4.4 Justificación ambiental.....	5
1.5	Hipótesis de la investigación.....	5
	1.5.1 Hipótesis general.....	5
	1.5.2 Hipótesis específicas.....	5
1.6	Variables e indicadores.....	6
	1.6.1 Variable independiente.....	6
	1.6.2 Variable dependiente.....	6
1.7	Operacionalización de variables.....	7



CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

CAPITULO II: 8
2.1 Antecedentes de la investigación 8
2.1.1 Antecedentes internacionales 8
2.1.2 Antecedente nacional 10
2.1.3 Antecedente de ámbito local 12
2.2 Bases teóricas 13
2.2.1 Subrasante: fundamentos y relevancia en la construcción de carreteras 13
2.2.1.1 Definición y funciones de la subrasante 14
2.2.1.2 Propiedades físicas y mecánicas de la subrasante 15
2.2.1.3 Métodos de evaluación de la capacidad de soporte 16
2.2.2 Concreto Reciclado Triturado: caracterización y usos en ingeniería civil 18
2.2.2.1 Origen y propiedades de las Concreto Reciclado Triturado 19
2.2.2.2 Aplicaciones de las Concreto Reciclado Triturado en mejora de suelos 21
2.2.3 Sinergia entre Concreto Reciclado Triturado en la estabilización de suelos 23
2.2.3.1 Investigaciones sobre la combinación de Concreto Reciclado Triturado 25
2.2.3.2 Impacto en las propiedades de la subrasante 27
2.2.4 Consideraciones ambientales y sostenibilidad en la construcción de carreteras 29
2.2.4.1 Impacto ambiental de la utilización de subproductos industriales 30
2.2.4.2 Contribuciones a la construcción sostenible 32
2.3 Marco conceptual 34
2.3.1. CBR 34
2.3.2. Concreto Reciclado Triturado 34
2.3.3. Suelos 34

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

CAPITULO III: 36
3.1 Diseño de la investigación 36
3.2 Método de la investigación 36
3.3 Nivel y tipo de la investigación 37
3.3.1 Nivel de la investigación 37



3.3.2 Tipo de la investigación.....	37
3.4 Población y muestra de la investigación.....	38
3.4.1 Población	38
3.4.2 Muestra	39
3.5 Técnicas e instrumentos	39
3.5.1 Técnicas.....	39
3.5.2 Instrumentos de recolección de datos investigación.....	40
3.6 Validación y confiabilidad del instrumento	41
3.6.1 Validación de los instrumentos	41
3.6.2 Confiabilidad de instrumentos	41
3.7 Plan de recolección y procesamiento de datos	42
3.7.1 Selección de calicatas.....	42
3.8 Procesamiento y análisis de datos	50

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CAPITULO IV:	51
4.1 Presentación y análisis de resultados	51
4.1.1 Capacidad de soporte de la subrasante y afirmado de la vía	59
4.1.2 Influencia de la inclusión de concreto reciclado triturado en la capacidad de soporte ...	62
4.1.3 Subrasante estabilizada y los ejes equivalentes actuales	65
4.2 Discusión de resultados	69
CONCLUSIONES.....	71
RECOMENDACIONES	72
REFERENCIAS.....	73
ANEXOS	77



ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	7
TABLA 2 PRUEBAS A REALIZAR	39
TABLA 3 TRAMOS DE CALICATAS	43
TABLA 4 HUMEDAD EN LAS MUESTRAS	52
TABLA 5 IP NATURAL DE LAS UNIDADES DE MUESTREO	55
TABLA 6 SUBRASANTE – NIVEL DE COMPACTACIÓN.....	56
TABLA 7 CBR	59
TABLA 8 CBR DE LAS CALICATAS + 5% CONCRETO RECICLADO TRITURADO.....	62
TABLA 9 CBR DE LAS CALICATAS + 10% DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO.....	63
TABLA 10 CBR DE LAS CALICATAS + 15% DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO.....	64



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de la vía.....	38
Figura 2 Localización de puntos analizados.....	42
Figura 3 Humedad presente en las muestras	52
Figura 4 Tamizado M – 1	53
Figura 5 Tamizado M – 2	53
Figura 6 Tamizado M – 3.....	54
Figura 7 Tamizado M – 4	54
Figura 8 Comparativa de los limites alcanzados	55
Figura 9 Humedad – Densidad de la C.1	56
Figura 10 Humedad – Densidad de la C.2	57
Figura 11 Humedad – Densidad de la C.3	57
Figura 12 Humedad – Densidad de la C.4	58
Figura 13 Humedad – Densidad	58
Figura 14 CBR – C.1.....	59
Figura 15 CBR – C.2.....	60
Figura 16 CBR – C.3.....	60
Figura 17 CBR – C.4.....	61
Figura 18 CBR de la subrasante natural	61
Figura 19 Comparativa de las CBR de la subrasante natural + Concreto Reciclado Triturado al 5%	63
Figura 20 Comparativa de las CBR de la subrasante natural + Concreto Reciclado Triturado al 10%	64
Figura 21 Comparativa de las CBR de la subrasante natural + Concreto Reciclado Triturado al 15%	65
Figura 22 Tabla de ejes y espesores comparables (MTC)	67



RESUMEN

La presente investigación titulada "Evaluación del espesor de afirmado mediante mejoramiento de la capacidad de soporte de la subrasante con empleo de concreto reciclado triturado en la carretera Capachica – Ccotos 2024", cuando el objetivo de utilizar hormigón reciclado triturado para aumentar la capacidad portante de la subrasante es evaluar el espesor del firme. La técnica incluye un tipo aplicado, enfoque cuantitativo, diseño experimental, nivel descriptivo y explicativo, y método científico de estudio. Además, teniendo en cuenta sus valores dominantes en la región de estudio de la carretera Capachica-Ccotos, En cuanto a la capacidad portante de la carretera examinada, se obtuvieron los siguientes resultados: El CBR de la arqueta número uno era de 5,61% al 100% y de 4,60% al 95%. Los resultados obtenidos de los experimentos de laboratorio utilizando las muestras y el hormigón reciclado triturado, con incrementos promedio del CBR al 95% de 33%, 154%, y 173% para concentraciones de 5%, 10%, y 15% de CRT, respectivamente. Estos resultados indican que el CRT mejora la cohesión y resistencia del suelo, optimizando su capacidad para soportar cargas y proporcionando una base más sólida y estable. La utilización de CRT no solo promueve la sostenibilidad ambiental al reutilizar materiales de desecho, sino que también mejora la eficiencia económica y estructural en la construcción de carreteras. Al calcular el espesor basado en el valor del CBR (California Bearing Ratio) que mostró el mejor comportamiento, se definió que el espesor óptimo para la capa de afirmado es de 13.25 mm. Este valor asegura que la subrasante, estabilizada con la inclusión de concreto reciclado triturado, pueda soportar de manera efectiva las cargas aplicadas, garantizando la estabilidad y durabilidad del pavimento.

Palabras Clave: Afirmado, Subrasante, Concreto Reciclado Triturado, CBR.



ABSTRACT

The present investigation entitled "Evaluation of the thickness of the pavement by improving the bearing capacity of the subgrade with the use of crushed recycled concrete on the Capachica - Ccotos 2024 highway", when the objective of using crushed recycled concrete to increase the bearing capacity of the subgrade is to evaluate the thickness of the pavement. The technique includes an applied type, quantitative approach, experimental design, descriptive and explanatory level, and scientific method of study. In addition, taking into account its dominant values in the study region of the Capachica-Ccotos highway, Regarding the bearing capacity of the road examined, the following results were obtained: The CBR of manhole number one was 5.61% at 100% and 4.60% at 95%. The results obtained from laboratory experiments using the samples and crushed recycled concrete, with average increases in 95% CBR of 33%, 154%, and 173% for 5%, 10%, and 15% CRT concentrations, respectively. These results indicate that CRT improves soil cohesion and strength, optimizing its load-bearing capacity and providing a more solid and stable base. The use of CRT not only promotes environmental sustainability by reusing waste materials, but also improves economic and structural efficiency in road construction. By calculating the thickness based on the CBR (California Bearing Ratio) value that showed the best performance, it was defined that the optimum thickness for the underlay layer is 13.25 mm. This value ensures that the subgrade, stabilized with the inclusion of crushed recycled concrete, can effectively support the applied loads, guaranteeing the stability and durability of the pavement.

Key words: Assured, Subgrade, Crushed Recycled Concrete, CBR.



INTRODUCCIÓN

Las características del suelo de la subrasante tienen un impacto significativo en la estabilidad y longevidad de las carreteras, que actúa como base fundamental para la estructura del pavimento. En ingeniería civil, la mejora de la subrasante es una práctica común para asegurar que las carreteras puedan soportar las cargas de tráfico y resistir condiciones ambientales adversas. La investigación en el uso de materiales reciclados, como el concreto reciclado triturado (CRT), ha cobrado importancia en los últimos años por sus ventajas para la economía y la ecología.

Esta investigación busca identificar el espesor óptimo de la capa de pavimento añadiendo CRT a la ruta Capachica-Ccotos y potenciando la capacidad portante de la subrasante. Al reciclar los escombros de la construcción, el CRT no solo mejora las propiedades mecánicas del suelo, sino que también fomenta la sostenibilidad. A través de un enfoque cuantitativo y experimental, se analizarán las propiedades del suelo estabilizado con diferentes concentraciones de CRT para determinar su impacto en la capacidad de soporte y en la reducción del espesor del pavimento necesario.

La metodología aplicada incluye la realización de pruebas de laboratorio para medir el índice de soporte de California (CBR) en muestras de suelo con adiciones de CRT, así como el uso de fórmulas de diseño de pavimentos para calcular el espesor requerido. Los resultados ofrecerán una base sólida para sugerir técnicas de construcción más económicas y respetuosas con el medio ambiente. Este estudio busca contribuir al conocimiento existente en la ingeniería civil sobre el uso de materiales reciclados y ofrecer soluciones prácticas para mejorar la infraestructura vial en regiones con condiciones similares.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática

La conectividad global y la integración cultural se consiguen mediante la planificación de autopistas y carreteras. A finales del siglo XIX se construyeron pavimentos flexibles, con sus primeras aplicaciones en algunas calles de ciudades europeas y posteriormente en Estados Unidos, donde su desarrollo se aceleró considerablemente. Una de las principales ventajas de los pavimentos flexibles es su menor costo inicial de construcción, mientras que su desventaja principal radica en la necesidad de un mantenimiento frecuente. El ensayo CBR, también conocido como coeficiente de carga de California, es el método más importante para definir la capacidad de carga máxima del suelo. El porcentaje de humedad y la cantidad de materia orgánica del suelo son dos elementos que afectan a su capacidad portante.

Espero que esta versión cumpla en Argentina, (Laboret, 2021) señala que, debido a sus cualidades de compactación, los áridos reciclados procedentes de escombros de hormigón tienen cualidades mecánicas y físicas que se adaptan bien a las necesidades de las construcciones de cimientos y subbases de pavimentos. Debido a que se comportan mejor en términos de reducción del hinchamiento, aumento del valor portante relativo

(VSR), mejora del índice de compactación y disminución del índice de plasticidad, los áridos reciclados tienen un mayor efecto adherente en comparación con la fracción fina de los áridos naturales.

En cuanto a la renovación de la ruta Ica-Huancavelica en Perú, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones ha informado de un avance del 82,2%. La ruta elevará el nivel de vida de las personas que pasan regularmente por las comunidades que conectan ambas zonas. Tendrá una longitud de 104,6 kilómetros y costará unos 28 millones de soles. Los proyectos de construcción consisten en la reposición de 5 centímetros de material granular, la estabilización de una base con cemento de entre 15 y 22 centímetros mediante reciclado, y la construcción de una superficie de carretera de micropavimento completa con señalización vial. Se sustituirán las barreras de hormigón, las alcantarillas y los badenes para mejorar el drenaje y preservar las obras de arte. (Becerra, 2019).

Una de las principales vías de comunicación de la región de Puno, que contribuye en gran medida a la economía local, es la ruta Capachica-Ccotos. Debido a su accidentada topografía y a un clima implacable, la zona tiene una serie de dificultades con la longevidad y la integridad estructural de su sistema de carreteras. Una forma práctica de aumentar la longevidad y la vida útil de la carretera, al tiempo que se reduce la frecuencia del costoso mantenimiento, es emplear hormigón reciclado triturado y reciclado para la estabilización de la subrasante. Con una menor dependencia de los materiales convencionales y un menor efecto medioambiental de las operaciones de construcción, Esta técnica podría reducir los costes y mejorar la sostenibilidad.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuánto es el espesor de afirmado mediante mejoramiento de la capacidad de soporte de la subrasante con empleo de concreto reciclado triturado en la carretera Capachica – Ccotos 2024?



1.2.2 Problemas específicos.

1. ¿Cuánto es la capacidad de soporte de los materiales de subrasante y de la capa de afirmado de la carretera Capachica – Ccotos 2024?
2. ¿Cuál es el impacto de la incorporación de concreto reciclado triturado en cantidades controladas sobre la capacidad de soporte CBR del material de subrasante en la carretera Capachica – Ccotos 2024?
3. ¿Cuál es el espesor resultante para el afirmado considerando una subrasante estabilizada y los ejes equivalentes actuales de la carretera Capachica – Ccotos 2024?

1.3 Objetivos de la investigación.

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el espesor de afirmado mediante mejoramiento de la capacidad de soporte de la subrasante con empleo de concreto reciclado triturado en la carretera Capachica – Ccotos 2024.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Determinar la capacidad de soporte de los materiales de subrasante y de la capa de afirmado de la carretera Capachica – Ccotos 2024.
2. Cuantificar el impacto de la incorporación de concreto reciclado triturado en cantidades controladas sobre la capacidad de soporte CBR del material de subrasante en la carretera Capachica – Ccotos 2024.
3. Estimar el espesor resultante para el afirmado considerando una subrasante estabilizada y los ejes equivalentes actuales de la carretera Capachica – Ccotos 2024.



1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación técnica

Mediante la adición de hormigón reciclado triturado a la subrasante, se introduce un enfoque revolucionario para optimizar el espesor necesario del firme, mejorar la capacidad portante del suelo y prolongar la vida útil de la carretera. Según la investigación científica, el hormigón reciclado triturado puede mejorar las cualidades estructurales de los suelos. Esto se traduce en una mayor resistencia mecánica y una menor susceptibilidad al agua, lo que resulta crucial en regiones que experimentan grandes fluctuaciones climáticas. A la hora de construir infraestructuras viarias, el objetivo de este estudio es utilizar técnicas baratas y ecológicamente beneficiosas. Además, pretende avanzar en la comprensión por parte de la ingeniería civil del uso eficiente de materiales reciclables y residuos industriales. Para futuras investigaciones en zonas de características comparables, las conclusiones de este estudio proporcionarán una base tecnológica sólida y fiable.

1.4.2 Justificación económica

Estos subproductos de la industria constituyen una alternativa asequible a los materiales convencionales. Utilizando menos materiales convencionales, como el cemento, y mejorando la estabilidad y durabilidad del suelo, se pueden conseguir importantes ahorros de costes y reducir la necesidad de mantenimiento rutinario de las carreteras. La vida útil de la infraestructura puede aumentar, mientras que los gastos iniciales de construcción y mantenimiento pueden reducirse optimizando el grosor del pavimento. Como resultado, la infraestructura vial tiene un mayor retorno de la inversión.

1.4.3 Justificación social

La construcción de la carretera Capachica-Ccotos podría mejorar significativamente la situación socioeconómica de la población local utilizando hormigón

reciclado triturado. Además de mejorar las oportunidades de empleo y la accesibilidad a los servicios necesarios, esto fomenta el flujo eficiente de productos y servicios y puede estimular el crecimiento económico local. La comunidad local también puede beneficiarse del uso de estas tecnologías en términos de intercambio de conocimientos y adquisición de experiencia técnica.

1.4.4 Justificación ambiental

La utilización de hormigón reciclado triturado en la ruta Capachica-Ccotos está permitida desde el punto de vista medioambiental, ya que puede disminuir la acumulación de escombros de construcción y demolición de concreto. Además, el uso de estos materiales para mejorar la calidad del suelo podría disminuir la erosión y el deterioro provocados por los patrones climáticos, apoyando una estrategia de gestión local más respetuosa con el medio ambiente.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 Hipótesis general

El espesor de afirmado se optimizará mediante el mejoramiento de la capacidad de soporte de la subrasante con empleo de concreto reciclado triturado en la carretera Capachica – Ccotos 2024.

1.5.2 Hipótesis específicas.

1. La capacidad de soporte de los materiales de subrasante y de la capa de afirmado de la carretera Capachica – Ccotos 2024, estarán por debajo de las especificaciones mínimas recomendadas por la EG-2013.
2. El impacto de la incorporación de concreto reciclado triturado en cantidades controladas mejorará la capacidad de soporte CBR del material de subrasante en la carretera Capachica – Ccotos 2024.



3. El espesor resultante para el afirmado considerando una subrasante estabilizada y los ejes equivalentes actuales de la carretera Capachica – Ccotos 2024, se reducirá y cumplirá lo recomendado por la norma que es de 15 cm.

1.6 Variables e indicadores

1.6.1 Variable independiente

- Concreto Reciclado Triturado

1.6.2 Variable dependiente

- **Propiedades del suelo subrasante**

Indicadores:

- (CBR)

- **Espesor de afirmado**

Indicadores:

- (CBR) de subrasante
- CBR de afirmado
- IMDA

1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable Independiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos de Medición
CONCRETO RECICLADO TRITURADO	A partir de la trituración y demolición de edificios de hormigón se produce una sustancia granular denominada hormigón reciclado triturado (CRT), reutilizado para mejorar suelos y en diversas aplicaciones de construcción. Este material contribuye a la sostenibilidad ambiental y reduce costos en proyectos de infraestructura.	Dosificaciones de los materiales a emplearse sobre la subrasante.	Dosificación de materiales.	Herramientas proporcionadas por el laboratorio de suelos
Variable Dependiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos de Medición
CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO SUBRASANTE	La capacidad portante del suelo de la subrasante se define como su capacidad para soportar y distribuir las cargas que le aplican las estructuras o los vehículos situados por debajo de los niveles del pavimento.	Capacidades de la subrasante	CBR	<ul style="list-style-type: none">Equipos y herramientas de laboratorioFichas de control
ESPESOR DEL AFIRMADO	La sujeción del subsuelo, el estrato más bajo de un proyecto de construcción de carretera, suelen observarse problemas de resistencia. Se compone de arena, arcilla, etc..	Capacidad de soporte. Índice medio diario anual	CBR. IMDA.	



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 *Antecedentes internacionales*

Según, Joshi & Patel, (2023) en su estudio que titula "Utilización de cal y GGBFS en combinación con hormigón reciclado triturado como material de subbase sostenible: pruebas de resistencia, durabilidad y microestructura", El objetivo principal era evaluar su eficacia como material de subbase en la construcción de carreteras flexibles. Se probó el comportamiento de un material compuesto de hormigón reciclado triturado, cal y GGBFS en ciclos alternos de remojo y secado. Las mezclas compuestas por hormigón reciclado triturado se utilizaron para crear especímenes que se humedecieron y secaron en ciclos alternos. La resistencia a la compresión, el pH y la velocidad de los impulsos ultrasónicos fueron algunos de los parámetros utilizados en las pruebas diseñadas para determinar la durabilidad del material. Se realizaron varias pruebas para evaluar la durabilidad del material, incluidas mediciones de la resistencia a la compresión, los niveles de pH y la velocidad de los impulsos ultrasónicos, con el fin de conocer las propiedades de deformación que se producen bajo cargas cíclicas y analizar el módulo robusto, se realizaron experimentos triaxiales de carga repetida. Se utilizaron datos de microscopía



electrónica de barrido, espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier y análisis termogravimétrico para confirmar la formación de productos cementantes y las modificaciones en la microestructura de las mezclas de hormigón reciclado triturado. De acuerdo con los criterios de resistencia y durabilidad establecidos en las normas, los resultados confirman que un material de subbase compuesto por hormigón reciclado triturado, cal y GGBFS es adecuado.

Seguidamente, Jia et al., (2024) en su estudio que titula "Diversas aplicaciones técnicas, incluidos el loess estabilizado con cal y el hormigón reciclado triturado; optimización de las combinaciones y evaluación de las cualidades mecánicas" El objetivo de este estudio era potenciar el uso de arenas y margas poco finas (LFSL) en las infraestructuras de pavimentación, incluyendo la subrasante, los taludes, los cimientos y la estructura del pavimento. Para ello se llevaron a cabo numerosas investigaciones sobre LFSL y LSL. Se midieron las siguientes propiedades: RM, resistencia triaxial, consolidación uniaxial y resistencia a la compresión no confinada (UCS). Los requisitos de resistencia de los cimientos de las carreteras se satisfacen con una combinación de 2% de cal y 11,82% de hormigón reciclado triturado, mientras que la subbase puede satisfacerse con una mezcla de 2% de cal y 3,95% de hormigón reciclado triturado. Para la construcción de cimientos y subrasantes, resulta adecuada una combinación de 2% de cal y 3,84% de hormigón reciclado triturado. Por otro lado, una combinación de 2% de cal y 3,55% de hormigón reciclado triturado produce resultados que están a la par con los de una mezcla de 8% de cal cuando se aplica en taludes. Se crearon con éxito extensos modelos de tres factores y se vincularon con precisión a los resultados de laboratorio de LFSL con una concentración de cal del 2%. También se proporciona un método sencillo para evaluar los atributos de ingeniería mediante la creación de conexiones entre la resistencia a la compresión ilimitada (UCS) y otras métricas mecánicas. En resumen, los modelos de estimación se vuelven más flexibles y eficientes con esta técnica.



2.1.2 Antecedente nacional

Para, Calderon Lopez, (2022), El objetivo de este estudio es evaluar cómo se verán afectadas las características de la subrasante de la carretera Caracoto-Sues, en la región Puno, en el año 2022, mediante técnicas de estabilización de suelos con cal (C) y ceniza de cañihua (CC). El estudio se basó en un diseño de investigación cuasi-experimental, utilizando un Metodología cuantitativa. Es un tipo de investigación pragmática que tiene como objetivo esclarecer los fenómenos. Sus hallazgos indican que al usar combinaciones de 5% de cemento (C) y 4%, 7% o 10% de contenido de arcilla (CC), el índice de plasticidad del suelo disminuyó en un 1,12%, 2,65% y 3,35% respectivamente, en comparación con a la medición inicial de 17,02%. La densidad seca máxima inicial del suelo de referencia fue de 1,809 g/cm³, aumentando posteriormente en 0,011, 0,036 y 0,056 g/cm³, respectivamente. Además, a partir del 9,1% y hasta el 95% de la densidad seca máxima del suelo de referencia, el coeficiente de soporte de California (CBR) mostró aumentos del 1%, 2,3% y 3%, respectivamente. La investigación indicó una mejora moderada de las características de la subrasante, especialmente en lo que respecta a la capacidad portante del suelo CBR. La investigación demuestra que la inclusión de cal y ceniza de cañihua mejora la resiliencia de los suelos arcillosos; cuanto mayor sea el número de estas adiciones utilizadas, más significativas serán las ventajas.

Para, Bautista, (2022) en su investigación titulada "Utilización de cal hidratada combinada con ceniza de madera para mejorar la estabilidad de la subrasante en la carretera Larampuquio - Accocapillapata, Ayacucho, 2022" La investigación tuvo como objetivo evaluar el impacto de la ceniza de madera y la cal hidratada en la estabilidad de la subrasante de arcilla en 2022 a lo largo de la ruta Larampuquio-Accocapillapata en Ayacucho. Tiene como objetivo proporcionar un análisis exhaustivo del impacto de la ceniza de madera y cal hidratada en la estabilidad de la subrasante de arcilla en 2022. La muestra consta de cuatro trincheras situadas en las distancias secuenciales de los Km 0+750, 2+850, 3+020 y 4+500. La profundidad de cimentación de cada pozo es de 1,5



metros. Durante el desarrollo del proyecto, las muestras de la investigación se sometieron a ensayos CBR, ensayos Proctor modificados, determinación del límite de consistencia, ensayos de compresión simple no confinada y ensayos de clasificación de suelos utilizando las metodologías S.U.C.S. y AASHTO. Además, se añadieron cal hidratada en una concentración del 2% y ceniza de madera en concentraciones del 12%, 17% y 22% en relación con el peso seco del suelo para crear grupos de control. Los resultados sugieren que la incorporación de un 2% de (CH) y un 22% de (CM) mejora la resistencia a la compresión fundamental y el índice de carga de California (CBR) de las subrasantes bajo investigación. Además, hay un aumento significativo en el OCH. Además, los suelos arcillosos experimentan una reducción en su densidad seca máxima (MDS).

Según, Bardales Arévalo, (2020) en su estudio titulado "Utilización de hormigón reciclado triturado y cal para mejorar la subrasante de la carretera Caclic-Luya-Amazonas 2020.". Se utilizó una forma de investigación aplicada, la técnica cuasi-experimental. Para explorar las razones y analizar los datos numéricos, el estudio empleó una técnica cuantitativa y explicativa. Según las conclusiones, la adición de un 2% de hormigón reciclado triturado reduce significativamente el PI. Pero sólo cuando se añade un 5% de cal se hace perceptible la disminución del PI que resulta de la adición de cal. El nivel de humedad ideal aumentó constantemente cuando se emplearon ambos estabilizantes, según el ensayo Proctor modificado. Con un impresionante 11,9%, el Hormigón Reciclado Triturado mostró la mayor ganancia. También se observó que el MDS aumentaba cuando disminuía el contenido de humedad. La intensidad del ensayo CBR aumentó significativamente del 9,9% al 25,6% cuando se añadió un 5% de cal. Además, el uso de hormigón reciclado triturado hizo que el valor del coeficiente portante de California (CBR) aumentara significativamente del 8% al 30%. Por último, se demostró que los efectos del hormigón reciclado triturado y la cal sobre las propiedades de la subrasante eran positivos.



Además, se ha demostrado que el uso de hormigón reciclado triturado aumenta continuamente la capacidad portante.

2.1.3 Antecedente de ámbito local

Para, Maquera & Aquino, (2021), en sus estudio titulado "Estabilización de suelos arcillosos en carreteras locales, mejorada con cal y cenizas volantes, carretera Acora - Jayujayu, Acora, Puno - 2021" El objetivo de esta investigación era evaluar la influencia del hormigón reciclado triturado y la cal en la estabilidad de los suelos arcillosos a lo largo de la ruta Acora-Jayujayu, centrándose especialmente en las infraestructuras viarias locales. La investigación, de carácter cuasi experimental, se centró especialmente en métodos aplicados y cuantitativos. El tramo de 2,1 millas de la carretera utilizado en la investigación fue del Km17+600 al Km19+600. La estrategia de muestreo empleada no fue probabilística. Los principales resultados para el suelo inalterado son: 100% CBR, MDS del 28%, límite de contracción del 29%, contenido de humedad óptimo del 11,55%, índice plástico del 15,56% y resistencia al corte libre de 1,85 kg/cm². El peso seco unitario medido fue de 18,55 kN/m³. Una combinación compuesta por un 16% de carbonato cálcico y un 5% de cemento, calculada volumétricamente, obtuvo el mejor resultado. Existe un acuerdo generalizado en que las propiedades físicas y mecánicas de las estructuras verificadas mejoran con la adición de hormigón reciclado triturado y cal en diferentes cantidades. La dosificación ideal, compuesta por un 16% de CV y un 5% de C, fue la más beneficiosa.

Según, Hanco Chambi, (2021), su estudio titulado "Mejoramiento de la estabilidad del suelo cohesivo utilizando cal y cemento para la subrasante de la Av. Santa Rosa, Puno, 2021", aplica al suelo materiales estabilizadores como cemento y cal en un esfuerzo por mejorar sus características mecánicas y físicas. El objetivo principal de la utilización de la subrasante de la avenida Santa Rosa era reducir la flexibilidad del suelo (IP) y aumentar su capacidad portante (CBR). El objetivo era convertir una cimentación insuficiente en una adecuada. Utilizando una técnica de diseño experimental, el estudio obtuvo sus resultados



evaluando el suelo en un laboratorio. Con una MDS de $1,55 \text{ g/cm}^3$, el CBR se evaluó en un 1,6%, el contenido medio de humedad óptima se midió en un 22,49%, y se determinó que el PI era superior al 18%. Con un alto grado de maleabilidad, este suelo se clasificó como limoso. Sin embargo, hubo variaciones notables en el CBR cuando se emplearon cemento y cal en cantidades del 1%, 2% y 3%. La adición de una pequeña cantidad de cemento y cal mejoró el California Bearing Ratio (CBR) hasta el 11,1%. Sin embargo, esto hizo que el índice de plasticidad inicial disminuyera en un 1%. En consecuencia, puede concluirse que, si bien un mayor contenido de cemento y cal disminuye la flexibilidad del suelo, aumenta su resistencia al CBR (California Bearing Ratio).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 *Subrasante: fundamentos y relevancia en la construcción de carreteras*

La subrasante es la capa de suelo no consolidado que constituye la base de los distintos niveles estructurales de un proyecto de carretera. La construcción de carreteras no puede completarse sin cimientos, por la ayuda que prestan y la importancia de su papel en la longevidad y resistencia de la carretera. La calidad y las propiedades de la subrasante son directamente proporcionales a la eficacia de una carretera. Un rendimiento inadecuado o defectuoso de esta capa puede hacer que el pavimento se deforme, se hunda y falle antes de tiempo. (Hernández Camacho, 2021)

La subrasante debe poseer la resistencia suficiente para soportar el peso y las tensiones impuestas por las condiciones ambientales y el tráfico de vehículos, según criterios técnicos. Con el fin de determinar la densidad, el contenido de humedad ideal, la resistencia a la compresión y el coeficiente de soporte de California (CBR), se realizan pruebas tanto en un entorno de laboratorio controlado como sobre el terreno para evaluar la capacidad portante. El diseño minucioso de las capas superiores de la calzada, como la cimentación y la subbase, es posible gracias a estas pruebas, que garantizan una distribución eficaz del peso a lo largo de la construcción. (Hernández, 2021)



Dado que afecta directamente a la vida útil y el mantenimiento de la carretera, el subsuelo es una parte esencial de la construcción de carreteras. Los gastos de mantenimiento futuros pueden reducirse significativamente asegurándose de que el subsuelo está bien preparado y compactado, ya que así se evitarán problemas de asentamiento y distorsión. Por otro lado, una base deficiente puede requerir un mantenimiento y reparaciones más regulares, lo que elevaría los gastos.

En la construcción, la preparación del subsuelo incluye despejar el camino, extender la tierra existente de manera uniforme y compactarla para hacerla más densa. A veces es necesario utilizar materiales estabilizadores como cemento, cal o geotextiles para mejorar el subsuelo. De este modo se aumenta su capacidad portante y se reduce su susceptibilidad a la humedad. Los suelos problemáticos, como los suelos expansivos o extremadamente blandos, requieren técnicas de estabilización, ya que no son lo suficientemente estables como para funcionar por sí solos como una base adecuada.

En resumen, el subsuelo es una parte esencial de la construcción de carreteras y se utiliza para crear una base estable y segura para la carretera. La carretera debe someterse a una evaluación exhaustiva, crear un plan estratégico y, en caso necesario, realizar los cambios necesarios para seguir soportando el tráfico y las condiciones ambientales. Este método mejora la eficacia y la seguridad del transporte al tiempo que reduce los gastos de mantenimiento.

2.2.1.1 Definición y funciones de la subrasante

La capa básica de suelo natural conocida como subrasante da solidez a las demás capas estructurales de una carretera, como la base, la capa de rodadura y la subbase. El rendimiento y la durabilidad de las carreteras dependen en gran medida de la calidad y las características de la capa de base, que es el elemento fundamental de las carreteras. La carretera alcanza una profundidad específica decidida durante la fase de planificación de la carretera a partir del nivel actual del suelo. La calidad de la subbase se evalúa mediante pruebas geotécnicas, que evalúan sus características mecánicas y físicas, como la



plasticidad, la densidad, la compacidad, el contenido de humedad y la capacidad de carga. (Arriaga & Palomino, 2020)

Para que el peso se distribuya por igual, la subbase es crucial. La reducción de la tensión en los niveles superiores y una menor probabilidad de deterioro estructural son el resultado de una subrasante eficaz que reparta uniformemente la carga del tráfico entre las capas de suelo subyacentes. Garantizar la eficacia y longevidad de la carretera a largo plazo es crucial.

La homogeneidad y densidad de la subrasante son los principales factores que influyen en la estabilidad y longevidad de las carreteras. Una subrasante bien compactada reduce los asentamientos irregulares y aumenta la longevidad de la carretera, haciendo que la superficie sea más lisa y resistente. Garantizar la protección de la infraestructura vial frente a deformaciones y daños es crucial.

La subrasante es esencial para reducir los asentamientos. La aparición de un firme irregular debido al asentamiento de los cimientos puede comprometer la comodidad y la seguridad de quienes utilizan la vía.

2.2.1.2 Propiedades físicas y mecánicas de la subrasante

La subrasante es la capa de suelo natural que sustenta los cimientos, la capa de rodadura y las capas estructurales de subbase de una carretera. La profundidad de la carretera, que comienza en la superficie natural del terreno y llega hasta una determinada medida, se decide durante la fase de diseño. Las propiedades físicas y mecánicas del subsuelo. Las pruebas geotécnicas evalúan cualidades como la capacidad portante, la densidad, la compacidad, el contenido de humedad y la plasticidad para determinar el estado del suelo.

La subrasante cumple varias funciones

El papel principal de la subrasante es proporcionar soporte estructural a los niveles de carretera construidos sobre ella. La estructura debe soportar las presiones que se

transfieren de la superficie desgastada a la base y la subbase sin experimentar deformaciones apreciables. Para evaluar su capacidad portante se utilizan métodos como el (CBR). (Hanco Chambi, 2021)

Cuando se trata de la distribución de cargas, el subsuelo es esencial. Al distribuir eficazmente las cargas del tráfico por las capas de suelo subyacentes, Un subsuelo óptimo minimiza la tensión en la superestructura y evita el posible deterioro estructural. Es crucial para garantizar la eficacia y resistencia de la carretera a largo plazo.

La consistencia y compacidad de la subrasante tienen un impacto significativo en la estabilidad y longevidad de la carretera. Un firme más liso, resistente y duradero es la consecuencia de una compactación eficaz del subsuelo, que también reduce los asentamientos irregulares.

Un factor importante para reducir la sedimentación es el subsuelo. La seguridad y la comodidad de los conductores pueden verse afectadas por anomalías en el firme causadas por asentamientos irregulares de los cimientos. Para disminuir los asentamientos y garantizar una carretera fuerte y segura, es esencial consolidar y mejorar eficazmente la subrasante.

2.2.1.3 Métodos de evaluación de la capacidad de soporte

A la hora de crear y construir infraestructuras, como carreteras y edificios, Averiguar cuánto peso puede soportar la tierra es esencial. La resistencia al cizallamiento del suelo es su resistencia a la deformación sustancial o al fallo causado por las cargas aplicadas. La capacidad se determina recopilando información precisa sobre sus propiedades mecánicas y físicas mediante diversos métodos y procedimientos geotécnicos. A continuación se ofrece un desglose exhaustivo de las principales técnicas utilizadas para determinar la capacidad portante de un suelo.

Una técnica para determinar la resistencia del suelo a la penetración es el ensayo de penetración estándar (SPT). Para ello se utiliza un muestreador de tamaño uniforme



que se acciona que posean un tamaño y un peso homogéneos, y se suelten desde una altura uniforme.

El ensayo de penetración estándar (SPT) se emplea habitualmente para evaluar la capacidad de carga del suelo. Se inserta en el suelo un tubo de muestra normalizado y se golpea con un martillo de peso predeterminado durante la prueba al aire libre. El número de golpes necesarios para que el tubo alcance una profundidad específica en el suelo se mide como parte del proceso de estudio de la resistencia del suelo. Los resultados del ensayo de penetración estándar (SPT) son esenciales para estimar la capacidad portante del suelo y los niveles de compactación, ya que proporcionan datos críticos sobre la densidad y la resistencia del suelo.

Índice de apoyo de California (CBR)

En este experimento, los parámetros de humedad y densidad se controlan cuidadosamente mientras se introduce una muestra de suelo utilizando un pistón normalizado. La resistencia a la penetración puede comprobarse comparando el valor del material con el de un patrón, en este caso piedra caliza triturada, y determinando después la diferencia porcentual.

Las pruebas de carga sobre placa son un tipo de evaluación in situ que mide la capacidad portante del suelo aplicando una fuerza a una placa de acero que se coloca sobre el suelo. El aumento gradual del peso provoca la deformación del suelo bajo la placa, que se mide. Estos ensayos permiten determinar con precisión la rigidez. Las características de los suelos cohesivos y no cohesivos pueden evaluarse con la ayuda de las pruebas de carga con placas. Suelen utilizarse en la construcción de pavimentos y cimentaciones poco profundas.

Las pruebas triaxiales son un método empírico para analizar las propiedades mecánicas de un material bajo varios escenarios de tensión.

Para evaluar las características mecánicas del suelo en determinadas circunstancias de carga, se llevan a cabo experimentos triaxiales en un entorno de laboratorio controlado. Estas investigaciones incluyen la aplicación de presiones axiales y

de confinamiento a una muestra cilíndrica de suelo que se ha colocado dentro de una cámara triaxial.

2.2.2 Concreto Reciclado Triturado: caracterización y usos en ingeniería civil

Las Concreto Reciclado Triturado son el resultado de la combustión del carbón en las centrales termoeléctricas y están formadas por pequeñas partículas en polvo. Las partículas se extraen del sistema de escape de los gases de combustión antes de ser descargadas a la atmósfera, empleando precipitadores electrostáticos o filtros de tela. Los principales componentes del hormigón reciclado triturado son el óxido de calcio (CaO), el óxido de hierro (FeO_3), el dióxido de silicio (SiO_2) y el óxido de aluminio (AlO_3), con pequeñas cantidades de otras sustancias químicas presentes. Las características de las Concreto Reciclado Triturado, incluidas sus propiedades físicas y químicas. (Chiguano Crespo, 2024)

Características de la materia relativas a sus propiedades físicas y químicas.

Las características distintivas del hormigón reciclado triturado son su forma globular y el pequeño tamaño de sus partículas, que suele oscilar entre 1 y 100 micrómetros de diámetro. Debido a su forma esférica, que aumenta su movilidad, este componente es más fácil de incorporar a las mezclas de hormigón. En función de su composición química, el hormigón reciclado triturado se divide en dos clases principales según las normas ASTM C618: Clase F y Clase C: Clase F y Clase C. Por el contrario, el Hormigón Triturado Reciclado de Clase C, que se fabrica a partir de lignito o carbón subbituminoso, contiene más calcio y presenta características tanto de material cementante como puzolánico.

Utilizaciones de la ingeniería civil

Debido a sus ventajosas cualidades, el hormigón reciclado triturado se emplea con frecuencia en ingeniería civil. El uso de este producto químico como aditivo para el hormigón es esencial. El hormigón triturado reciclado puede utilizarse en lugar de parte del

cemento Portland, disminuir la reacción de desprendimiento de calor y aumentar la durabilidad del concreto. por lo que al producir elementos cementantes adicionales mediante procesos puzolánicos, el hormigón triturado reciclado aumenta la resistencia del hormigón a largo plazo. (Carrasco Lozano, 2022)

Para estabilizar el suelo, el hormigón reciclado triturado es esencial. Es posible mejorar las propiedades geotécnicas de una mezcla añadiendo suelos cohesivos, incluida su resistencia a las presiones de cizallamiento y su capacidad portante. Esta técnica es muy útil para construir carreteras y terraplenes, ya que estos proyectos exigen unos cimientos estables y fiables. (Barrientos-Monsalve, 2020)

La producción de ladrillos y bloques de construcción también utiliza hormigón triturado reciclado. Los productos fabricados con hormigón reciclado triturado son mucho más ligeros que los creados con materiales de construcción convencionales y tienen notables cualidades de aislamiento térmico. Estos productos son mucho más respetuosos con el medio ambiente, ya que emplean hormigón roto reciclado, lo que reduce los residuos industriales y la necesidad de recursos adicionales.

2.2.2.1 Origen y propiedades de las Concreto Reciclado Triturado

Uno de los residuos de la combustión de carbón en las centrales térmicas es el hormigón reciclado triturado. Los minerales del carbón no se transforman totalmente en gas durante el proceso de generación de energía. Antes de que los gases se liberen al medio ambiente, estas partículas se recogen mediante filtros de tela o precipitadores electrostáticos. Dependiendo del tipo exacto de carbón utilizado (bituminoso, antracita, subbituminoso o lignito) y de las circunstancias de combustión, el hormigón reciclado triturado puede tener propiedades químicas y físicas muy diferentes. (Quispe Muñoz, 2023)



La forma esférica única y el tamaño de partícula meticulosamente ajustado, que oscila entre 1 y 100 micrómetros, son características definitorias del Hormigón Triturado Reciclado. El peso de los materiales de construcción se reduce significativamente cuando se utiliza hormigón Reciclado Triturado, ya que tiene una densidad inferior a la del cemento Portland.

Propiedades químicas

Los principales componentes del hormigón reciclado triturado son óxido de calcio (CaO), óxido de hierro (FeO_3), dióxido de silicio (SiO_2) y óxido de aluminio (AlO_3), con trazas de magnesio, potasio y sodio. El Hormigón Reciclado Triturado se divide en dos categorías principales según ASTM C618: Clase F y Clase C. La fuente principal del Hormigón Reciclado Triturado de Clase F es la combustión de carbón bituminoso y antracítico, que da lugar a un bajo contenido de calcio. En presencia de agua, las propiedades puzolánicas primarias de la ceniza le permiten reaccionar químicamente con hidróxido de calcio para producir compuestos cementantes. Por el contrario, el hormigón reciclado triturado de clase C tiene más calcio y se fabrica a partir de lignitos o carbones subbituminosos. Por consiguiente, el hormigón reciclado triturado puede servir como puzolana, mejorando la resistencia y durabilidad del hormigón, y puede reaccionar con el hidróxido de calcio para producir compuestos cementosos. (Olortegui Guadalupe, 2022)

Los atributos puzolánicos

Las propiedades puzolánicas del hormigón reciclado triturado ya están bien establecidas. El agua y el hidróxido de calcio reaccionan químicamente con el hormigón reciclado triturado durante la hidratación del cemento. Los componentes químicos que confieren al cemento sus características son los silicatos y aluminatos de calcio, que se producen como resultado de la reacción reduce la porosidad y aumenta la resistencia a productos químicos corrosivos como los sulfatos y los cloruros. La reacción puzolánica también reduce la



cantidad de hidróxido de calcio libre en el hormigón, lo que mejora la resistencia a las agresiones químicas y disminuye la probabilidad de formación de eflorescencias.

Las propiedades mecánicas

Las Concreto Reciclado Triturado mejoran las características mecánicas del hormigón. La colocación y el acabado del hormigón se facilitan cuando se añade hormigón reciclado triturado a las mezclas, ya que aumenta la trabajabilidad y la cohesividad del hormigón. Además, al fomentar la reacción puzolánica que produce más compuestos cementantes, la adición de hormigón reciclado triturado al hormigón puede aumentar su durabilidad a largo plazo. En las fases posteriores de la vida útil del hormigón, más allá del tiempo habitual de curado de 28 días, la mejora de la resistencia es más notable.

En resumen

Uno de los residuos de la combustión de carbón en las centrales termoeléctricas es el hormigón reciclado triturado. Se utiliza en muchos proyectos de ingeniería civil por sus cualidades únicas. Dependiendo del tipo de carbón y de las circunstancias de la combustión, se forman muchas formas de ceniza, cada una con características distintas. La composición de las cenizas varía a medida que se crean. Las cualidades puzolánicas y mecánicas naturales del hormigón reciclado triturado son cruciales para mejorar la durabilidad y la calidad del hormigón y otros materiales de construcción. Al reciclar un producto industrial, también fomentan la adopción de métodos ecológicos.

2.2.2.2 Aplicaciones de las Concreto Reciclado Triturado en mejora de suelos

El concreto reciclado triturado es un residuo muy utilizado en ingeniería civil para mejorar la calidad del suelo. Se genera cuando se quema carbón en las centrales termoeléctricas. Su capacidad para mejorar las características geotécnicas de los suelos se debe principalmente a sus cualidades puzolánicas. Para mejorar la calidad del suelo, el hormigón reciclado triturado se utiliza principalmente de las siguientes maneras:



Capacidad mejorada para brindar soporte

La capacidad del hormigón reciclado triturado para aumentar la resistencia portante lo convierte en una valiosa herramienta para mejorar la calidad del suelo. El hormigón reciclado triturado puede aumentar significativamente la resistencia y rigidez de suelos cohesivos y no cohesivos. Las interacciones químicas entre el hormigón reciclado triturado y los minerales del suelo producen compuestos cementicios, que mejoran la compactación y la cohesividad del suelo y aumentan su capacidad de soporte. (Guevara, 2022)

Estrategias para mitigar los efectos del desarrollo del suelo

La propensión de las arcillas y otros suelos expansivos a expandirse y contraerse con las variaciones del contenido de humedad los hace muy problemáticos. Los pavimentos y otras estructuras pueden sufrir daños significativos como consecuencia de ello, lo que eventualmente podría resultar en una degradación estructural. Al estabilizar estos suelos, el concreto reciclado disminuye la probabilidad de que se expandan. El concreto reciclado triturado reduce la capacidad de absorción de agua de los suelos expansivos, lo que disminuye la probabilidad de que se expandan. Esto se consigue gracias a la presencia de reacciones puzolánicas. La estabilidad de los edificios construidos sobre suelos expansivos debe estar garantizada. (Gamez Condori & Vargas Condori, 2023)

Capacidad de drenaje mejorada

La capacidad del hormigón reciclado triturado para mejorar el drenaje es otra forma importante de mejorar la calidad del suelo. La mejora de la permeabilidad y la mayor capacidad de drenaje son comunes en los suelos tratados con hormigón reciclado triturado, y estas propiedades son esenciales para reducir los encharcamientos y los problemas. La gestión eficaz del agua es crucial para la vida útil y el rendimiento óptimo de las infraestructuras, y mejorar la capacidad de captación de agua es especialmente ventajoso en la construcción de carreteras y aeropuertos. También hay que mejorar la capacidad de



drenaje de las aguas superficiales para reducir los problemas de erosión y garantizar la estabilidad de colinas y lugares elevados. (Laura, 2022).

Mejora de la rigidez y mejora de la percepción táctil

Los suelos pueden hacerse menos maleables y más adherentes utilizando hormigón reciclado triturado. Al aumentar el número de partículas pequeñas y mejorar la cohesividad y trabajabilidad de la sustancia, la adición de hormigón reciclado triturado modifica las características granulométricas del suelo. (Torres, 2021).

Aplicación en rellenos y terraplenes

La construcción de terraplenes con una elevada capacidad portante y resistencia a la deformación puede hacerse de forma económica y eficaz combinando hormigón reciclado triturado con suelos naturales. Al reciclar un subproducto industrial y reducir la demanda de materias primas, el hormigón triturado reciclado mejora aún más la sostenibilidad en estas aplicaciones. (Torres Muñoz, 2021)

En general, el hormigón reciclado triturado ofrece formas eficaces de mejorar la calidad del suelo en diversas aplicaciones de ingeniería civil. Dado que pueden aumentar la textura del suelo, estabilizar suelos expansivos, mejorar el drenaje, disminuir la flexibilidad y aumentar la capacidad portante, son esenciales para los proyectos de construcción. Dado que el hormigón reciclado triturado es un subproducto industrial, mejora las propiedades geotécnicas del suelo y fomenta las prácticas sostenibles, haciendo que la construcción sea más económica y ecológicamente beneficiosa.

2.2.3 Sinergia entre Concreto Reciclado Triturado en la estabilización de suelos

En ingeniería civil y geotécnica, el uso de hormigón reciclado triturado para estabilizar el suelo es un procedimiento habitual. Este método mejora enormemente la calidad del suelo al utilizar las cualidades especiales de ambos ingredientes de forma



sinérgica. Pequeñas partículas con características puzolánicas constituyen la mayor parte de la mezcla. Al añadir agua, estas partículas sufren una reacción química con el hidróxido de calcio (presente en el hormigón reciclado) para producir compuestos cementosos, incluidos silicatos y aluminatos de calcio. Para mejorar la capacidad portante del suelo y reducir la deformación plástica, la reacción puzolánica es esencial, ya que hace que el suelo sea más resistente y duradero. (Quispe Muñoz, 2023)

Cuando la piedra caliza se calienta a altas temperaturas, se crea una sustancia altamente reactiva conocida como hormigón reciclado. Cuando el hormigón reciclado y el agua entran en contacto, se produce un proceso químico que convierte el hormigón en hidróxido de calcio. Como resultado de este proceso también se libera energía térmica. Al utilizar estos dos materiales, se optimizan las cualidades beneficiosas de cada uno, lo que aumenta el impacto positivo del suelo.

El uso de hormigón reciclado y hormigón triturado mejora las cualidades mecánicas del suelo al tiempo que disminuye su fluidez. Estas sustancias son especialmente cruciales en suelos arcillosos porque promueven la producción de partículas más grandes y ayudan a descomponer la estructura de la arcilla.

El aumento de la permeabilidad del suelo es otro componente crucial de esta relación. La penetración del agua en el suelo se ve facilitada por el uso de hormigón reciclado triturado y hormigón reciclado, que mejoran la composición del suelo y disminuyen su fluidez. Para resolver los problemas de saturación y reducir los peligros de erosión e inestabilidad del suelo en regiones con patrones climáticos erráticos, es imprescindible mejorar el drenaje del suelo.

Además, los metales pesados que se encuentran en el suelo pueden ser inmovilizados con éxito por el hormigón reciclado triturado. En definitiva, el uso de hormigón reciclado y de hormigón reciclado triturado proporciona una forma completa y eficaz de estabilizar el suelo durante la construcción de infraestructuras civiles. Utilizando las propiedades sinérgicas de estos materiales, esta combinación favorece el drenaje, disminuye la flexibilidad, mejora la resistencia mecánica y ayuda a limpiar los suelos

contaminados. Garantizando la creación de infraestructuras más seguras, robustas y duraderas.

2.2.3.1 Investigaciones sobre la combinación de Concreto Reciclado Triturado

El uso simultáneo de hormigón reciclado y hormigón reciclado triturado para la estabilización de suelos ha sido objeto de una profunda investigación en los campos de la geotecnia y la ingeniería civil. Debido a sus efectos positivos sobre las propiedades geotécnicas del suelo y a su potencial para aumentar la longevidad de las construcciones civiles, esta particular mezcla de materiales se utiliza con frecuencia. (Calderón, 2022)

Mejora de Propiedades Geotécnicas y Características

Uno de los residuos de la combustión de carbón en las centrales eléctricas es el hormigón reciclado triturado. El material está formado por partículas diminutas y esféricas que son puzolánicas y están meticulosamente separadas. Estas partículas se combinan con el hidróxido de calcio que el hormigón reciclado produce en existencias de agua para formar compuestos cementosos, incluidos silicatos y aluminatos de calcio. Las cualidades complementarias del hormigón reciclado y del hormigón reciclado triturado pueden utilizarse para proporcionar una base robusta y duradera que pueda soportar eficazmente una gran variedad de proyectos de construcción.

Manipulación del suelo mejorada y rigidez mejorada

El concreto reciclado triturado tiene la importante ventaja de disminuir la elasticidad del suelo. En la construcción, esta combinación facilita la ruptura de la estructura arcillosa del suelo y aumenta la creación de partículas de suelo más grandes, lo que mejora la manipulación y compactación del suelo. El aumento de la flexibilidad del suelo no sólo mejora el proceso de construcción, sino que también potencia la estabilidad a largo plazo del suelo tratado.



Mejorar la capacidad de los sistemas

Concreto reciclado y triturado La capacidad del hormigón reciclado para aumentar la estabilidad del suelo y reducir su elasticidad facilita la infiltración del agua. Mejorar la capacidad del suelo para drenar el agua es crucial en regiones con patrones climáticos erráticos para mitigar los problemas asociados con el exceso de humedad. Aumentar la capacidad del suelo para absorber agua incrementa la resistencia y la utilidad de las infraestructuras construidas.

Manejo de la contaminación del suelo

Debido a la eficacia del hormigón reciclado triturado y del hormigón reciclado, la capacidad de esta mezcla para inmovilizar metales pesados en el suelo es una de sus mejores cualidades. En concreto, los metales pesados y el hormigón reciclado triturado pueden sufrir una reacción química que produce compuestos insolubles que impiden que los metales se desplacen y sean absorbidos por los seres vivos. Cuando se combina con el hormigón reciclado, esta característica mejora las cualidades geotécnicas del suelo a la vez que reduce la probabilidad de contaminación ambiental, lo que lo hace esencial para reparar suelos dañados.

Mejorar la productividad

La investigación sobre la combinación de hormigón reciclado y hormigón reciclado triturado ha demostrado ser prometedora en una serie de aplicaciones prácticas de ingeniería civil. Esta combinación ofrece un enfoque exhaustivo y duradero, incluido el refuerzo de plataformas industriales, carreteras y aeropuertos. Numerosas investigaciones y análisis han proporcionado un sólido apoyo a los importantes objetivos de mejorar la sostenibilidad y optimizar las cualidades geotécnicas del suelo.

La combinación de hormigón reciclado y hormigón reciclado triturado es bastante eficaz para estabilizar el suelo, como han demostrado repetidamente varios estudios exhaustivos. Cuando se combinan estos dos elementos, mejoran las propiedades

mecánicas y geotécnicas del suelo, y los proyectos de construcción se vuelven más sostenibles desde el punto de vista medioambiental y económico. El estudio y la aplicación continuos de esta fusión son esenciales para la construcción de infraestructuras fuertes y ecológicamente sostenibles, así como para el crecimiento de la ingeniería civil.

2.2.3.2 Impacto en las propiedades de la subrasante

El uso de Concreto Reciclado Triturado y concreto reciclado influye sustancialmente en las características de la subrasante, mejorando su resistencia y estabilidad. Esta tecnología es crucial en ingeniería civil para la construcción de carreteras, aeropuertos y otras infraestructuras que necesitan una base sólida y duradera. (do Couto et al., 2019)

Mejora de la capacidad de tolerar y soportar cargas pesadas

La incorporación de Concreto Reciclado Triturado y concreto reciclado tienden a mejora notablemente la durabilidad y capacidad de carga de la subrasante. La combinación de Concreto Reciclado Triturado e hidróxido de calcio, generada por el concreto reciclado en presencia de agua, da lugar a la producción de sustancias químicas cementantes, que aumentan la estabilidad del suelo. La cohesividad y la resistencia a la compresión de las partículas del suelo se ven reforzadas por el proceso puzolánico, que aumenta su adherencia. Esta combinación garantiza la integridad estructural de la infraestructura erigida sobre la subrasante tratada al aumentar su capacidad portante y reducir las deformaciones.

Mejorar la flexibilidad y mejorar la estabilidad

La mejora de la estabilidad del suelo y la reducción de su flexibilidad son otros dos resultados dignos de mención. Al mejorar la disposición y promover la agregación de partículas diminutas, el hormigón reciclado triturado y el hormigón reciclado se utilizan para reducir la maleabilidad del suelo, especialmente en suelos arcillosos. Esto mejora la



gestión y compactación del suelo en el proceso de construcción, lo que reduce la posibilidad de asentamientos irregulares y aumenta la estabilidad general. (Bardales, 2020)

Al mejorar la estructura del suelo y reducir su movimiento, el hormigón reciclado triturado mejora su drenaje. Para reducir el impacto de la saturación del suelo, la erosión y la inestabilidad en zonas caracterizadas por patrones climáticos impredecibles, es crucial mejorar el drenaje del agua. Los edificios construidos sobre suelos con una capacidad de drenaje mejorada son más resistentes a las variaciones del nivel freático y duran más tiempo sin sufrir daños por el agua.

La aplicación de técnicas de inmovilización y rehabilitación de suelos dañados

Además, el hormigón reciclado y el hormigón reciclado roto pueden inmovilizar eficazmente los metales pesados presentes en el suelo. El hormigón roto reciclado puede interactuar con los metales pesados para crear compuestos insolubles que restringen el movimiento y la absorción de metales. Esta cualidad es necesaria para limpiar los suelos contaminados.

Aplicaciones prácticas y eficiencia

Existen varias aplicaciones útiles para el hormigón triturado y reciclado en proyectos de ingeniería civil. Juntos, Los proyectos de infraestructuras, como la construcción de carreteras y aeropuertos, así como la estabilización de plataformas industriales, confían en estos componentes, ya que ofrecen una solución completa y sólida para mejorar las cualidades del suelo. Amplios estudios y análisis sobre el terreno han demostrado la importancia de mejorar las propiedades geotécnicas del suelo y fomentar la sostenibilidad.

Las propiedades de la subrasante suelen mejorar significativamente cuando se utilizan conjuntamente hormigón reciclado y hormigón reciclado triturado. Juntos, estos factores mejoran la estabilidad del suelo, su capacidad portante y su resistencia a la

conductividad eléctrica, así como más seguras y resistentes a los daños. Para hacer avanzar la ingeniería civil y crear infraestructuras duraderas y respetuosas con el medio ambiente en el futuro, es imperativo que esta combinación se siga estudiando y utilizando.

2.2.4 Consideraciones ambientales y sostenibilidad en la construcción de carreteras

La construcción de carreteras debe tener en cuenta la sostenibilidad y las consideraciones medioambientales para lograr un equilibrio entre la preservación y protección de los recursos naturales y la necesidad de infraestructuras. (Flores Ruiz & Romero Mendo, 2023)

Preservación del medio ambiente natural

Para detener la pérdida de biodiversidad, hay que esforzarse por paliar la fragmentación del hábitat. Para ello hay que construir corredores ecológicos y puentes para la fauna que permitan la migración de los animales y mantengan la interdependencia de los ecosistemas, así como seleccionar cuidadosamente las rutas para evitar las zonas protegidas. (Flores , 2023)

Mejorar la utilización eficaz de su recurso natural

La noción de sostenibilidad en la construcción de carreteras también hace hincapié en el uso eficaz de los recursos naturales. Implica seleccionar materiales de construcción que consuman menos energía y emitan menos dióxido de carbono durante las fases de extracción, procesamiento, transporte e instalación. Siempre que sea posible, fomentamos el uso de productos reciclados y de producción local.

Gestión de residuos y reciclaje

Entre las consideraciones más importantes figuran el reciclaje y la gestión de residuos. Para minimizar la cantidad de basura generada durante la construcción de carreteras y garantizar su correcta eliminación, deben emplearse métodos eficaces. La cantidad de basura que acaba en los vertederos puede reducirse eficazmente poniendo en

práctica la estrategia de emplear materiales de construcción recuperados e incorporar materiales reciclados a las infraestructuras viarias. Este plan también garantiza la sostenibilidad de la infraestructura a largo plazo y protege importantes recursos naturales. (Flores, 2023).

Abordar las emisiones y el cambio climático

Las emisiones de gases de efecto invernadero pueden verse considerablemente afectadas por el desarrollo y el mantenimiento de las carreteras. Por lo tanto, es esencial adoptar políticas destinadas a reducir estas emisiones y adaptarse a los efectos del cambio climático. Esto indica que, a lo largo de la construcción y el mantenimiento de las carreteras, deben emplearse métodos y metodologías que mitiguen las emisiones.

Ejecución de infraestructuras ecológicamente sostenibles

El uso de infraestructuras respetuosas con el medio ambiente es necesario para lograr la sostenibilidad en el desarrollo de carreteras. Esto implica desarrollar ecosistemas que aumenten la diversidad de especies autóctonas, conservar el agua mediante prácticas sostenibles y purificar el aire. Lo mejor es emplear técnicas de paisajismo y plantación que reduzcan el daño ambiental y mejoren al mismo tiempo el atractivo estético y la usabilidad de la ruta, proporcionando a la población local ventajas tanto ecológicas como estéticas.

La construcción de carreteras debe tener en cuenta la sostenibilidad y los factores medioambientales para limitar los efectos negativos sobre el medio ambiente.

2.2.4.1 Impacto ambiental de la utilización de subproductos industriales

Existe mucha curiosidad por los efectos ecológicos de la reutilización de residuos industriales en proyectos como la construcción de carreteras y otras infraestructuras. La razón es su capacidad para disminuir la carga sobre los recursos naturales y reducir el efecto global sobre el medio ambiente. (Yunga, 2023)

Máximo aprovechamiento de los recursos con poco despilfarro.

Para reducir la acumulación de basura industrial, es esencial utilizar subproductos industriales como escoria y hormigón reciclado triturado en la construcción de carreteras. Los elementos que a menudo se depositarían en vertederos, consumiendo un espacio costoso y quizá creando problemas medioambientales, se denominan «restos». Hay menos necesidad de recoger y refinar recursos naturales, como áridos y materiales pétreos, y el uso de recursos se maximiza cuando estos subproductos se integran en la construcción de infraestructuras. (Yunga, 2023).

Mejora y mantenimiento de propiedades inmobiliarias

Tanto la longevidad de las infraestructuras como la durabilidad de los materiales de construcción pueden mejorarse mediante la utilización de subproductos industriales. Por ejemplo, las propiedades puzolánicas del hormigón reciclado triturado, un residuo de la combustión del carbón en las centrales eléctricas, pueden aumentar la resistencia y durabilidad del mortero y el hormigón. Al añadir estos materiales residuales a las mezclas de hormigón.

Los proyectos globales se centran en reducir el efecto combinado.

La construcción de carreteras puede reducir considerablemente las consecuencias medioambientales en todo el mundo si se aprovechan los residuos industriales. Para mitigar la huella ambiental de la industria de la construcción, se están tomando medidas para minimizar la generación de residuos y el agotamiento de los recursos naturales. Además, al utilizar estos materiales restantes, se puede minimizar la contaminación del suelo y del agua y disminuir las necesidades de superficie de los vertederos.

Factores y variables a tener en cuenta

Cuando se utilizan residuos industriales en la construcción de carreteras hay que tener en cuenta varios factores y superar diversos retos. Garantizar que estos residuos son

seguros y cumplen las normas para su uso en proyectos de ingeniería civil es una prioridad absoluta. También es crucial desarrollar métodos para reducir cualquier peligro relacionado y evaluar cualquier impacto ecológico a nivel local, como el vertido de sustancias tóxicas o compuestos peligrosos.

2.2.4.2 Contribuciones a la construcción sostenible

Para reducir el impacto negativo sobre el medio ambiente, la construcción sostenible incorpora varios métodos e ideas, aumentar la eficiencia energética y mejorar el bienestar humano. En una sociedad en la que crece la preocupación por la pérdida de recursos naturales y el cambio climático, estas contribuciones son cruciales para la industria moderna de la construcción. (Yunga Silva, 2023)

Mejorar la eficiencia energética

Un elemento clave de la construcción sostenible es la eficiencia energética. Describe el proceso sistemático e intencionado de diseñar y construir edificios con el objetivo de reducir el consumo de energía a lo largo de su vida útil, incluidas las fases de construcción, funcionamiento y mantenimiento. Para reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables, las técnicas incluyen el empleo de materiales con notables cualidades de aislamiento térmico, la instalación de sistemas de iluminación y aire acondicionado energéticamente eficientes y la integración de fuentes de energía renovables como la solar y la eólica.

Utilización de materiales sostenibles y reciclables

La utilización de materiales reciclables y sostenibles es otro componente esencial. La construcción sostenible fomenta la utilización de recursos ecológicos. Algunos ejemplos son el uso de acero reciclado en la construcción metálica, la inclusión de materiales reciclados como áridos en el hormigón y el uso de madera certificada por programas de gestión forestal sostenible. Estos materiales reducen las emisiones de carbono y eliminan



residuos de los vertederos, lo que ayuda a disminuir el efecto medioambiental de los proyectos de construcción.

Gestión eficiente y respetuosa con el medio ambiente

Uno de los aspectos más importantes de la construcción sostenible es la gestión eficiente de los residuos y el agua. Esto implica implantar sistemas de drenaje sostenibles para reducir la contaminación y la escorrentía, utilizar técnicas de reciclado y reutilización de residuos de la construcción y poner en práctica la tecnología de recogida y reutilización del agua de lluvia. Además de proteger los suministros esenciales de agua.

Mejora de la calidad ambiental interior

Garantizar la calidad ambiental interior de los edificios es una de las principales prioridades de la construcción sostenible. Esto implica crear un flujo de aire natural que funcione, eliminar los contaminantes y materiales peligrosos del aire interior y crear una atmósfera que favorezca la salud física y emocional de las personas. La capacidad de un edificio para maximizar la productividad y fomentar el bienestar depende de su capacidad para gestionar el confort térmico y preservar las cantidades ideales de luz natural.

La fusión del diseño y el urbanismo sostenible

Fomenta la integración de la planificación y el diseño urbanos sostenibles. Esto implica la creación de planes de desarrollo urbano que apoyen la creación de espacios verdes, la movilidad sostenible y la integración de componentes naturales. Construir comunidades más fuertes y ricas que tengan un menor impacto en el medio ambiente y mejores condiciones de vida para sus residentes es el objetivo final.

En resumen

Para afrontar con éxito los problemas medioambientales y sociales del siglo XXI, es imperativo que el sector de la construcción adopte prácticas sostenibles. Al adoptar materiales sostenibles y métodos de construcción eficientes desde el punto de vista



energético, la construcción sostenible promueve el desarrollo de comunidades más sanas y resistentes, en pleno impulso para aplicar principios de diseño integrado, mejorar la calidad ambiental interior, ahorrar agua y residuos y proteger el medio ambiente. Estas medidas son esenciales para garantizar un futuro sostenible a las generaciones presentes y futuras.

2.3 Marco conceptual

2.3.1. CBR

La evaluación de la capacidad relativa de carga del suelo, especialmente en lo que respecta a la construcción de pavimentos y carreteras, se realiza cuantitativamente mediante el coeficiente de capacidad portante de California (CBR). Para determinarlo, En un entorno de laboratorio controlado, la presión necesaria para romper el suelo se compara con la necesaria para romper un material de referencia, a menudo una muestra comprimida de roca triturada, sometida a idénticas circunstancias de ensayo. (Flores, 2023).

2.3.2. Concreto Reciclado Triturado

El concreto reciclado triturado es un material obtenido al procesar concreto usado, recolectado de estructuras demolidas, mediante trituración y clasificación. Este material se reutiliza en diversas aplicaciones constructivas, como base para pavimentos, bloques nuevos o relleno, ofreciendo ventajas ambientales al reducir la demanda de recursos vírgenes y minimizar residuos en vertederos. Aunque puede tener una resistencia menor que el concreto nuevo debido a impurezas y variabilidad en su calidad, su uso adecuado contribuye a la sostenibilidad y a la economía circular en la construcción. (Gutiérrez Pariona & Parco Ramírez, 2022)

2.3.3. Suelos

La capa superior de la corteza terrestre está formada por una mezcla de diferentes cantidades de partículas orgánicas y minerales. Esta mezcla se conoce como suelo. El



establecimiento de las condiciones ecológicas necesarias para que exista vida en la Tierra requiere la presencia de plantas. Los elementos que componen los suelos son minerales, materiales orgánicos, aire, agua y seres vivos. (Fonseca, 2019)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de la investigación

Un plan minucioso y metódico que dirige la recopilación, el procesamiento y la interpretación de datos para un estudio se conoce como diseño de investigación. En él se presentan los métodos y directrices necesarios para la investigación y la validación de hipótesis. Garantiza que los resultados sean fiables y coherentes. La cuidadosa selección de técnicas de muestreo adecuadas, la determinación precisa de las variables y la planificación sistemática de la recogida y el análisis de datos forman parte de este diseño. (Vega & Cahuana, 2021)

Es de un diseño experimental, Algunas de ellas serán muestras convencionales y/o naturales, mientras que otras se ampliarán con la adición de hormigón reciclado triturado, ya que necesitaremos modificar y elaborar las muestras.

3.2 Método de la investigación

Una metodología de investigación es una forma estructurada y sistemática de recopilar y analizar datos para probar hipótesis o descubrir soluciones a problemas de investigación. Una o varias de las siguientes descripciones son las que mejor describen

este enfoque: cualitativo, cuantitativo o híbrido. El método garantiza que la información adquirida sea precisa y coherente mediante la cuidadosa selección y utilización de determinados protocolos y técnicas de investigación. (Reyes, 2022)

El estudio es de un método científico, mediante la aplicación de un procedimiento metódico para identificar las distintas situaciones en las que se detectaron problemas.

3.3 Nivel y tipo de la investigación

3.3.1 Nivel de la investigación

El grado de investigación se refiere a la amplitud y profundidad del examen de un tema de estudio. Las distintas fases de la investigación -explicativa, descriptiva, correlacional y exploratoria- tienen cada una sus propios objetivos y técnicas de funcionamiento. La investigación explicativa busca las razones y los efectos de un fenómeno, mientras que la investigación exploratoria busca cuestiones o teorías. (Ramos Galarza, 2020)

Es una investigación explicativo, y se mejorará la transitabilidad de la zona añadiendo concreto reciclado triturado a la subrasante.

3.3.2 Tipo de la investigación

Es el proceso de clasificar un estudio en función de su metodología y objetivo. La investigación exploratoria, descriptiva, correlacional y explicativa son las categorías principales. El objetivo de la investigación descriptiva es ofrecer una descripción exhaustiva de las características de un fenómeno, mientras que el objetivo de la investigación exploratoria es encontrar nuevas ideas o hipótesis. En un estudio correlacional, los investigadores buscan patrones en las conexiones entre distintas variables. El objetivo de una investigación explicativa es arrojar luz sobre lo ocurrido (Castro, 2023).

Es un tipo de investigación aplicada, Esta investigación nos proporcionará, entre otras cosas, nuevas técnicas de construcción que serán bastante útiles para estabilizar los subsuelos, sobre todo cuando se trata de dificultades que necesitarán cierto nivel de cuidado.

3.4 Población y muestra de la investigación

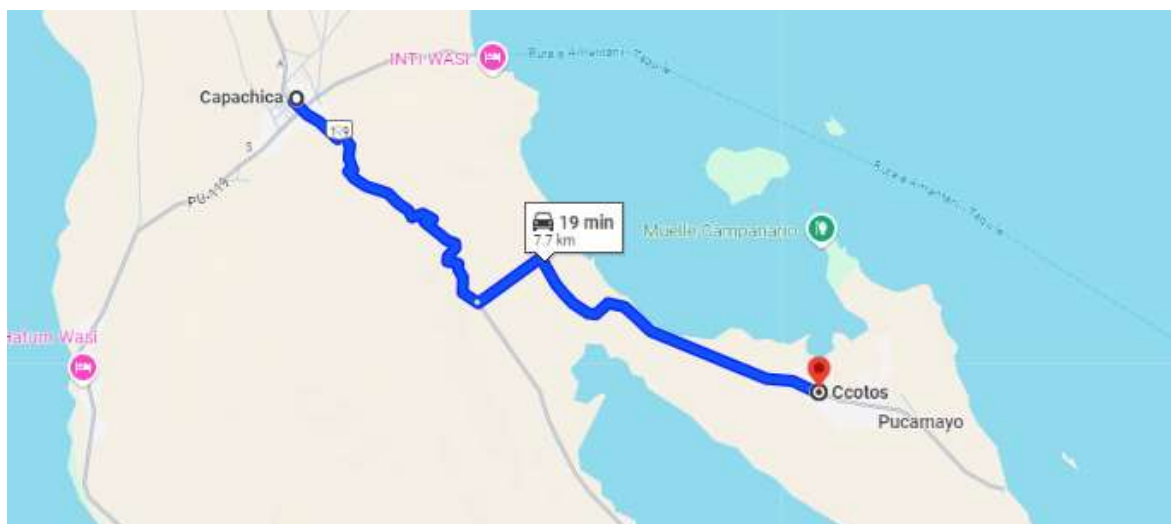
3.4.1 Población

En investigación, la expresión «población» se dirige al grupo de personas, cosas o acontecimientos que constituyen el objeto principal de la recogida de datos y presentan características similares. La población total es el grupo de personas del que se selecciona una muestra para su estudio con el fin de extraer conclusiones sobre los rasgos o el comportamiento de dicho grupo. (Ojeda, 2020)

Vías y/o carreteras a nivel de afirmado deteriorado con suelos de subrasante inestables en la región Puno.

Figura 1

Ubicación de la vía



Nota: Capachica – Ccotos

3.4.2 Muestra

Una muestra de investigación es un subconjunto predeterminado de la población que se encuesta o entrevista con el fin de recopilar datos. El objetivo al seleccionar este subconjunto es generar datos estadísticamente válidos y representativos de la población objetivo. Dado que una muestra permite a los investigadores hacer inferencias y generalizaciones sobre toda la población, es posible recopilar datos y elaborar conclusiones sin inspeccionar a todos los miembros de la población total. Es fundamental contar con una muestra representativa y de alta calidad si se desea que los resultados del estudio sean precisos y fiables.

Afirmado de la carretera Capachica – Ccotos, con aplicación de concreto reciclado triturado en cantidades variables.

Tabla 2

Pruebas a realizar

Mezcla	IP	Grado Compactación	CBR	Total
SN	4	4	4	12
Con incorporación				
SN + 5% CRT	3	3	3	9
SN + 10% CRT	3	3	3	9
SN + 15% CRT	3	3	3	9
Total				39

Nota: SN (Suelo natural), CRT (Concreto Reciclado Triturado)

3.5 Técnicas e instrumentos

3.5.1 Técnicas

Las técnicas rigurosas y sistemáticas utilizadas para recopilar, examinar y evaluar los datos de un estudio se incluyen en los procedimientos de investigación. Estos procesos pueden abarcar encuestas, entrevistas, observaciones, análisis de contenido,

experimentos y estudios de casos. Los objetivos del estudio y los datos concretos necesarios para responder a las preguntas o reforzar las hipótesis determinarán el enfoque que se utilizará. (Suárez P. et al., 2022)

Es fundamental recordar que las estrategias de redacción de tesis pueden cambiar en función del campo en el que se trabaje y de las normas específicas establecidas por cada centro educativo. Por lo general, es aconsejable seguir un enfoque metódico y planificado que abarque la planificación, la ejecución y la evaluación de cada fase del proyecto de investigación.

- **Técnica de Observación:** Se concluyó que podría utilizarse un enfoque observacional para identificar las cualidades del suelo de la subrasante que se estaba investigando. Este proceso toma en consideración mediciones y cuantificaciones de una amplia gama de tipos de datos.

- **Técnica de procesamiento y análisis de información:** La información recopilada en las investigaciones realizadas en el laboratorio y en el aula se examinó mediante técnicas de síntesis.

- **Análisis e interpretación de resultados:** Se indican las medidas que deben tomarse para evaluar y luego interpretar la información obtenida.

3.5.2 Instrumentos de recolección de datos investigación

Son los métodos e instrumentos que se emplean para recabar información y adquirir datos pertinentes para el estudio. Entre otros, estos instrumentos pueden incluir exámenes, cuestionarios, encuestas, entrevistas y observaciones. Para responder a las preguntas de investigación planteadas en la tesis, se pretende recopilar datos auténticos y fiables que puedan analizarse y utilizarse. A fin de obtener datos precisos y pertinentes

para la investigación, los instrumentos deben elegirse adecuadamente en función de los objetivos del estudio y del público destinatario. (Suárez P. et al., 2022)

Durante la fase de recogida de datos del estudio se tuvieron en cuenta los siguientes instrumentos:

- Formularios para el análisis de datos; Hojas de control de muestreo
- Certificados de control de calidad de laboratorio
- Programas informáticos para el análisis de datos
- Lectura de hojas de resultados
- Fichas estadísticas y directrices para la comprobación de hipótesis

3.6 Validación y confiabilidad del instrumento

3.6.1 Validación de los instrumentos

Describe el riguroso procedimiento de evaluación que garantiza la medición precisa y fiable de un instrumento en relación con su función prevista. Las pruebas previas, el análisis estadístico y los ajustes necesarios para garantizar que los datos producidos por el instrumento sean fiables, repetibles y representen adecuadamente el tema de estudio forman parte de este proceso. Un componente vital de la investigación es la validación, esencial para garantizar la fiabilidad y exactitud de la información recopilada.

3.6.2 Confiabilidad de instrumentos

Denota la necesidad de que los resultados derivados de una muestra determinada que utiliza un instrumento de medición concreto demuestren coherencia a lo largo de varias iteraciones.. (Andrade Ruiz, 2019).

El grado en que un instrumento produce datos fiables de forma periódica y constante durante un periodo de tiempo y en diferentes situaciones se conoce como

fiabilidad del instrumento. Básicamente, los resultados deben ser similares si el instrumento se utiliza a menudo en la misma población o en las mismas condiciones. Un instrumento fiable minimiza los errores de medición garantizando que las disparidades de medición reflejen adecuadamente las diferencias reales entre personas o grupos, y no los defectos del propio instrumento. Para producir resultados correctos y legítimos que puedan utilizarse para elaborar conclusiones e interpretaciones del estudio, es esencial garantizar la fiabilidad de los datos.

3.7 Plan de recolección y procesamiento de datos

3.7.1 Selección de calicatas

Según los protocolos establecidos por el (MTC), se determinó la ubicación de los pozos de prueba. Siguiendo los criterios del MTC, fijamos como norma para nuestro proyecto de investigación de carreteras se realizó una calicata de prueba cada kilómetro. Para garantizar una evaluación completa de las propiedades del suelo en ese lugar, cada uno de estos pozos de prueba se excavó hasta una profundidad de 1,5 metros.

El área específica de nuestra investigación abarcaba un total de tres kilómetros, y para representar completamente las condiciones del suelo a lo largo de la ruta, se excavaron tres pozos. Gracias a este método, pudimos reunir datos completos sobre las características del suelo, incluida su estabilidad y composición, que fueron fundamentales para la planificación y el diseño del proyecto de carretera.

Figura 2

Localización de puntos analizados

C.1	C.2	C.3	C.4
km 0 + 500	km 1 + 500	km 2 + 500	km 3 + 500

Se observa puntos de las calicatas realizadas



Tabla 3

Tramos de calicatas

Tramo	Km	Calicata	Margen
0+000 – 1+000	0+500	1	Derecho
1+000 – 2+000	1+500	2	Izquierdo
2+000 – 3+000	2+500	3	Derecho
3+000 – 4+000	3+500	4	Izquierdo

Los pozos de sondeo se han colocado cuidadosamente para que actúen como ubicaciones importantes a lo largo del segmento de carretera Capachica - Ccotos con el fin de extraer muestras de suelo. Los pozos se han dispuesto de forma que queden dispersos a lo largo de varios bordes de la carretera, teniendo en cuenta la extensión total de nuestro proyecto de carretera.

Toma de muestra del material

Una de las partes más importantes de nuestro método consistió en elegir cuidadosamente muestras representativas para poder preservar el contenido de humedad natural del material. Empleamos herramientas y equipos especializados para llevar a cabo este procedimiento con el fin de reducir cualquier cambio en las características del material.

Equipos y herramientas usados:

- Bolsas herméticas: Para mantener el contenido de humedad natural de las muestras en un entorno hermético, se utilizaron bolsas especialmente fabricadas. Para mantener las propiedades originales del material, estas bolsas ofrecen una atmósfera regulada.
- Pala: Para garantizar que las muestras se recogían de manera uniforme y representativa, se utilizó una pala especializada para su extracción. Este



instrumento facilitó la recogida de muestras sin alterar materialmente su composición.

- Marcador de progresivas: Cada muestra puede identificarse de forma ordenada y sistemática según su ubicación en el proyecto gracias al etiquetado progresivo de las bolsas herméticas mediante un marcador designado.

Proceso:

- Utilizando una pala, se tomaron muestras del material en determinados lugares clave del diseño de la investigación para garantizar que las condiciones del suelo fueran adecuadamente representativas.
- Cada muestra se colocó meticulosamente en bolsas herméticas para mantener su humedad inherente y reducir la probabilidad de cualquier alteración de sus características químicas y físicas.
- El marcador progresivo se utilizó para identificar correctamente cada bolsa sellada, proporcionando detalles cruciales como la ubicación precisa de la muestra y la hora de recogida.

Siguiendo este protocolo, se garantizó la recogida de muestras representativas y de alta calidad, lo que es crucial para realizar análisis precisos que se basan en la caracterización del material a partir de la investigación.

Obtención del concreto reciclado triturado

Para obtener el hormigón reciclado triturado para nuestro estudio, el primer paso fue la recogida. Una de las cosas en las que se hizo hincapié fue en lo importante que era asegurarse de que todo estaba completamente seco, ya que eso es lo que hace que el siguiente paso tenga tanto éxito.

Material y equipos usados



- Recipiente - Un contenedor de recogida.
- Un espacio de secado regulado.
- Herramientas para tratar el hormigón recuperado de forma segura.

Proceso:

- El concreto reciclado se recogió en un contenedor designado para garantizar la eficacia y la conservación de las cualidades del material.
- Antes de pasar a la siguiente fase, el hormigón recuperado se dejó secar completamente en un entorno controlado.
- El concreto reciclado procedente de las demoliciones se recogió y conservó en circunstancias reguladas. Este procedimiento es esencial para evitar la presencia de humedad. La información utilizada en el estudio está representada por este producto acabado.
- Durante todo el procedimiento se tomaron precauciones de seguridad y se utilizaron herramientas para manipular el hormigón de forma segura.

Ensayos en laboratorio

- i. Contenido de humedad: De acuerdo con las directrices establecidas por MTC E 108, el objetivo principal de este ensayo es determinar con precisión la cantidad de humedad contenida.

Procedimiento:

- Se elige una muestra que represente con precisión la composición global de los agregados. Para garantizar resultados representativos, es esencial una selección meticulosa.
- La muestra húmeda se introduce en una bolsa y se utiliza una balanza para registrar con precisión su peso inicial. En este documento se establecen las bases para calcular el contenido de humedad.



- A 110 ± 5 °C, la muestra se introduce en un horno que se ha preparado. En este método, el horno reduce gradualmente el contenido de humedad de la muestra, lo que permite una evaporación regulada.
- Tras el proceso de secado, se saca la muestra del horno y se le da tiempo para que vuelva a la temperatura ambiente. Esta etapa garantiza que, antes de realizar más mediciones, la muestra alcance una condición de temperatura estable.
- Una vez enfriada, se determina el peso de la muestra seca, y esta información se documenta cuidadosamente para su examen posterior.

$$W(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

- ii. El objetivo principal de la prueba de límite de consistencia es determinar la fracción de partículas plásticas de un material que puede pasar a través de un tamiz de malla n.º 40.

Procedimiento LP:

- Inicialmente, el material se forma en una forma elipsoidal y, para darle forma cilíndrica, se enrolla manualmente.
- Se realiza un examen detallado para determinar la resistencia del cilindro a colapsarse a los 3,2 mm de diámetro. Si el cilindro no se colapsa, se continúa el proceso hasta que se observe el colapso en el diámetro designado.
- Después de un colapso controlado, la muestra se traslada cuidadosamente a un recipiente de vidrio o a otro recipiente apropiado para facilitar el procedimiento de pesaje posterior.
- Para garantizar que los resultados de las pruebas son precisos y representativos, se requiere un peso mínimo de la muestra de 6 gramos.

- Para correlacionar las características plásticas con la cantidad de humedad de la muestra, se lleva a cabo una investigación adicional del contenido de humedad.

$$LP = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Procedimiento LL:

- La inclusión de humedad se realiza gradualmente y bajo supervisión. Este procedimiento es esencial para garantizar la representatividad a la hora de determinar los límites de líquido y evitar discrepancias en la combinación.
- Una vez que todo se ha mezclado bien, se añade suavemente una porción a la cacerola. Para que la compactación sea uniforme, es necesario colocarla sobre la base. Con una espátula, la mezcla se compacta y nivela con precisión. La mezcla se nivela con cuidado en la parte superior del tubo de ensayo hasta alcanzar un grosor máximo de un centímetro. La validez de los resultados depende de esta consistencia.
- La mezcla se dispersa sistemáticamente en el interior de la copa de bronce mediante golpes precisos con la máquina ranuradora. Esta etapa garantiza la correcta disposición de la muestra para la fase de ensayo posterior.
- La copa puede liberarse a un ritmo de dos gotas por segundo volteando la palanca.
- Con una separación de 13 mm entre cada pasada, hay que tener muy en cuenta el número de pasadas necesarias para cerrar la ranura. Esto es necesario para determinar con precisión los límites líquidos del suelo.
- En el centro de la región en la que se ha producido el contacto, se elige una muestra al azar. Después de pesarla con precisión en una tara, esta muestra se, se calienta a una temperatura determinada en un horno para su secado. La tara correspondiente se utiliza para medir la muestra seca. El registro cuidadoso de los datos recogidos y



el cálculo del contenido de humedad proporcionan información importante sobre las cualidades hídricas del suelo.

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

Procedimiento IP.

$$IP = LL - LP$$

- iii. Encontrar la distribución granulométrica de los áridos es el objetivo del ensayo de análisis granulométrico. Esta información es esencial, ya que permite comprender las propiedades físicas de los materiales y cómo reaccionan en distintos entornos.

Procedimiento:

- La evaluación granulométrica comienza considerando el tipo de material que se va a tamizar
 - Para garantizar que la muestra se desplaza continuamente por la malla durante el tamizado manual, los tamices se mueven regularmente en movimientos circulares.
 - En el análisis granulométrico, las cantidades recogidas y pasadas por cada tamiz, así como las cantidades retenidas, se calculan mediante porcentajes. Estas cifras se obtienen aplicando principios matemáticos básicos a una secuencia de operaciones secuenciales.
- iv. Proctor modificado: El objetivo principal de esta prueba es identificar los parámetros ideales del suelo en cuanto a densidad y contenido de humedad para obtener la mayor densidad con el menor contenido de humedad.



Procedimiento:

- Se selecciona una muestra tipo de 2,5 kg a 3 kg, y debe garantizarse su sequedad.
 - Para deshacerse de las partículas más grandes que el tamiz nº 4, la muestra se somete a un procedimiento de tamizado. Después, se le añade agua gradualmente para crear una muestra que esté algo húmeda.
 - La placa base sirve para determinar el peso del molde. El espécimen se registra meticulosamente partiéndolo en cinco segmentos y comprimiéndolo.
 - Se capturan todos los datos pertinentes del procedimiento y la muestra húmeda se seca en un horno.
- v. CBR: El objetivo principal del ensayo CBR es determinar la capacidad portante relativa del suelo en comparación con una mezcla de referencia estándar. En los campos de la planificación de carreteras y la ingeniería de pavimentos, este ensayo es muy crucial.

Procedimiento:

- Se selecciona una muestra estándar de unos 5,5 kg de peso en seco. El material se somete a un proceso de cribado utilizando alambres de $\frac{3}{4}$ «, 3/8» y #4. Se recogen los valores MDS y OCH junto con otros datos de Proctor.
- Se recogen los datos del Proctor, que incluyen los valores OCH y MDS. Se mide cuánto pesan la base y el molde.
- El molde comprime las probetas, modificando el contenido de agua para obtener el nivel de humedad ideal. Para cada capa se aplican 12, 25 y 56 golpes.
- La probeta compactada se enrasa una vez retirado el collarín. La placa perforada se coloca junto al vástago una vez que se ha sacado el molde de la base y se ha anotado el peso.
- Justo antes de sumergir la muestra en agua, se registra su peso junto con el cambio de altura y los datos sobre el hinchamiento.



- El molde se sumerge completamente en agua durante cuatro días, tiempo durante el cual se realizan mediciones de su hinchazón y del cambio de altura tras la saturación.
- La masa de los moldes que contienen el espécimen empapado se mide una vez escurridos.
- La muestra se recubre una vez más y el pistón se coloca para permitir la penetración. La aplicación de una fuerza constante de 44 N pone a cero los controles de carga y deformación.
- A velocidades controladas de 0,05 pulgadas por minuto, se aplican cargas al pistón de penetración. Para mantener la coherencia en la aplicación de las cargas y controlar el tiempo, se emplea un temporizador.
- Durante muchas penetraciones, se registran los valores de carga, prestando especial atención a 0,1« y 0,2». Estos detalles particulares son esenciales para determinar la capacidad portante relativa del suelo.
- El proceso descrito anteriormente va seguido de la separación de los moldes del aparato CBR. Para una evaluación completa de la capacidad portante del suelo, son necesarios algunos detalles más.

3.8 Procesamiento y análisis de datos

En este punto, nos centramos en emplear técnicas especializadas para transformar los datos en información útil. Es crucial utilizar métodos eficaces para obtener significado de los datos no procesados. Para llevar a cabo este procedimiento con la mayor eficacia posible, evaluamos pruebas para determinar la autenticidad y fiabilidad de los datos recopilados.



CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Presentación y análisis de resultados

La fase de presentación y análisis de los resultados del proceso de investigación implica la presentación y el examen de los datos obtenidos. La presentación es la organización metódica de los hechos de forma clara e inteligible, utilizando tablas, gráficos y figuras para explicar de forma concisa la información. Para evaluar los datos, identificar patrones, correlaciones y tendencias, y obtener conclusiones que respondan a las preguntas de la investigación o evalúen las hipótesis, los resultados deben analizarse mediante métodos estadísticos e instrumentos cualitativos. Esta etapa es necesaria para presentar la información y respaldar los resultados del estudio.

a. Presencia de humedad

El contenido de humedad de la perforación refleja la cantidad de humedad del suelo excavado durante la prueba. El contenido de humedad en una perforación influye significativamente en las propiedades mecánicas y físicas del suelo, incluyendo su estabilidad, cohesividad y capacidad portante. La determinación precisa del contenido de

humedad es esencial para examinar la idoneidad del suelo para fines de construcción y para diseñar con precisión los cimientos y otras estructuras.

Tabla 4

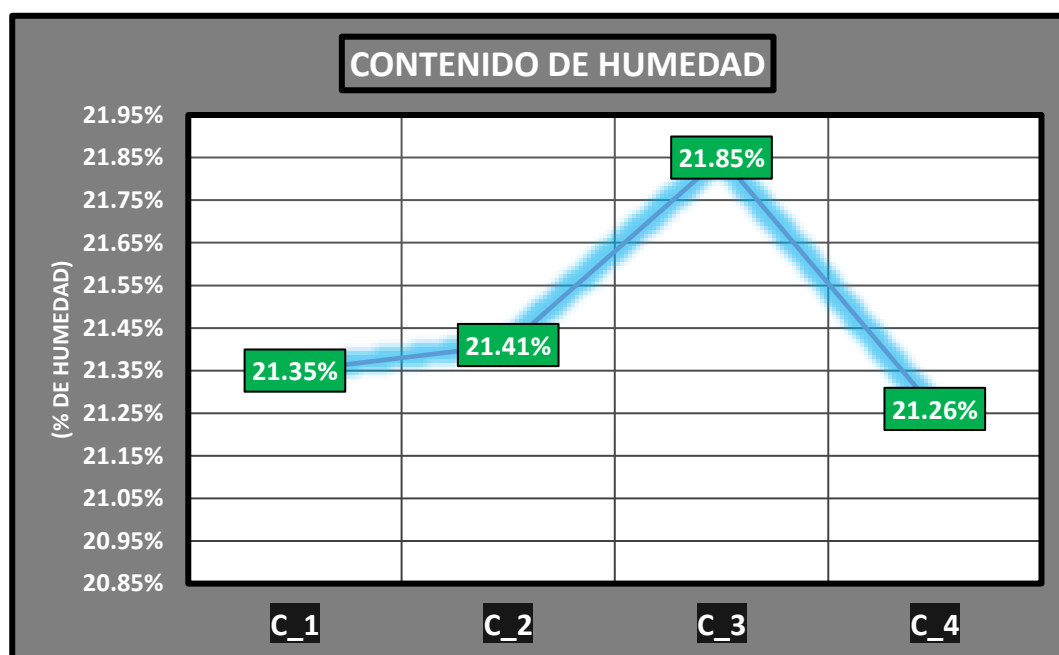
Humedad en las muestras

Calicata	Humedad (%)
C-1	21.35%
C-2	21.41%
C-3	21.85%
C-4	21.26%
	21.47%

Las distintas muestras estudiadas muestran la presencia de humedad, de la cuales se obtuvo una media de contenido de humedad de **21.47%**, de las 4 calicatas realizadas.

Figura 3

Humedad presente en las muestras



Se recogen los datos obtenidos en el experimento, en el que hemos alcanzado una humedad media del 21,47%.

b. Análisis de Granulometría

Figura 4

Tamizado M-1

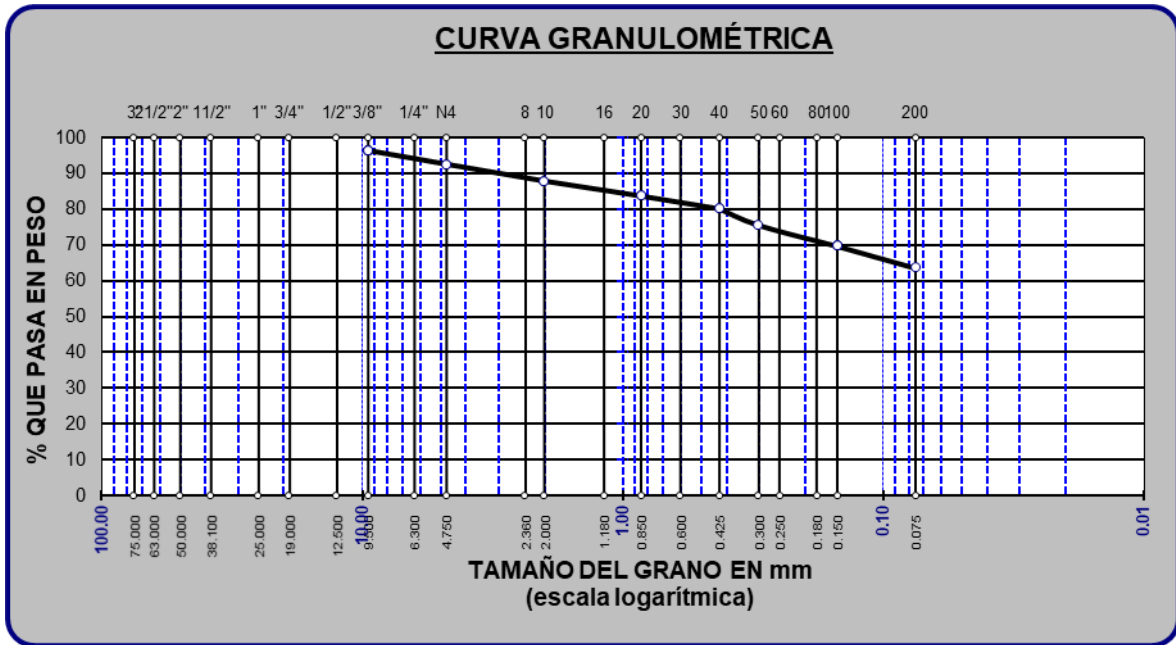


Figura 5

Tamizado M-2

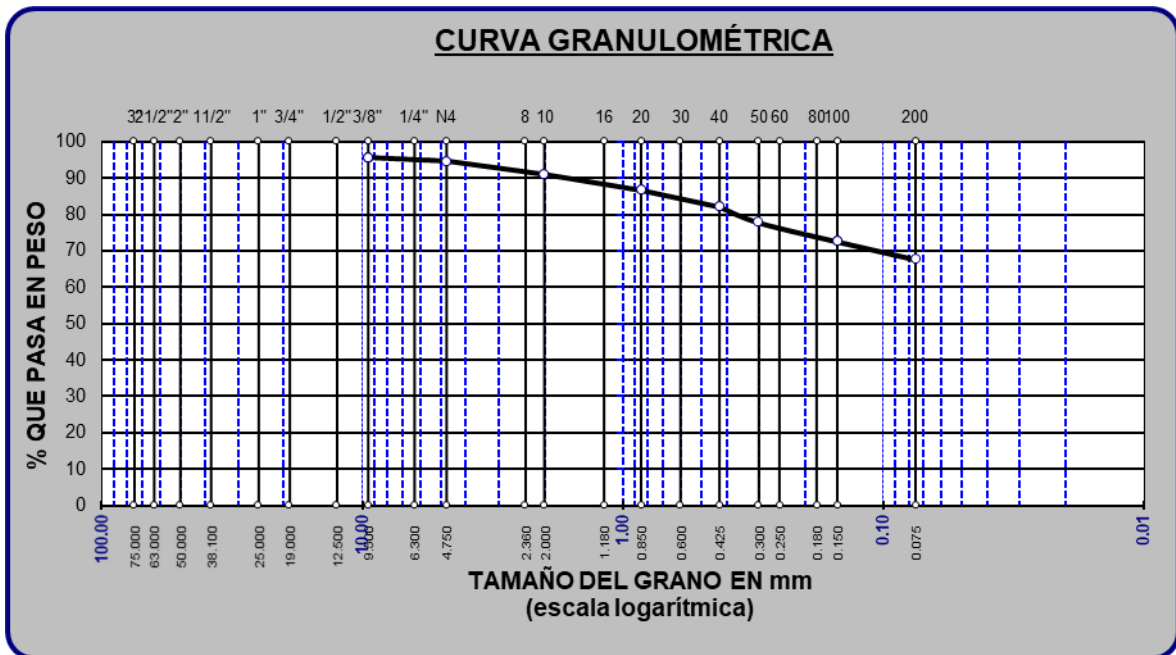


Figura 6

Tamizado M-3

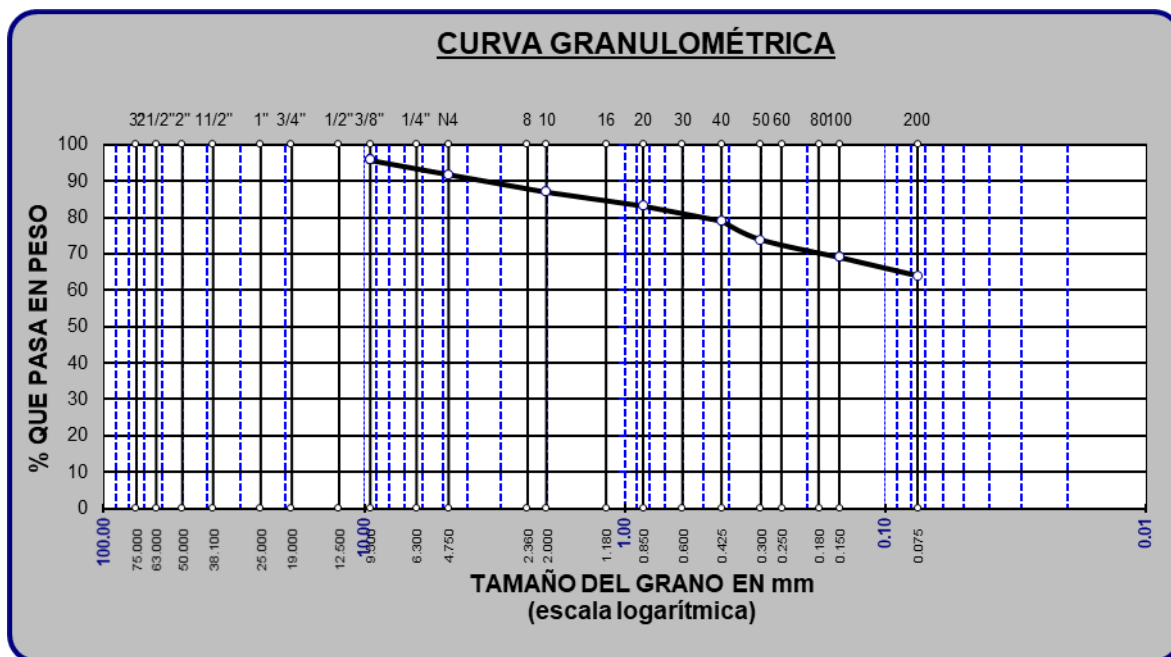
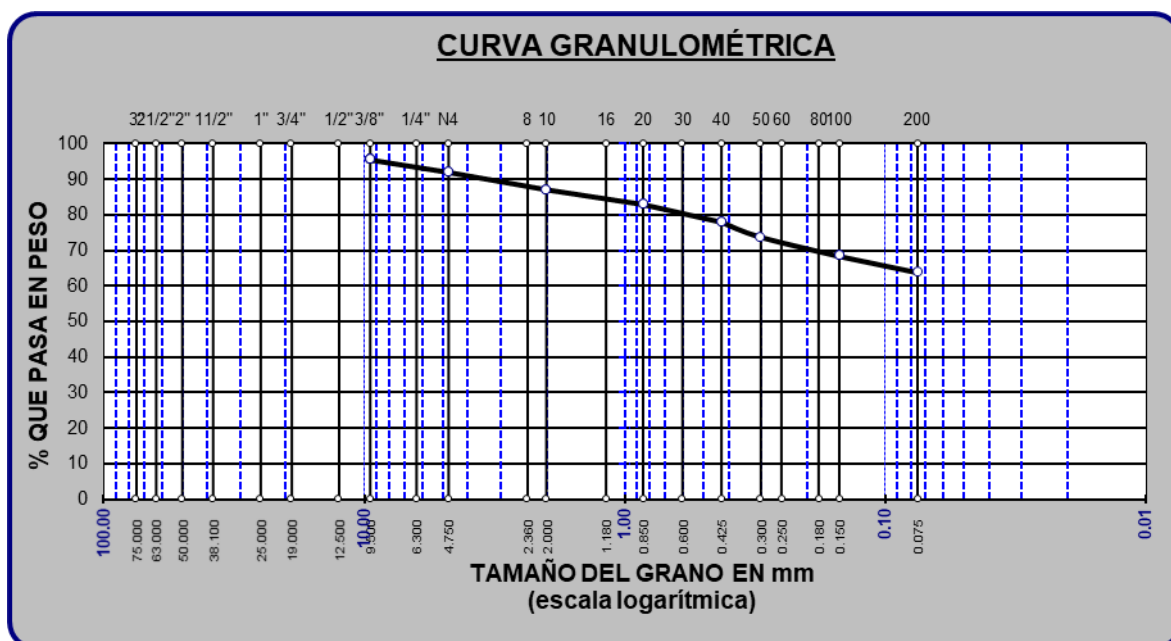


Figura 7

Tamizado M-4



c. Índice de plasticidad

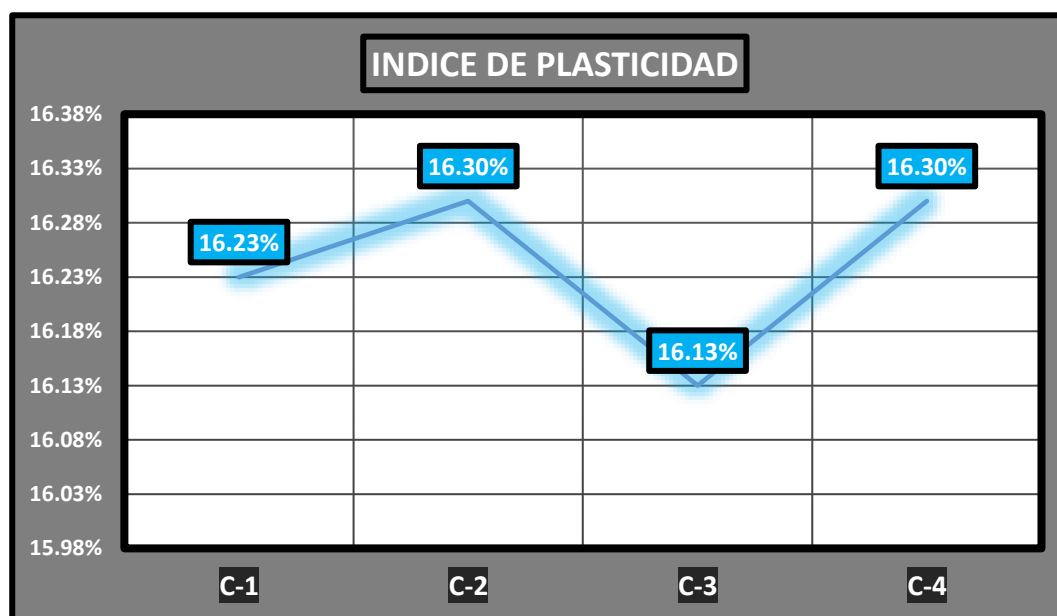
Tabla 5

IP natural de las unidades de muestreo

Calicatas	Límites de Atterberg		IP (%)
	LL (%)	LP (%)	
C-1	32.64%	16.40%	16.23%
C-2	32.22%	15.92%	16.30%
C-3	32.48%	16.35%	16.13%
C-4	32.39%	16.09%	16.30%
Promedio	-	-	16.24%

Se denotan los resultados de los especímenes extraídos de las 4 calic. de prueba que se realizaron en los lugares de la investigación; como resultado, se obtuvieron resultados PI, con una media del 16,24%.

Figura 8

Comparativa de los límites alcanzados

El índice medio de plasticidad, determinado por las pruebas realizadas en muestras tomadas en diversos puntos de la ruta Capachica-Ccotos, fue del 16,24%.

d. Grado de compactación

Tabla 6

Subrasante – nivel de compactación

Nivel Compactación – Subrasante		
Calicata	MDS gr/cc	OCH %
C-1	1.738	8.05
C-2	1.733	8.57
C-3	1.734	8.68
C-4	1.727	8.78
	1.733	8.52

Se denotan las densidades secas máximas y el contenido óptimo de humedad de los especímenes que se extrajeron de las fosas de la carretera Capachica-Ccotos. La MDS y el OCH, en promedio, fueron de 1.733 gr/cc y 8,52%, respectivamente.

Figura 9

Humedad – Densidad de la C.1

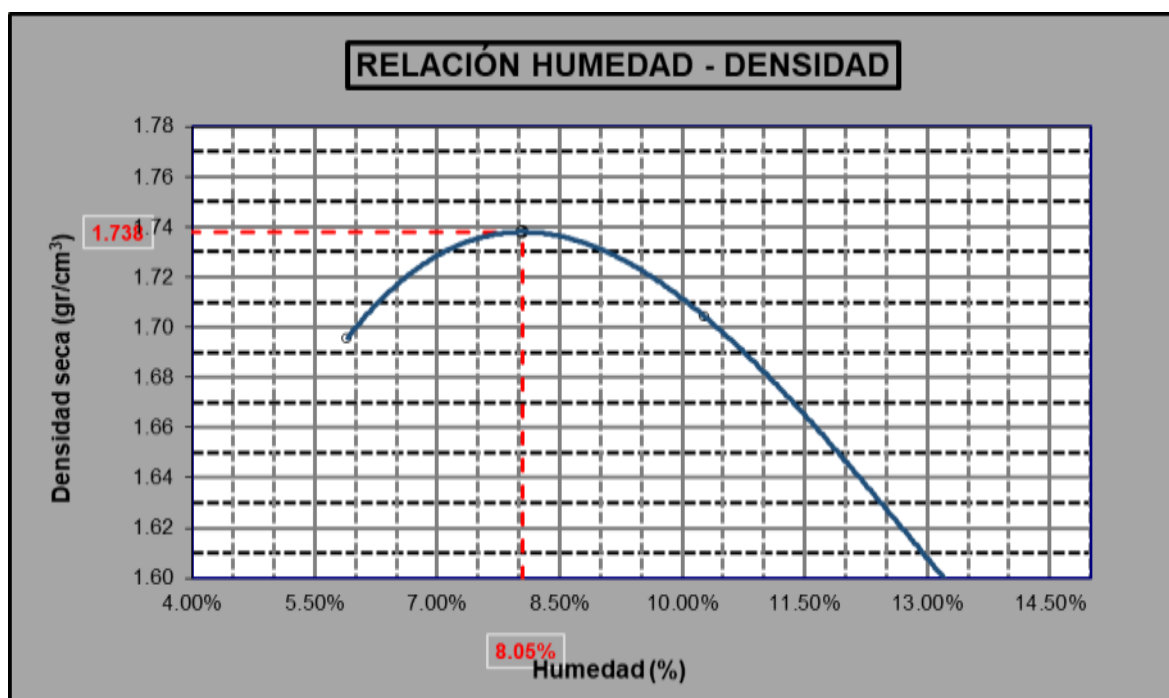


Figura 10

Humedad – Densidad de la C.2

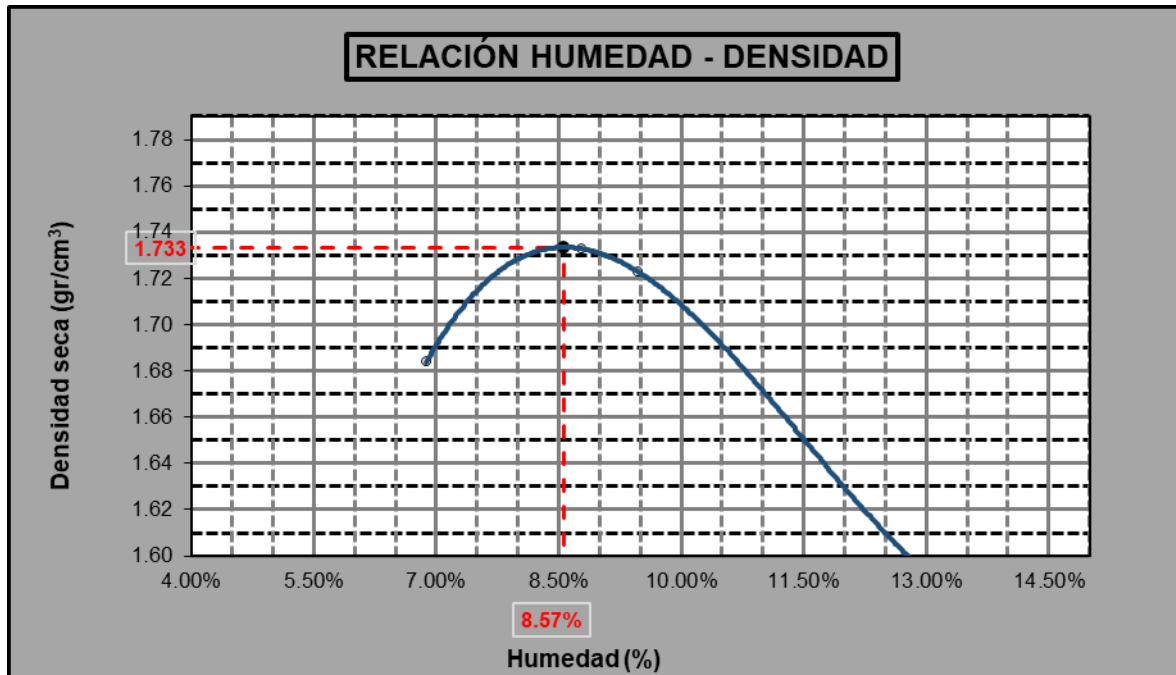


Figura 11

Humedad – Densidad de la C.3

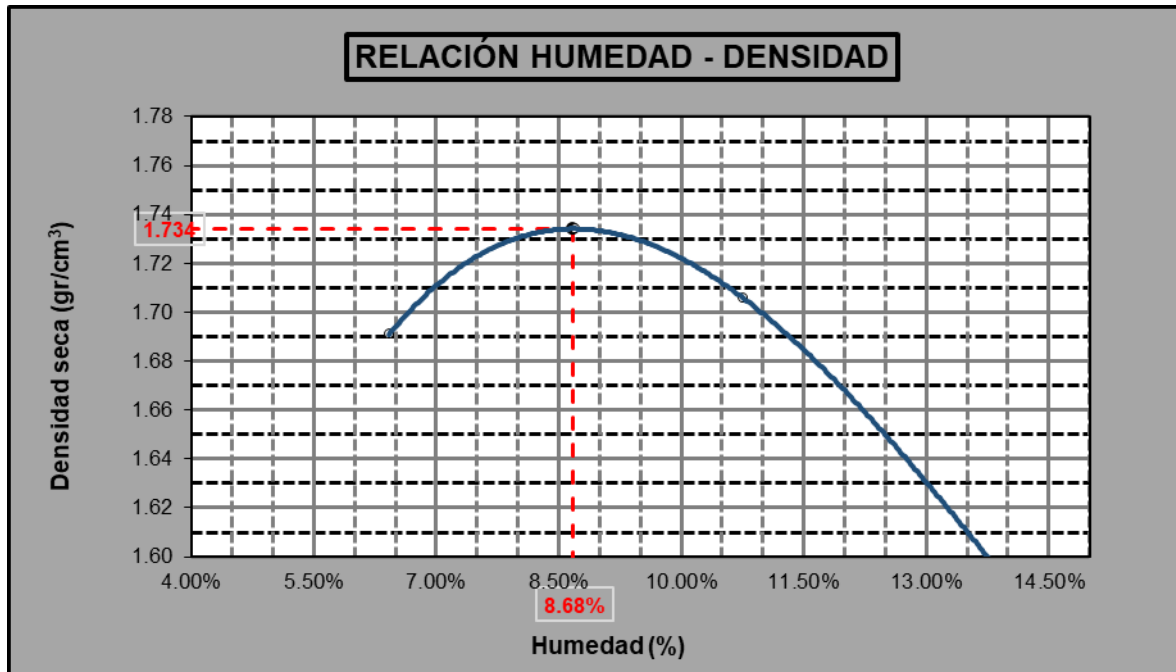


Figura 12

Humedad – Densidad de la C.4

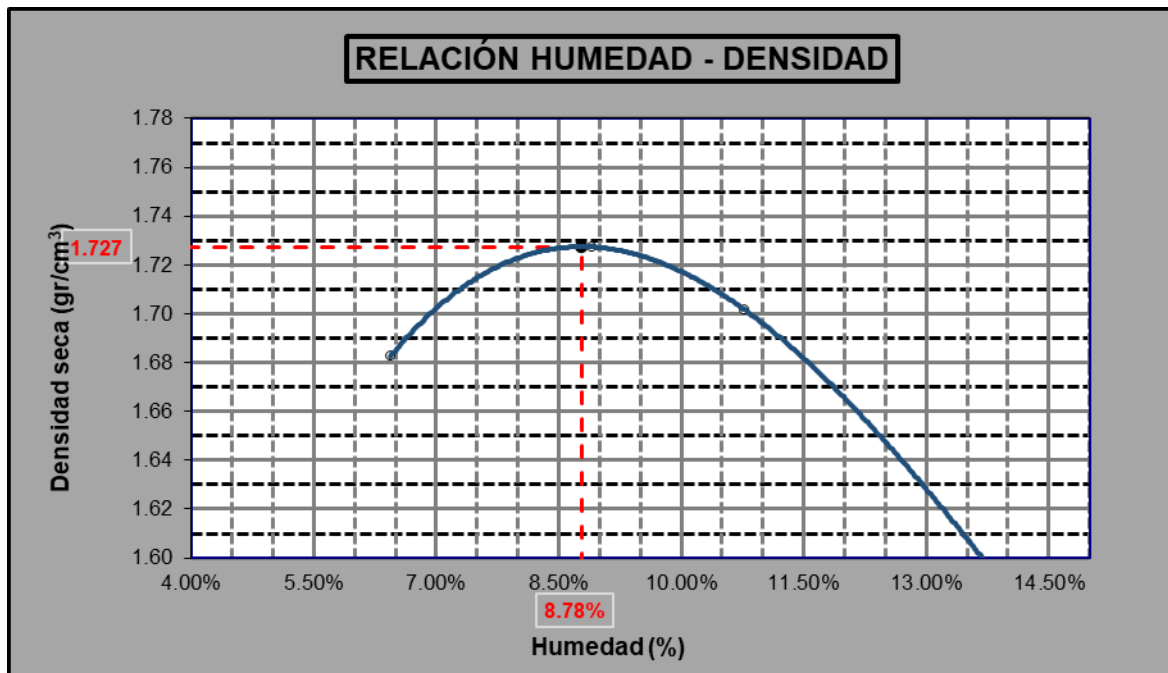
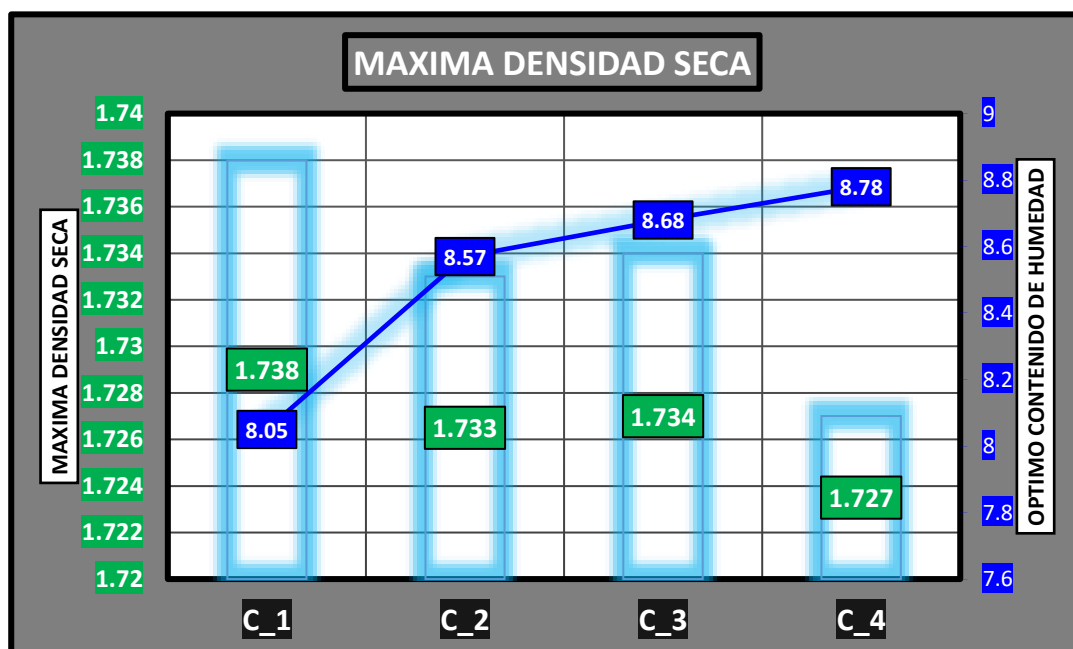


Figura 13

Humedad – Densidad



La relación entre la densidad del suelo y la humedad del suelo medida en el laboratorio está representada por los resultados recogidos y mostrados en la imagen, que nos

proporciona detalles exhaustivos sobre los valores de cada pozo de ensayo con los promedios correspondientes.

4.1.1 Capacidad de soporte de la subrasante y afirmado de la vía

a. Capacidad de soporte

Tabla 7

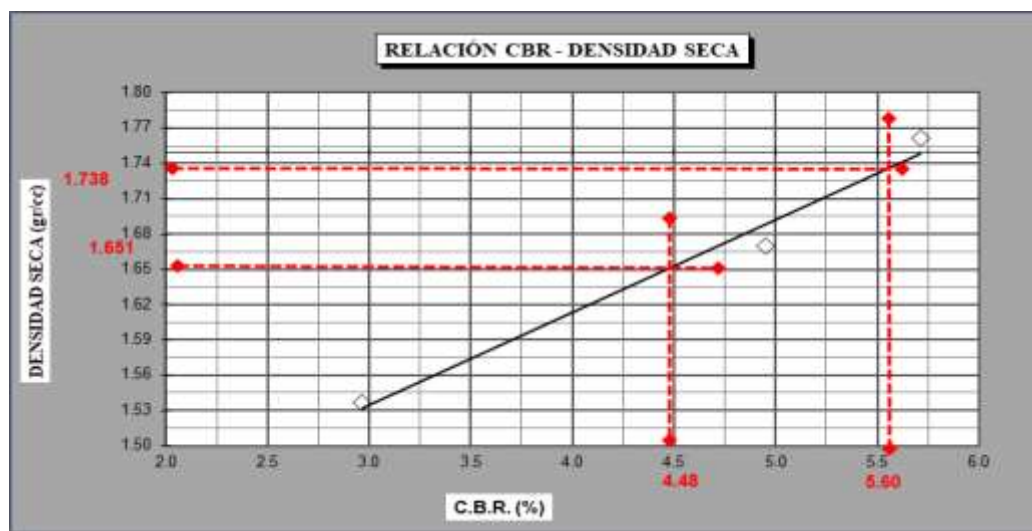
CBR

Calicatas	CBR – Subrasante	
	CBR - 100%	CBR - 95%
C.1	5.60%	4.48%
C.2	5.63%	4.40%
C.3	5.74%	4.79%
C.4	5.47%	4.71%
Promedio	5.61%	4.60%

Con una media final de 5,61% de CBR al 100% y de 4,60% de CBR al 95%, se muestran las picaduras y sus valores en relación con el CBR al 100% y al 95%.

Figura 14

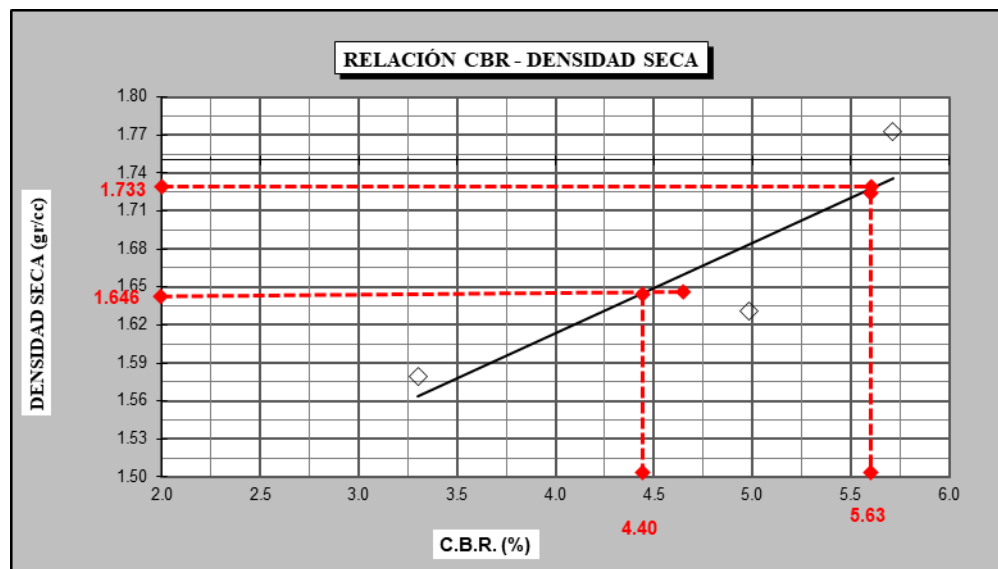
CBR – C.1



El gráfico ilustra los valores asociados con el (CBR) del suelo natural examinado a lo largo de la carretera Capachica - Ccotos, específicamente perteneciente al pozo de prueba número 1. El valor del CBR al 100% fue de 5.60%, mientras que al 95% fue de 4.48%.

Figura 15

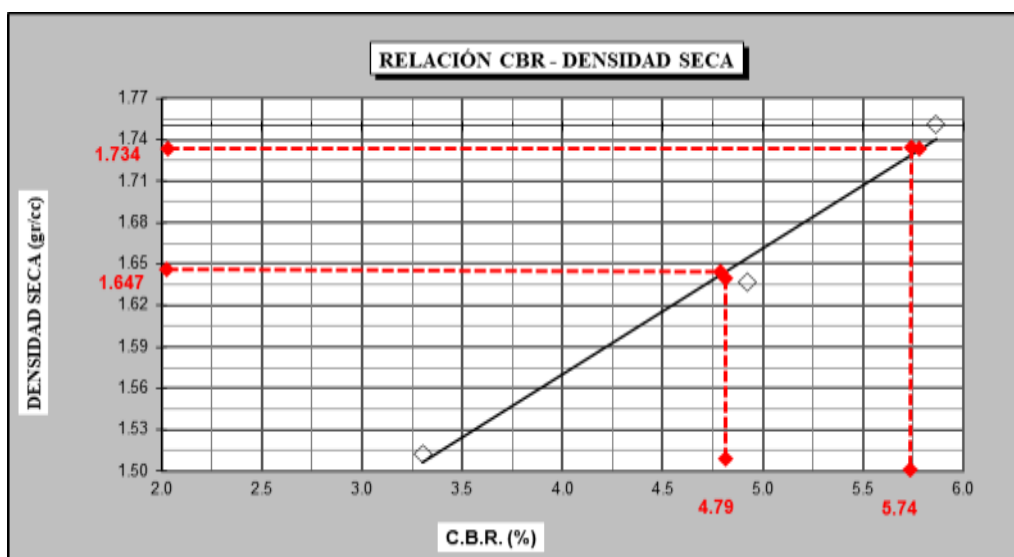
CBR – C.2



En el gráfico se representan los valores de CBR del suelo examinado en la vía Capachica-Ccotos. Estos corresponden a la zanja de ensayo número 2. El valor CBR al 100% fue de 5,63%, y el CBR al 95% fue de 4,40%.

Figura 16

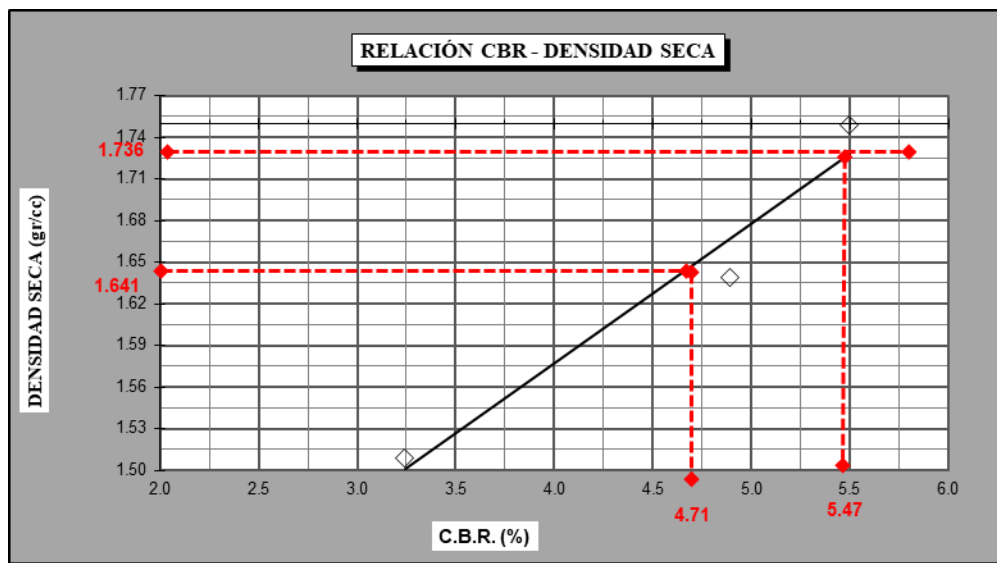
CBR – C.3



En el gráfico se representan los valores de CBR del suelo natural examinado en la carretera Capachica-Ccotos. Estos estudios corresponden al pozo de ensayo número 3. El valor CBR al 100% fue de 5,74%, y el CBR al 95% fue de 4,79%.

Figura 17

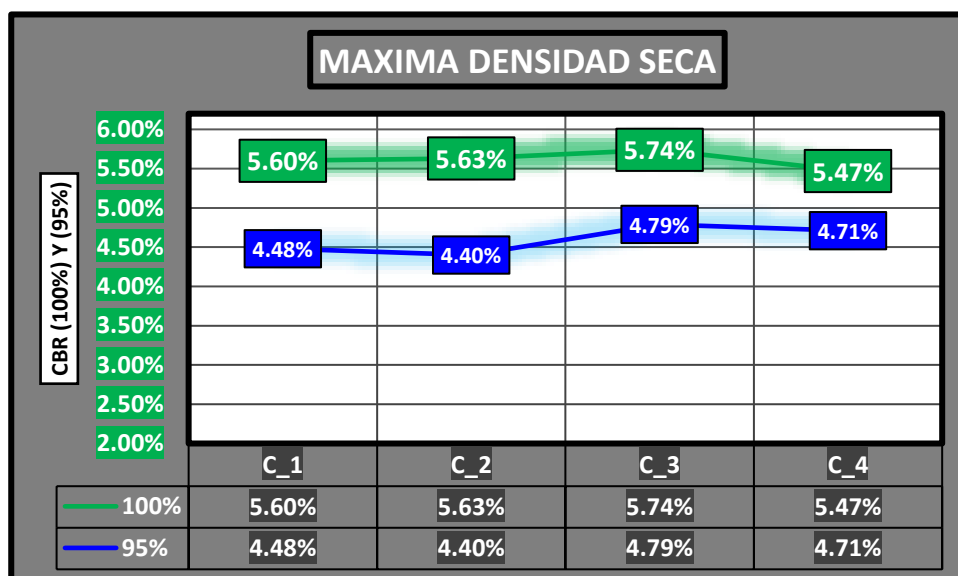
CBR – C.4



El CBR del 100% fue de 5,47% y el CBR del 95% fue de 4,71%; estos valores coinciden con el CBR del suelo natural examinado en la ruta Capachica - Ccotos, que se asociará al pozo de prueba número 4.

Figura 18

CBR de la subrasante natural



El gráfico mostraba claramente que el CBR de los suelos ensayados presentaba comportamientos variables en los distintos ensayos.

4.1.2 Influencia de la inclusión de concreto reciclado triturado en la capacidad de soporte

Al producir compuestos cementosos, el hormigón reciclado triturado aumenta la cohesividad y la resistencia general del suelo, mejorando así su capacidad portante. La incorporación de esta sustancia química a los suelos arcillosos los hace menos compresibles y flexibles, aumenta su densidad y consolidación, y los hace más fuertes y resistentes a la humedad. El suelo se transforma para mejor, volviéndose más apto para soportar estructuras y cargas.

a. Capacidad de soporte + 5% de concreto reciclado triturado

Tabla 8

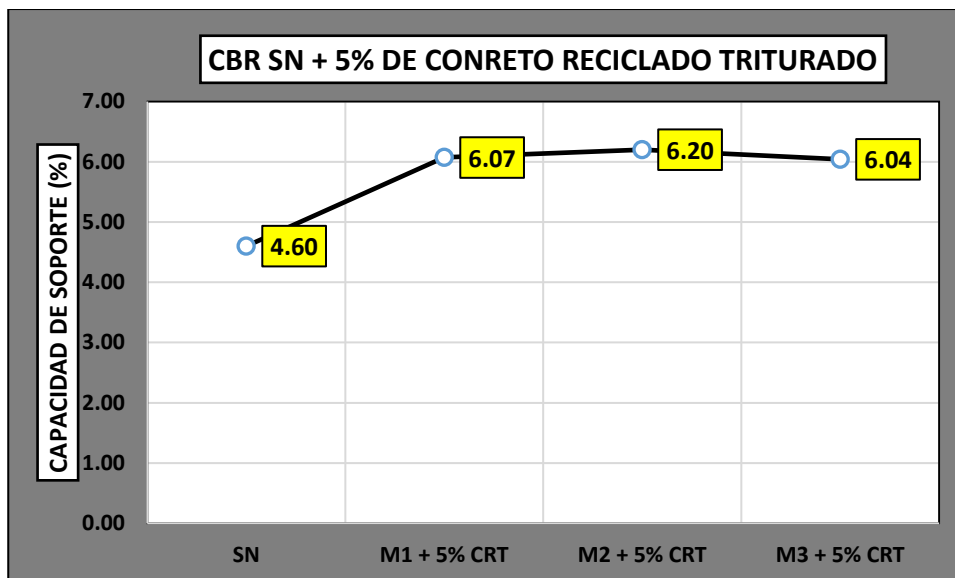
CBR de las calicatas + 5% Concreto Reciclado Triturado

CBR al 95% + 5% de Concreto Reciclado Triturado			
Combinación	CBR-%	Media-%	Variación-%
SN	4.60	-	-
M-1 + 5% CRT	6.07		
M-2 + 5% CRT	6.20	6.10	33%
M-3 + 5% CRT	6.04		

Se denotan el CBR del 95%, con una media del 6,10% de CBR en ese nivel.

Figura 19

Comparativa de las CBR de la subrasante natural + Concreto Reciclado Triturado al 5%



El gráfico del CBR de los suelos investigados reveló que mostraban tendencias distintas, en el cual se tuvo como resultado un incremento de un 33% en relación al CBR al 95%.

b. Capacidad de soporte + Concreto Reciclado Triturado al 10%

Tabla 9

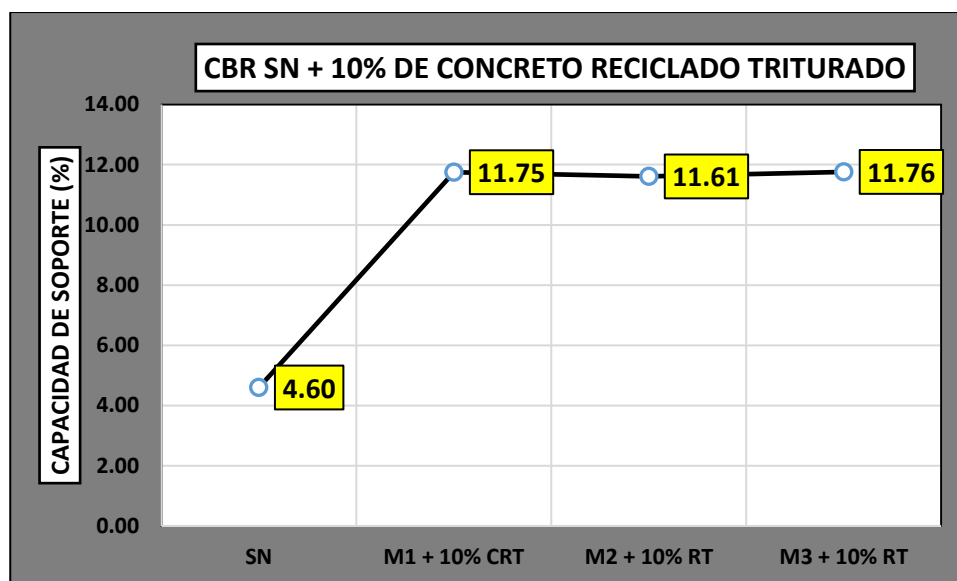
CBR de las calicatas + 10% de Concreto Reciclado Triturado

CBR al 95% + 10% de Concreto Reciclado Triturado			
Mezcla	CBR-%	Media-%	Variación-%
SN	4.60	-	-
M1 + 10% CRT	11.75		
M2 + 10% RT	11.61	11.71	154%
M3 + 10% RT	11.76		

Se denota el CBR al 95% teniendo como promedio final un 11.71% de CBR al 95%

Figura 20

Comparativa de las CBR de la subrasante natural + Concreto Reciclado Triturado al 10%



Del gráfico se desprende claramente que el CBR de los suelos investigados presentaba patrones distintos, en el cual se tuvo como resultado un incremento de un 154% en relación al CBR al 95%.

c. Capacidad de soporte + 15% de Concreto Reciclado Triturado

Tabla 10

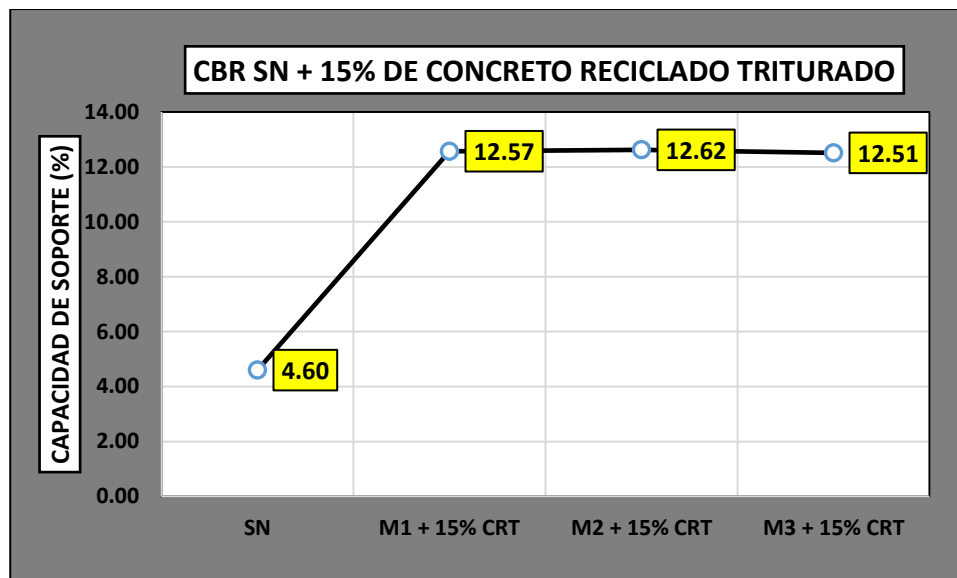
CBR de las calicatas + 15% de Concreto Reciclado Triturado

CBR al 95% + 15% de Concreto Reciclado Triturado			
Mezcla	CBR-%	Media-%	Variación-%
SN	4.60	-	-
M-1 + 15% CRT	12.57		
M-2 + 15% CRT	12.62	12.57	173%
M-3 + 15% CRT	12.51		

Se aprecian las calicatas y sus valores respecto a los CBR 95% teniendo como promedio final un 12.57% de CBR al 95%

Figura 21

Comparativa de las CBR de la subrasante natural + Concreto Reciclado Triturado al 15%



El gráfico mostraba claramente que el CBR de los suelos investigados mostraba tendencias distintas, en el cual se tuvo como resultado un incremento de un 173% en relación al CBR al 95%.

4.1.3 Subrasante estabilizada y los ejes equivalentes actuales

El concreto reciclado triturado es una buena forma de estabilizar el suelo del subsuelo antes de construir una carretera. El fin de este método es mejorar las propiedades mecánicas y físicas del suelo. El Concreto Reciclado Triturado, un subproducto de las demoliciones de las construcciones, contiene un aditivo que reduce la velocidad de expansión del suelo y aumenta su capacidad de soporte de peso. Utilizando esta combinación para estabilizar la subrasante se consiguen unos cimientos de carretera más resistentes y duraderos.

Sección de capas afirmadas

Garantizar que los espesores de capa de firme elegidos se ajustan a las especificaciones del proyecto utilizando un procedimiento de diseño adecuado. En el proyecto debe utilizarse un método de diseño que satisfaga adecuadamente los criterios



del proyecto. Este método debe enviarse al organismo regulador del MTC y ser aprobado por la organización contratante o administrativa antes de que pueda ponerse en práctica.

Este Manual especifica que para calcular los espesores del firme debe utilizarse cualquier método de diseño que satisfaga los criterios del proyecto. La ecuación utilizada por lo que ahora es AUSTROADS (antes NAASRA) establece una relación entre el (CBR) y la carga sobre el pavimento, que se cuantifica por el número de repeticiones EE.

$$e = [219 - 211 \times (\log_{10} \text{CBR}) + 58 \times (\log_{10} \text{CBR})^2] \times \log_{10}(\text{Nrep}/120)$$

e = Espesor de la capa de afirmado en mm.

CBR = Valor del CBR de la subrasante.

Nrep = Número de repeticiones de EE para el carril de diseño.

La fórmula anterior permite determinar, en milímetros, el espesor de la capa de firme:

$$e = 132.48 \text{ mm}$$

Usando la fórmula, podemos determinar el grosor de la capa reforzada, que resulta ser de 132,48 mm, es decir, 13,25 cm.

Es importante reconocer que los lugares con suelos de subrasante que presenten un coeficiente de soporte de California (CBR) inferior al 6% -indicativo de una subrasante inadecuada- requerirán una investigación específica del suelo para su estabilización o sustitución.

Figura 22

Tabla de ejes y espesores comparables (MTC)

CBR % Diseño	EJES EQUIVALENTES																		
	10,000	20,000	25,000	30,000	40,000	50,000	60,000	70,000	75,000	80,000	90,000	100,000	110,000	120,000	130,000	140,000	150,000	200,000	300,000
	ESPESOR DE MATERIAL DE AFIRMADO (mm)																		
6	200	200	250	250	250	250	250	250	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	350
7	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	300	300	300
8	150	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	300
9	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250
10	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250	250	250
11	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250
12	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
13	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
14	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
15	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200
16	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200
17	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200
18	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200
19	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
20	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
21	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
22	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
23	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
24	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
25	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
26	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
27	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
28	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
29	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
30	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
> 30 *	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150

Los subsuelos que tengan un CBR inferior al 6% deberán estabilizarse o mejorarse, de acuerdo con las normas descritas en el capítulo 9 del Manual de Carreteras. Dado que estas carreteras tienen poco tráfico, basamos nuestras hipótesis en criterios predeterminados o en los resultados de estudios anteriores realizados en las proximidades. En consecuencia, elegiremos un valor de EE de 20.000 a 25.000; como resultado, el espesor del firme apropiado para la región de la investigación es de 150 mm.

La subrasante, que es la capa inferior en la estructura del pavimento donde se apoyan la base y el afirmado, es fundamental para la estabilidad y durabilidad de una carretera. Según estudios, con un CBR (índice de soporte California Bearing Ratio) óptimo de 12.57%, se recomienda que el afirmado tenga un espesor de 150 mm. Para mejorar las cualidades mecánicas y portantes del suelo y elevar el CBR a un nivel adecuado para las cargas previstas y las circunstancias del tráfico, se vierte hormigón reciclado sobre el suelo.

El coeficiente de carga de California (CBR), que mide la resistencia del suelo a la penetración con niveles específicos de humedad y densidad, es un instrumento crucial en



el diseño de pavimentos. En la actualidad, la estabilización de la subrasante mediante el uso de hormigón reciclado es frecuente, ya que aumenta en gran medida la capacidad portante del suelo y disminuye su susceptibilidad a los daños por agua y a la deformación. Para un valor óptimo de CBR de 12.57%, se ha determinado que un espesor de 150 mm para la subrasante es el más adecuado. Este espesor reduce la posibilidad de asentamientos y deformaciones bajo las cargas previstas a lo largo de la vida de la carretera, al tiempo que garantiza una base firme y estable que satisface las expectativas de rendimiento del pavimento y las especificaciones de diseño.

4.2 Discusión de resultados

En el estudio de (Zimar et al., 2022), Se investigó a fondo la viabilidad de estabilizar la subrasante con hormigón reciclado triturado. Se eligieron 3 porcentajes distintos -8%, 10% y 12%- para analizar el impacto de este incremento. La prueba CBR al 95% demostraron un notable aumento de la resistencia del suelo. La adición de un 4% de Hormigón Reciclado Triturado produjo una mejora significativa en el CBR del suelo nativo, de 14,13% a 18,12%. El CBR aumentó al 21,33% con la adición del 6% y espectacularmente al 25,27% con la adición del 9%. Con ramificaciones significativas para la estabilidad de la subrasante, nuestros resultados demuestran indiscutiblemente que el hormigón reciclado triturado puede reforzar el suelo. En cuanto a la prueba de grado de compactación, la densidad máxima del suelo varió significativamente. Al principio, el suelo natural tenía una densidad máxima de 1,75 g/cm³. El valor aumentó ligeramente a 1,77 g/cm³ con la adición del 4%. La mayor densidad, de 1,8 y 1,83 gramos por centímetro, respectivamente, se obtuvo combinando el 6% y el 9%.

Estos resultados demuestran la capacidad de las cenizas para modificar la densidad del suelo, además de poner de relieve el incremento de la resistencia del suelo que se produce con su adición.

Según (Baldeon Sauñe, 2019), Se investigó si las cenizas de carbón podrían utilizarse para estabilizar la subrasante de la carretera de Chachapoyas. La ceniza de carbón se añadió a la mezcla en porcentajes de 15%, 20% y 25% a lo largo del experimento. Según el examen del contenido de humedad, el suelo natural del primer pozo de prueba tenía un contenido de humedad del 12,45% del total, pero las adiciones de suelo de 15%, 20% y 25% tenían contenidos de humedad de 8,45%, 9,74% y 7,14%, respectivamente. Los resultados mostraron que la segunda fosa de prueba tenía valores de 9,35%, 9,78% y 10,25%, mientras que la tercera fosa de prueba tenía valores de



15,25%, 16,75% y 15,05%. Con respecto al índice de plasticidad, se descubrió que la primera fosa de prueba tenía un índice de 11%, 9%, 10% y 8% después de añadir 5%, 7% y 10% de ceniza y cal, respectivamente. Estas cifras fueron del 12%, 10%, 9% y 7% en la segunda fosa de prueba.

Según Goñas (2019) , Se investigó la estabilización de la subrasante con cenizas de carbón. En el experimento se realizaron aportaciones de cenizas de carbón del 15%, 20% y 25%. Las pruebas se concentraron en la zanja 2, donde la adición de las cenizas provocó un descenso considerable del índice de plasticidad, que fue del 15% inicialmente y del 13%, 10% y 9% después de las adiciones. Con las adiciones, el índice de plasticidad inicial en la zanja 4 fue del 12%; este atributo del suelo disminuyó al 11%, 10% y 10%. En la fosa 2 se encontraron valores de 13,20% y 1,646 g/cm³ en relación con las pruebas de contenido de humedad óptimo y densidad seca máxima, respectivamente. Por el contrario, se observaron valores de 10,30% y 1,679 g/cm³ para la fosa de prueba 4. Según estos resultados, el contenido de humedad y la densidad seca máxima de las muestras de suelo se ven afectados por la adición de cenizas de estiércol de camélido y cenizas. En cuanto a la prueba CBR, la fosa de prueba 2 registró un CBR de 5,9 T al 100%, pero la fosa de prueba 4 registró un valor de 13,0. Tras la adición del producto, el CBR de la muestra C-2 aumentó un 10,9%, 14,1% y 17,5%. Sin embargo, una vez aplicado el producto, el CBR de la muestra C-4 aumentó un 14,1%, 18,5% y 19,9%. Estos resultados implican que las adiciones aumentan significativamente la capacidad de carga del material de la subrasante, a la vez que tienen un buen efecto sobre la resistencia del suelo, especialmente en términos de CBR.

CONCLUSIONES

Primera, el promedio de la capacidad de soporte de la subrasante es de 5.61% al 100% y 4.60% al 95%. Estos valores indican que la subrasante evaluada presenta una capacidad de soporte adecuada para el propósito del afirmado en la carretera Capachica – Ccotos. La similitud de las condiciones del suelo a lo largo de la zona examinada queda sugerida por la consistencia de los valores de CBR en los distintos pozos. Esta capacidad portante es necesaria para garantizar la estabilidad y longevidad de la carretera, cumpliendo con los estándares de diseño y proporcionando una base sólida para el afirmado.

Segunda, la adición de concreto reciclado triturado (CRT) a la subrasante de la carretera Capachica – Ccotos ha demostrado mejoras significativas en la capacidad de soporte del suelo, con incrementos promedio del CBR al 95% de 33%, 154%, y 173% para concentraciones de 5%, 10%, y 15% de CRT, respectivamente. Estos resultados indican que el CRT mejora la cohesión y resistencia del suelo, optimizando su capacidad para soportar cargas y proporcionando una base más sólida y estable. La utilización de CRT no solo promueve la sostenibilidad ambiental al reutilizar materiales de desecho, sino que también mejora la eficiencia económica y estructural en la construcción de carreteras, confirmando su eficacia como material estabilizador en infraestructuras viales.

Tercera, Las especificaciones de espesor del pavimento de este manual se establecen mediante un procedimiento de diseño que cumple las especificaciones del proyecto.. En este caso, al calcular el espesor basado en el valor del CBR (California Bearing Ratio) que mostró el mejor comportamiento, se determinó que el espesor óptimo para la capa de afirmado es de 13.25 cm. Este valor asegura que la subrasante, estabilizada mediante la adición de concreto reciclado triturado, pueda soportar de manera efectiva las cargas aplicadas, garantizando la estabilidad y durabilidad del pavimento.



RECOMENDACIONES

Primera, Dado que estos valores se encuentran fuera del rango especificado por la norma MTC, se debe prestar atención a elevar los valores que corresponden a la capacidad portante de las carreteras Capachica-Ccotos.

Segunda, se recomienda expandir la aplicación de CRT en futuros proyectos de infraestructura vial, promoviendo así la sostenibilidad ambiental y la eficiencia económica. Además, es importante seguir investigando para optimizar las proporciones de CRT y maximizar sus beneficios.

Tercera, se recomienda que los futuros proyectos adopten esta metodología para asegurar que los pavimentos sean capaces de soportar las cargas aplicadas, garantizando así su estabilidad y durabilidad. Es crucial también la capacitación continua de los profesionales involucrados en el diseño y construcción de pavimentos para asegurar la correcta aplicación de estas técnicas.



REFERENCIAS

- Arriaga Sandi, M. S., & Palomino Salvatierra, L. L. (2020). *Evaluación del mejoramiento de suelos lateríticos con cenizas de productos orgánicos y Concreto Reciclado Triturado*. <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3409>
- Baldeon Sauñe, I. P. (2019). Análisis del Uso de la Arena de Sílice en la Estabilización de la Subrasante. *Universidad Peruana Los Andes*. <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/1307>
- Bardales Arévalo, K. (2020). Aplicación de Concreto Reciclado Triturado y cal para el mejoramiento de la sub rasante en la carretera Caclic-Luya-Amazonas 2020. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/64416>
- Bautista Gomez, J. U. (2022). Aplicación de cal hidratada con ceniza de madera para la estabilidad de la subrasante en la carretera Larampuquio – Accocapillapata, Ayacucho, 2022. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/98582>
- Blanco, E. H. (2023, diciembre 8). *Dimensionamiento de estructuras de pavimento en función del contenido de cal o cemento en la subrasante*. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/40361>
- 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>
- Castillo Cortez, J. E., & Manrique Anticona, J. (2023). Mejoramiento de la subrasante adicionando ceniza de cáscara de arroz y hoja de plátano en la calle Camino Real, Santa, Ancash, 2023. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/131970>



- Chiguano Crespo, K. T. (2024). *Concreto reciclado en el fraguado de geopolímeros con piedra pómez de Ecuador*. [masterThesis, Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/12428>
- Cruzado Medina, C. I. (2019). Mejoramiento de la subrasante de baja capacidad portante mediante la cal en la carretera Puente Ricardo Palma La Oroya. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/47261>
- do Couto, Á. F., Souza Ferreira Nogueira, G., Barreto Sandoval, G. F., Schwantes-Cezario, N., Morales, G., do Couto, Á. F., Souza Ferreira Nogueira, G., Barreto Sandoval, G. F., Schwantes-Cezario, N., & Morales, G. (2019). Initial study of Eucalyptus Wood Ash (EWA) as a mineral admixture in concrete. *DYNA*, 86(208), 264-270. <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n208.74580>
- Encalada Oncihuay, J. R. (2020). Aplicación de Concreto Reciclado Triturado de carbón y cal para mejorar la estabilización de suelos arenosos en la ciudad Pachacútec, Ventanilla, Callao. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/71396>
- Guevara Tuesta, J. J. (2022). Influencia de la adición de las escorias del horno eléctrico de Sider Perú en la estabilización de subrasante para pavimentos en Chimbote. *Repositorio Institucional - UNS*. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/4189>
- Gutiérrez Pariona, F. H., & Parco Ramírez, A. (2022). *Obtención de clinker de cemento a partir de Concreto Reciclado Triturado de incineración de residuos sólidos urbanos*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/9947>
- Hernández Camacho, R. S. (2021). Efectos del óxido de calcio y Concreto Reciclado Triturado en la resistencia a la compresión y porosidad del concreto 210 kg/cm². *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/87442>
- Jia, L., Guo, J., Wei, Z., & Wu, R. (2024). Mix optimization and mechanical properties evaluation of lime-fly ash-stabilized loess in various engineering applications. *Case*



- Studies in Construction Materials*, 20, e03208.
<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e03208>
- Joshi, A. R., & Patel, S. (2023). Fly ash blended with lime and GGBFS as sustainable subbase material: Strength, durability, and microstructure assessment. *Innovative Infrastructure Solutions*, 9(1), 7. <https://doi.org/10.1007/s41062-023-01305-4>
- Laura Hanco, G. E. (2022). Estabilización de subrasante con fibra de carrizo en la Av. Independencia, distrito de Ilo, Moquegua—2022. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/91047>
- Maquera Flores, C. D., & Aquino Chura, Y. W. (2021). Estabilización de suelos arcillosos en caminos vecinales, modificado con cal y ceniza volante, carretera Acora – Jayujayu, Acora, Puno – 2021. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/64809>
- Millán Corrales, G. (2019). *Fabricación de cementantes híbridos mediante la activación alcalina de ceniza volante-OPC-caliza*. [Phd, Universidad Autónoma de Nuevo León]. <http://eprints.uanl.mx/18521/>
- Ojeda, D. P. C. (2020). *Universo, población y muestra*.
- Olortegui Guadalupe, P. E. (2022). Análisis de resistencia del concreto $f'c=210$ kg/cm² añadiendo cenizas de eucalipto y ladrillo molido reciclado de arcilla, Lima – 2022. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/127504>
- Quispe Muñoz, A. B. (2023). Diseño de espesor adecuado de estabilización y mejoramiento de subrasante con cenizas de cacao—Coco en carretera Marginal, Junín—2023. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/136201>
- Soberon Monja, B. B. (2022). *Estabilización de suelos arcillosos usando vidrio reciclado molido para su uso como subrasante mejorada en pavimentos urbanos en la urb. Ciudad del Chofer, Chiclayo 2019*.



Torres Muñoz, A. Y. (2021). Uso de cal a nivel de subrasante en suelos blandos para mejorar su comportamiento físico—Mecánico, carretera Michino Cajamarca 2021.

Repositorio Institucional - UCV.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/92692>

Yunga Silva, A. S. (2023). *Mejora de la capacidad portante de la subrasante aplicando cal en vías de segundo orden del cantón Alausí.* [bachelorThesis, Riobamba,

Universidad Nacional de Chimborazo].

<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10846>



ANEXOS



Anexo. Matriz de Consistencia

TÍTULO DE LA TESIS: EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA – CCOTOS 2024				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es la influencia de Concreto Reciclado Triturado y concreto reciclado sobre la capacidad de soporte de la subrasante para la optimización del espesor de afirmado en la carretera <u>Capachica – Ccotos 2024</u>?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Evaluar la influencia de Concreto Reciclado Triturado y concreto reciclado sobre la capacidad de soporte de la subrasante para la optimización del espesor de afirmado en la carretera <u>Capachica – Ccotos 2024</u>.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>La influencia de Concreto Reciclado Triturado y concreto reciclado será positiva sobre la capacidad de soporte de la subrasante y se optimizará el espesor del afirmado en la carretera <u>Capachica – Ccotos 2024</u>.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>CONCRETO RECICLADO TRITURADO Y CONCRETO RECICLADO</p> <p>Dimensiones:</p> <p><i>Proporciones de adición de Concreto Reciclado Triturado</i></p> <p><i>M+2.5%CVo</i></p> <p><i>M+3.5% CVo</i></p> <p><i>Proporción de adición de concreto reciclado</i></p> <p><i>M+3%CV</i></p> <p><i>M+4% CV</i></p> <p>Variable Dependiente</p> <p>CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO DE SUBRASANTE</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>
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas		
<p>¿Cuál es la capacidad de soporte CBR del material de subrasante y el afirmado existente en la carretera <u>Capachica – Ccotos 2024</u>?</p> <p>¿Cuál es la influencia de la aplicación de Concreto Reciclado Triturado en cantidades controladas sobre la capacidad de soporte de la subrasante en la carretera <u>Capachica – Ccotos 2024</u>?</p> <p>¿Cuál es la influencia de la aplicación de concreto reciclado en cantidades controladas sobre la capacidad de soporte de la subrasante en la carretera <u>Capachica – Ccotos 2024</u>?</p> <p>¿Cuál es el espesor mejorado del afirmado con subrasante estabilizada y la consideración de los ejes equivalentes actuales de la carretera <u>Capachica – Ccotos 2024</u>?</p>	<p>Determinar la capacidad de soporte CBR del material de subrasante y el afirmado existente en la carretera <u>Capachica – Ccotos 2024</u>.</p> <p>Analizar la influencia de la aplicación de Concreto Reciclado Triturado en cantidades controladas sobre la capacidad de soporte de la subrasante en la carretera <u>Capachica – Ccotos 2024</u></p> <p>Analizar la influencia de la aplicación de concreto reciclado en cantidades controladas sobre la capacidad de soporte de la subrasante en la carretera <u>Capachica – Ccotos 2024</u>.</p> <p>Determinar el espesor mejorado del afirmado con subrasante estabilizada y la consideración de los ejes equivalentes actuales de la carretera <u>Capachica – Ccotos 2024</u></p>	<p>La capacidad de soporte CBR del material de subrasante y el afirmado existente en la carretera <u>Capachica – Ccotos 2024</u>, estarán por debajo de las especificaciones mínimas de calidad.</p> <p>La influencia de la aplicación de Concreto Reciclado Triturado en cantidades controladas mejorará la capacidad de soporte de la subrasante en la carretera <u>Capachica – Ccotos 2024</u>.</p> <p>La influencia de la aplicación de concreto reciclado en cantidades controladas incrementará la capacidad de soporte de la subrasante en la carretera <u>Capachica – Ccotos 2024</u>.</p> <p>El espesor mejorado del afirmado con subrasante estabilizada y la consideración de los ejes equivalentes actuales de la carretera <u>Capachica – Ccotos 2024</u>, estará por debajo de lo recomendado lo que indica que cumple con el espesor de afirmados</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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS 2024
SOLICITANTE	: Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO
UBICACIÓN	: CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS
PROGRESIVA	: KM 0+500 - MARGEN DERECHO
MUESTRA	: CALICATA 01
FECHA	: AGOSTO DEL 2024

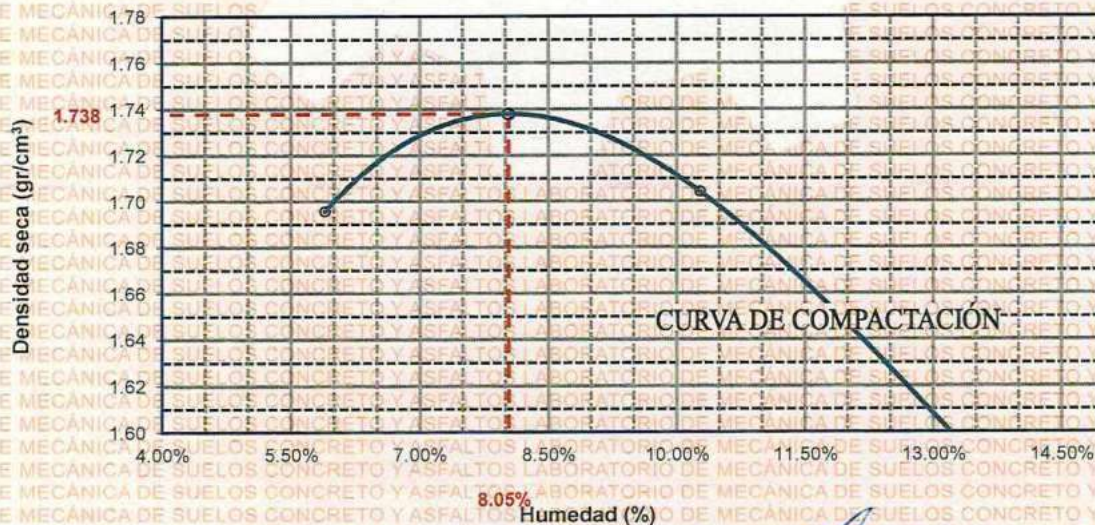
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2105 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

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

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	416.68	405.67	434.12	414.82	426.60	405.84	402.76	381.67
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	395.91	387.80	409.55	386.04	394.25	373.04	352.85	352.48
Peso del Agua	gr.	20.77	17.87	24.57	28.78	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	66.56
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%	10.68%	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	: 1.738 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 8.05%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
E.I.C.P. - CAP. INGENIERÍA CIVIL

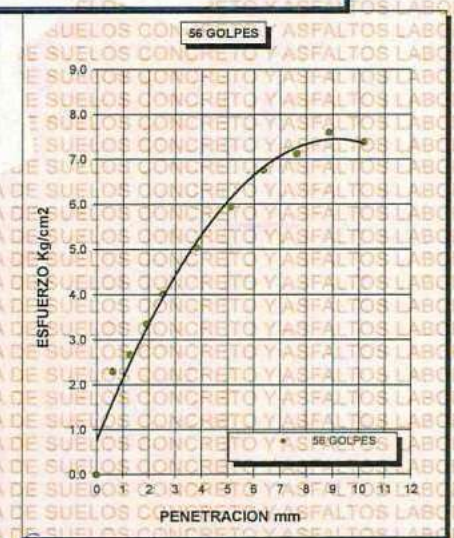
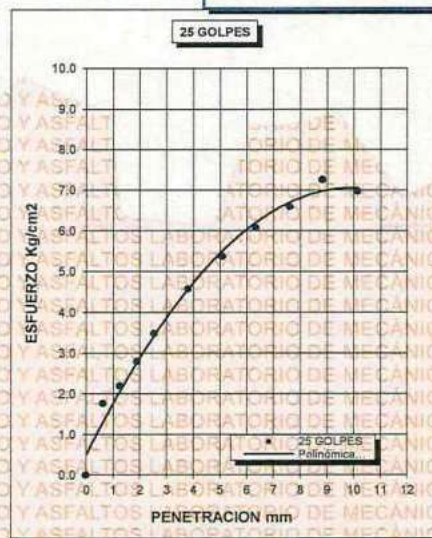
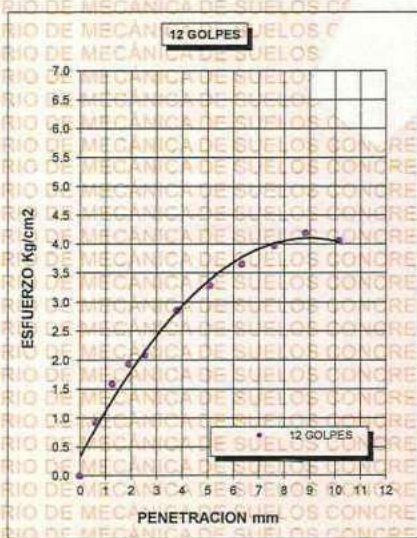
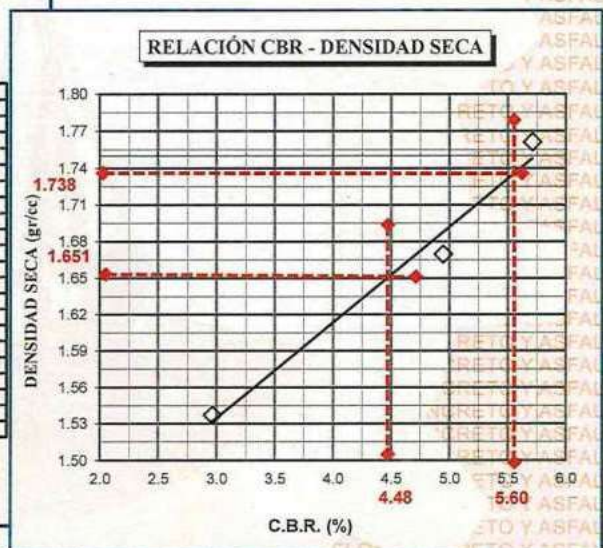
May. Arno de Yana Torres



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 DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1.738
UBIGACIÓN :	CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS	HUMEDAD OPTIMA (%) 8.05%
PROGRESIVA :	KM 0+500 - MARGEN DERECHO	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 5.60
	SUELO NATURAL - CALICATA 01	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 4.48
FECHA :	AGOSTO DEL 2024	CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
EICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
Mgtr. Arnaldo Yane 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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS : EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA – CCOTOS 2024

SOLICITANTE : Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO

UBICACIÓN : CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS

PROGRESIVA : KM-01 + 500

MUESTRA : CALICATA 02

FECHA : AGOSTO DEL 2024

MOLDE No : 1 **VOLUMEN DEL MOLDE :** 2105 cm³

No DE CAPAS : 5 **GOLPES POR CAPA :** 56 golpes

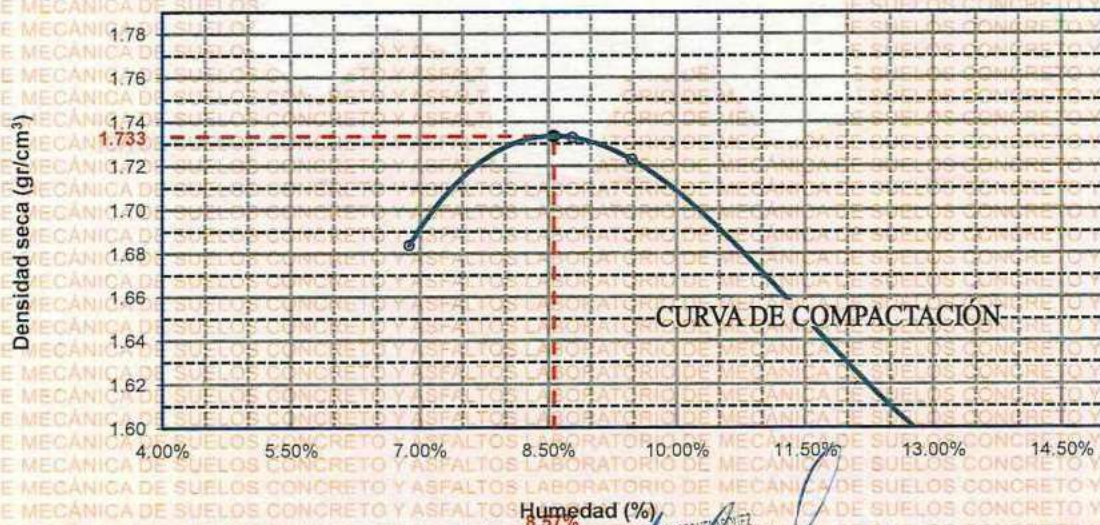
Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	9770	9950	9952	9772
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	3788	3968	3970	3790
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.800	1.885	1.886	1.800

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + 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	396.46	373.60	353.18	352.18
Peso del Agua	gr.	17.92	26.12	31.53	26.49	28.31	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 :** 1.733 gr/cm³

MODIFICADO "C" **HUMEDAD OPTIMA :** 8.57%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



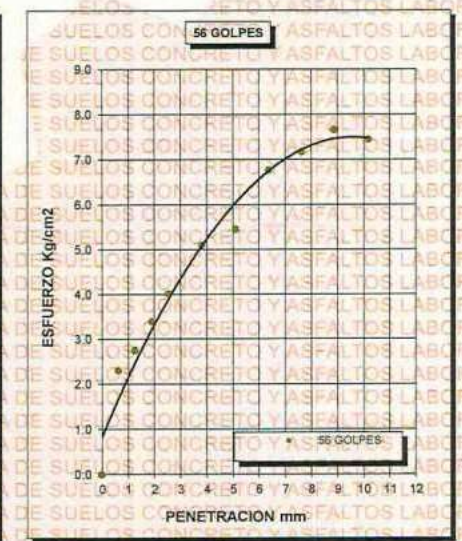
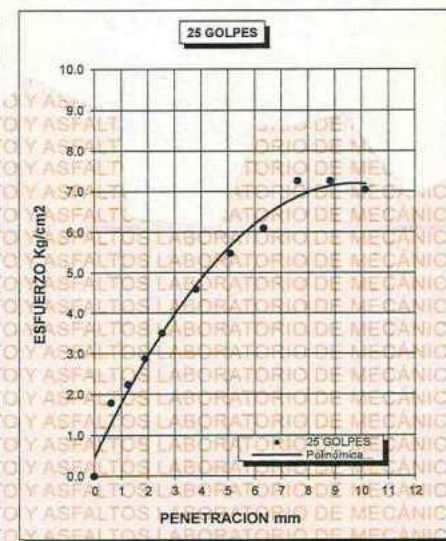
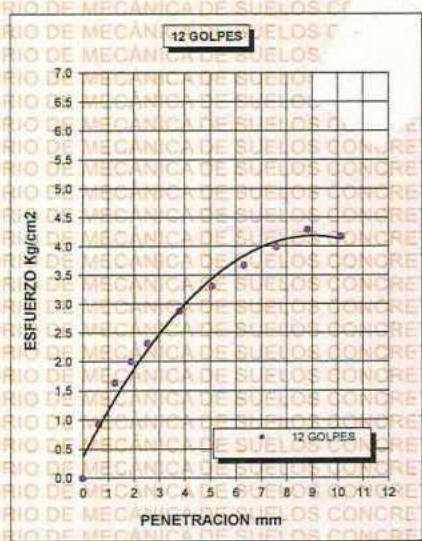
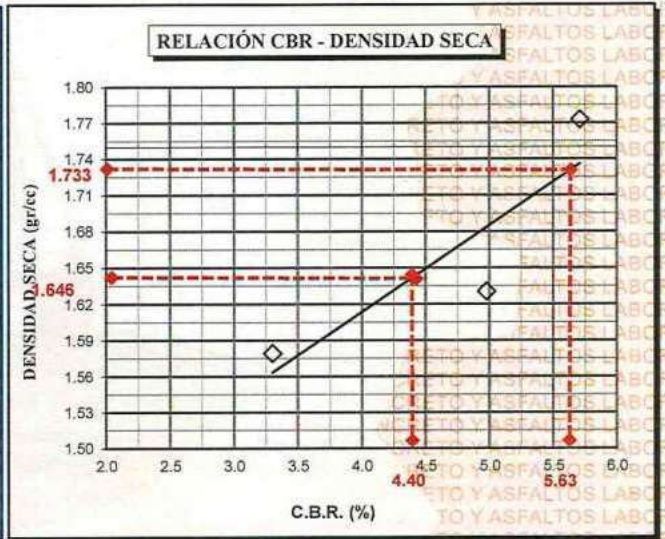
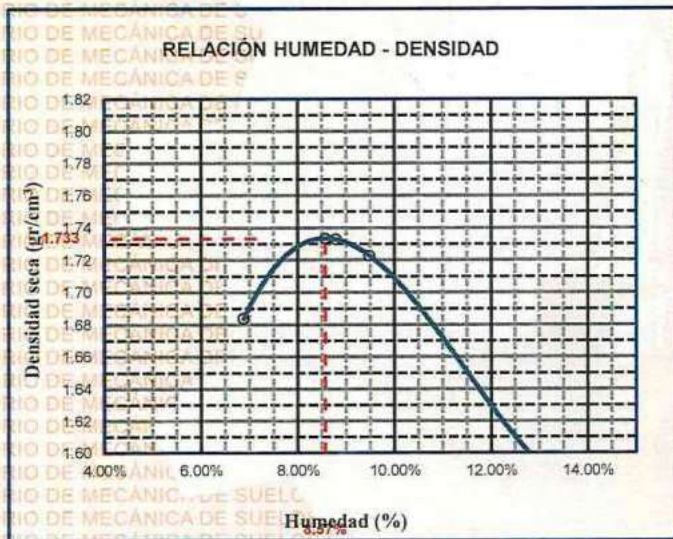
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
M.S.C.A. JEFATURA
Ing. Amalio Yana Torres
CIP 03267



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 DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA – CCOTOS 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	1.733
UBICACIÓN :	CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS	HUMEDAD OPTIMA (%)	8.57%
PROGRESIVA :	KM-01 + 500	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	5.63
MUESTRA :	SUELO NATURAL - CALICATA 02	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	4.40
FECHA :	AGOSTO DEL 2024	CLASIFICACIÓN :	CL
		AASHTO :	A-2
		EMBEBIDO :	4 DIAS



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
 JEFATURA
 Sr. 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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

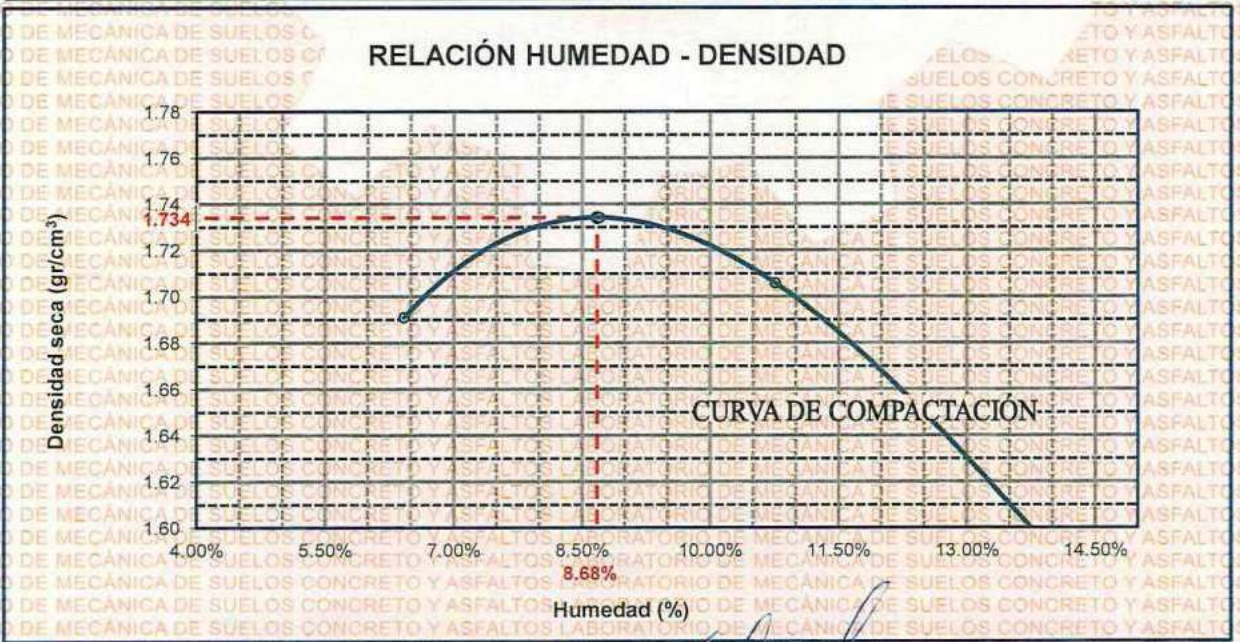
TESIS	: EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS 2024
SOLICITANTE	: Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO
UBICACIÓN	: CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS
PROGRESIVA	: KM 02 + 500
MUESTRA	: CALICATA 03
FECHA	: AGOSTO 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.	9770	9950	9959	9776
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	3788	3968	3977	3794
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.800	1.885	1.889	1.802

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + 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	285.93
% 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	%	1.691		1.734		1.706		1.577	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.734 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 8.68%



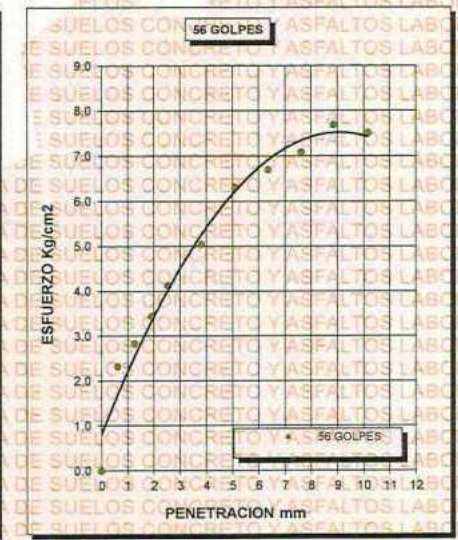
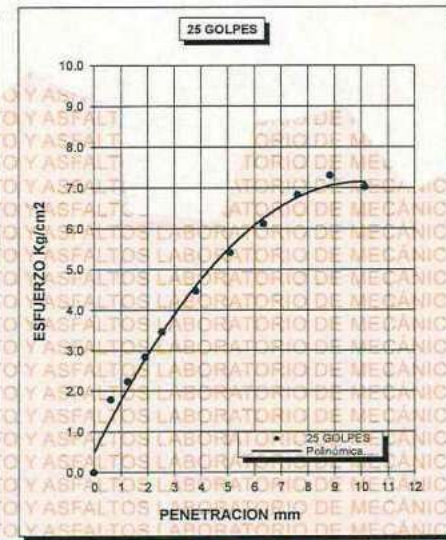
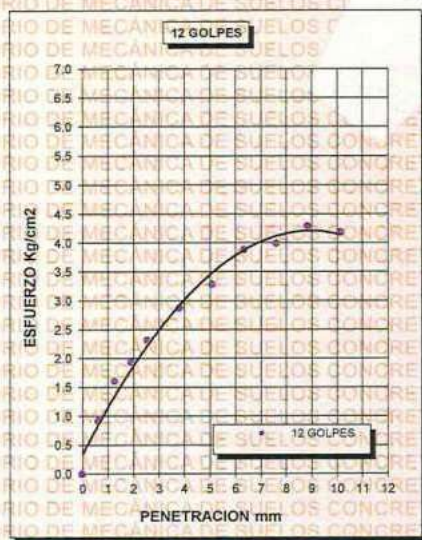
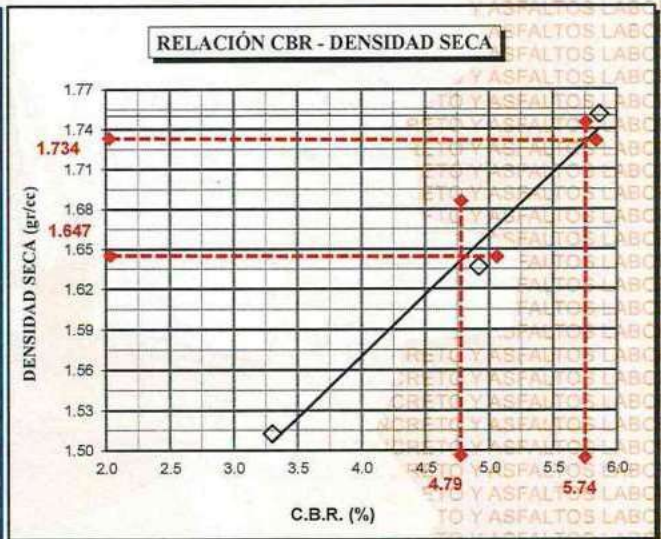
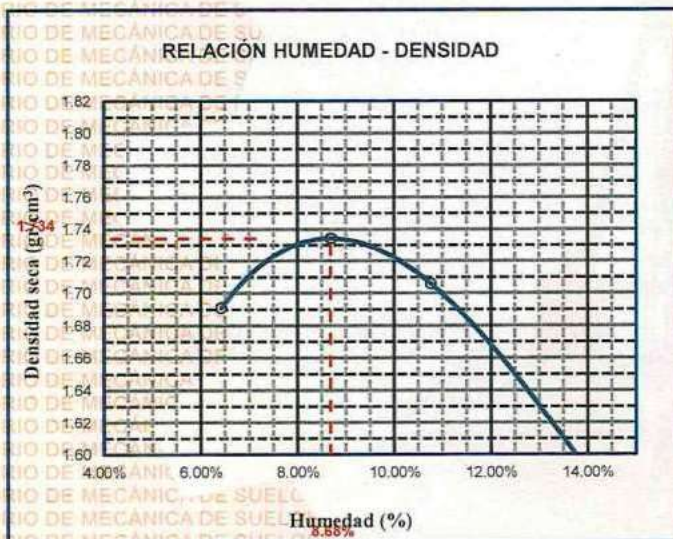
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - COP. INGENIERÍA CIVIL
Mstr. Arnaldo Lana Torres
IP 103257



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 DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	1.734
UBICACIÓN :	CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS	HUMEDAD OPTIMA (%)	8.68%
PROGRESIVA :	KM 02 + 500	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	5.74
MUESTRA :	SUELO NATURAL - CALICATA - 03	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	4.79
FECHA :	AGOSTO DEL 2024	CLASIFICACIÓN :	CL
		AASHTO :	A-2
		EMBEBIDO :	4 DIAS



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

M.Sc.A. JEFATURA

Mgtr. Anahí Vaya 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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS : EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA – CCOTOS 2024

SOLICITANTE : Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO

UBICACIÓN : CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS

PROGRESIVA : KM 03 + 500

MUESTRA : CALICATA 04

FECHA : AGOSTO DEL 2024

MOLDE No : 1 **VOLUMEN DEL MOLDE :** 2105 cm³

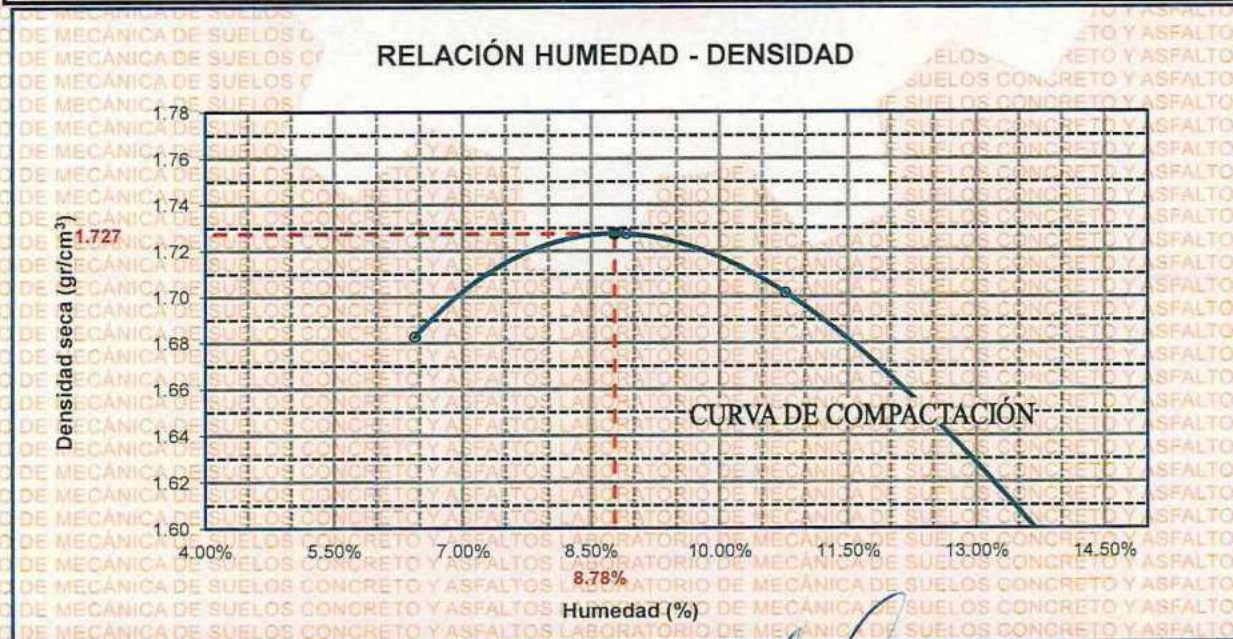
No DE CAPAS : 5 **GOLPES POR CAPA :** 56 golpes

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.	414.62	403.59	432.81	412.81	424.51	403.50	399.58	378.44
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 **MAXIMA DENSIDAD SECA :** 1.727 gr/cm³

MODIFICADO "C" **HUMEDAD OPTIMA :** 8.78%



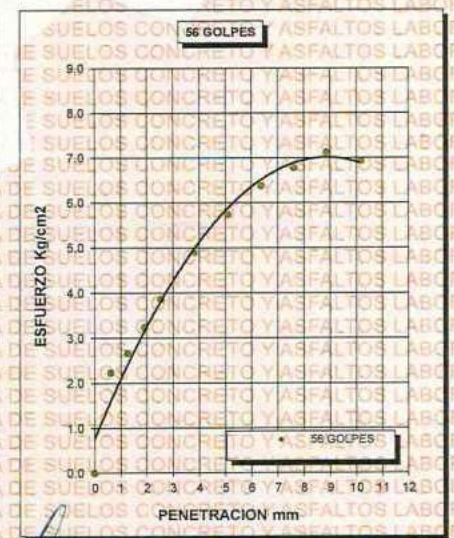
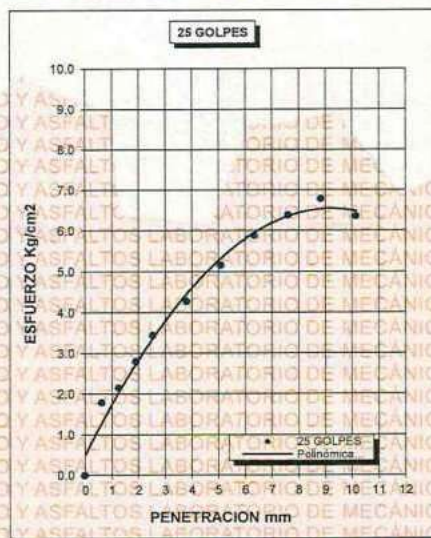
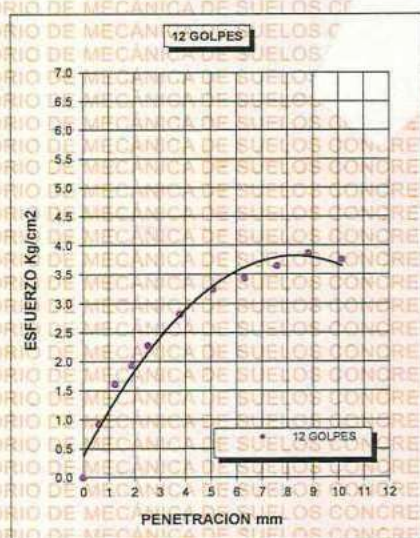
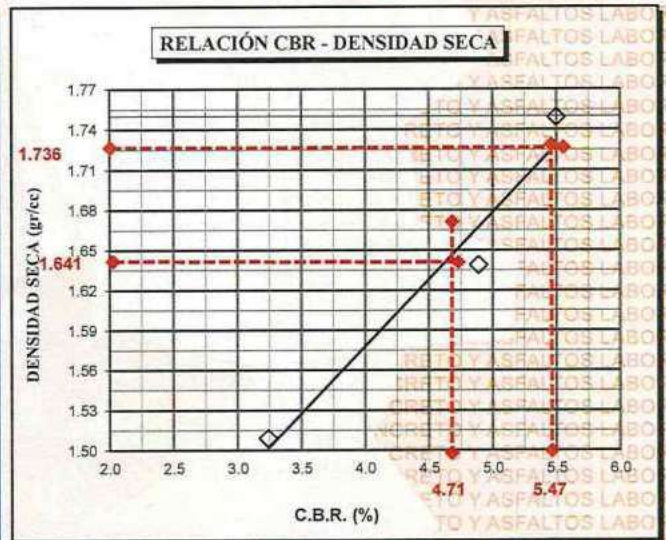
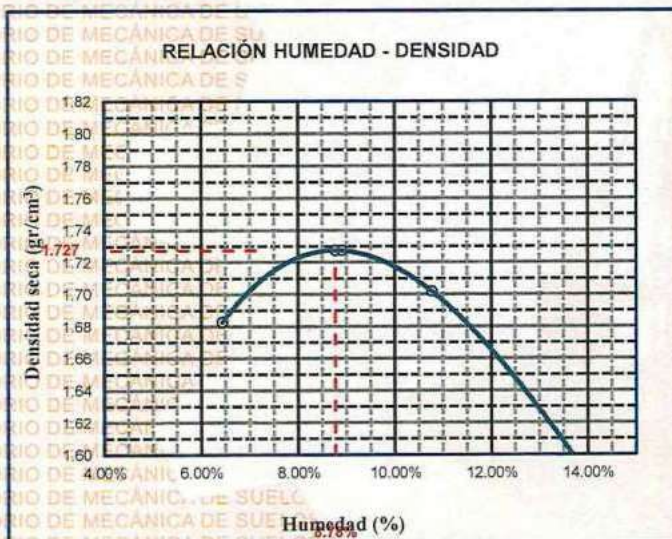
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP / INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
Dr. Arnaldo Yana Torres



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 DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	1.727
UBICACIÓN :	CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS	HUMEDAD OPTIMA (%)	8.78%
PROGRESIVA :	KM-03 + 500	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	5.47
MUESTRA :	SUELO NATURAL - CALICATA 04	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	4.71
FECHA :	AGOSTO DEL 2024	CLASIFICACIÓN :	CL
		AASHTO :	A-2
		EMBEBIDO :	4 DIAS



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
Ing. Amanda Ana 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 DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - COTOS 2024

SOLICITANTE LUGAR MUESTRA FECHA

Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V - JULIACA
CALICATA 1
AGOSTO 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		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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		C	F
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	33.54	33.47
SUELO SECO + TARRO	gr	29.95	29.68
PESO DEL TARRO	gr	18.14	19.12
PESO DEL AGUA	gr	3.59	3.79
PESO DEL SUELO SECO	gr	11.81	10.56
HUMEDAD %	%	30.40	35.89
N° DE GOLPES		22	22

LÍMITE PLÁSTICO

E	G
13.24	13.51
12.48	12.84
7.98	8.63
0.76	0.67
4.50	4.21
16.89	15.91

LÍMITE LÍQUIDO % : 32.64 LÍMITE PLÁSTICO % : 16.40

ÍNDICE PLÁSTICO % : 16.23

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CALIFICACIÓN DE INGENIERÍA CIVIL
M.S.C.A. JEP
Ing. Aracely Lana Torres
18/08/2024



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



PROYECTO

EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS 2024

SOLICITANTE LUGAR MUESTRA FECHA

Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V. - JULIACA.
CALICATA 2
AGOSTO 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 LIQUIDO - 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
16.36	15.47

LÍMITE LÍQUIDO % : 32.22 LÍMITE PLÁSTICO % : 15.92

ÍNDICE PLÁSTICO % : 16.30

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
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
Mgtr. Arnaldo Viana Torres
C.I.F. 413257



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 DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA – CCOTOS 2024

SOLICITANTE Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO

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

MUESTRA CALICATA 3

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

LÍMITE LÍQUIDO			
TARRO N°	G	H	
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	34.26	34.51
SUELO SECO + TARRO	gr	30.68	30.97
PESO DEL TARRO	gr	19.54	20.29
PESO DEL AGUA	gr	3.58	3.54
PESO DEL SUELO SECO	gr	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
16.38	16.33

LÍMITE LIQUIDO % : 32.48 **LÍMITE PLÁSTICO % :** 16.35

ÍNDICE PLÁSTICO % : 16.13

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
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
M.S.C.A.
JULIACA
MAY. Arnoldo Luna Torres
C.I. 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 DEL ESPESOR DE AFIRMACIÓN MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS 2024

SOLICITANTE Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO

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

MUESTRA CALICATA 4

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

LÍMITE LIQUIDO			
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
16.59	15.59

LÍMITE LIQUIDO % : 32.39 **LÍMITE PLÁSTICO % :** 16.09

ÍNDICE PLÁSTICO % : 16.30

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - PROF. INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A.
Mecánica de Suelos, Concreto y Asfaltos
Arnaldo Yano Torres
CIP 123257



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)

EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS 2024

PROYECTO

SOLICITANTE

LUGAR

MUESTRA

FECHA

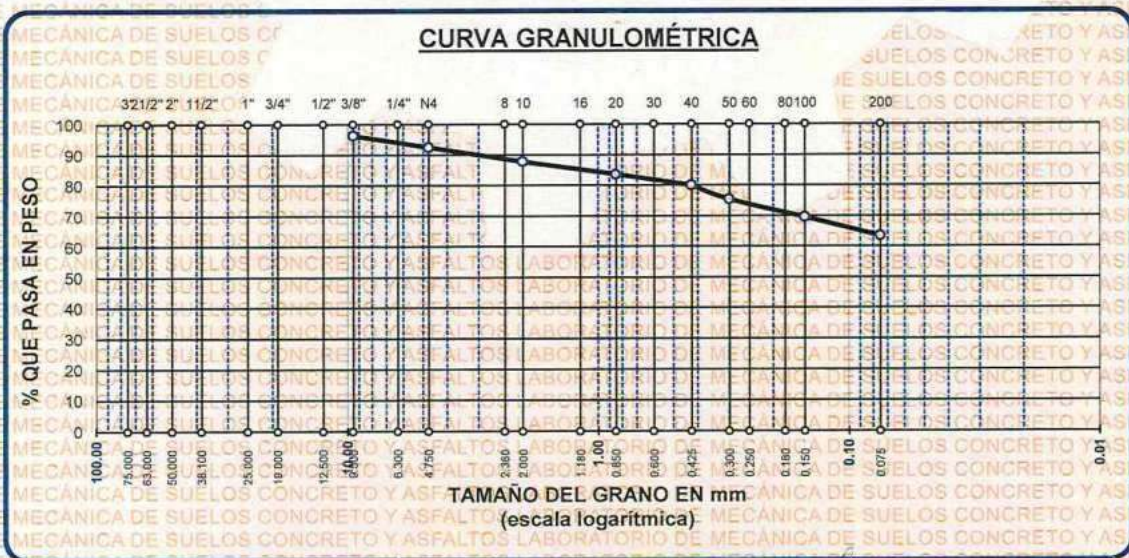
Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO

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

CALICATA 1

AGOSTO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMANO MAXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.I.= 2500.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 912.89
2"	50.000						P.P.= 1587.11
1 1/2"	38.100						% w = 7.70
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						LL.= 24.50
1/2"	12.500						L.P.= 11.38
3/8"	9.500	92.49	3.70	3.70	96.30		I.P.= 13.11
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750	95.36	3.81	7.51	92.49		D10= --- CU= ---
No8	2.360						D30= --- Cc= ---
No10	2.000	117.27	4.69	12.20	87.80		D60= ---
No16	1.180						CLASIFICACIÓN:
No20	0.850	104.28	4.17	16.38	83.62		I.G. = :
No30	0.600						SUCS : ML
No40	0.425	89.37	3.57	19.95	80.05		ASSTHO :
No 50	0.300	115.34	4.61	24.56	75.44		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
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 - C.P. INGENIERÍA CIVIL

Mary Arnoldo 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 EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS 2024

SOLICITANTE Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO

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

MUESTRA CALICATA 2

FECHA AGOSTO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000				
2 1/2"	63.000				
2"	50.000				
1 1/2"	38.100				
1"	25.000				
3/4"	19.000				
1/2"	12.500				
3/8"	9.500	109.15	4.37	4.37	95.63
1/4"	6.300				
No4	4.750	24.36	0.97	5.34	94.66
No8	2.360				
No10	2.000	91.27	3.65	8.99	91.01
No16	1.180				
No20	0.850	109.26	4.37	13.36	86.64
No30	0.600				
No40	0.425	114.16	4.57	17.93	82.07
No 50	0.300	108.29	4.33	22.26	77.74
No60	0.250				
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		
% PERDIDA					67.63

TAMAÑO MÁXIMO:

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:
 P.I.= 2500.00
 P.L.= 809.22
 P.P.= 1690.78
 % w = 21.41

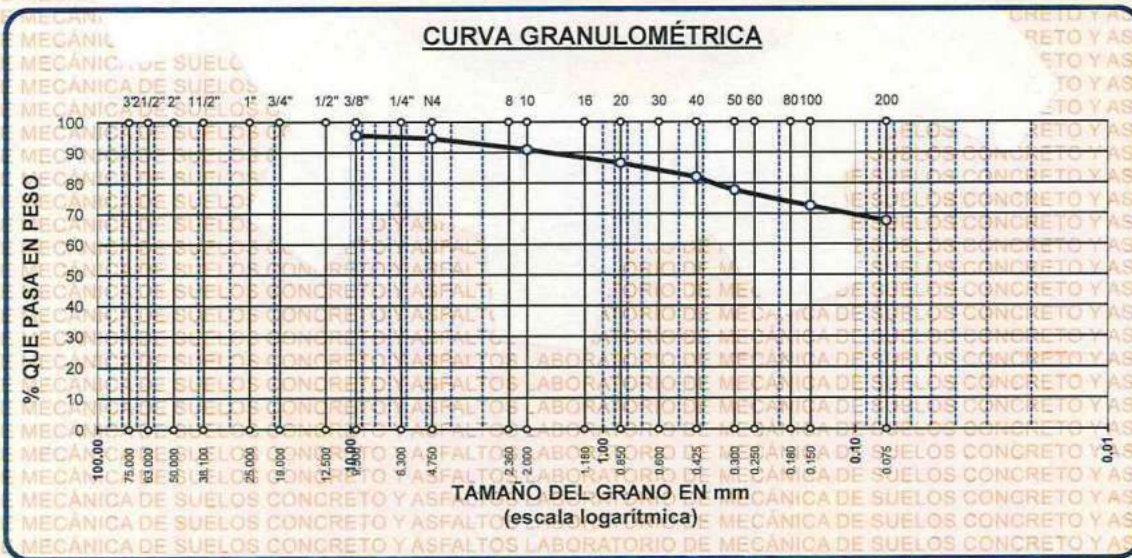
LIMITES DE CONSISTENCIA:
 L.L.= 32.22
 L.P.= 15.92
 I.P.= 16.30

CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
 D10= --- Cu= ---
 D30= --- Cc= ---
 D60= ---

CLASIFICACIÓN:
 I.G. = :

SUCS : CL
ASSTHO :

OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - Z.P. INGENIERÍA CIVIL
 M.S.C. JEPATURIAN
 Mg. Arnaldo Yano Torres



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

PROYECTO EVALUACION DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CÇOTOS 2024

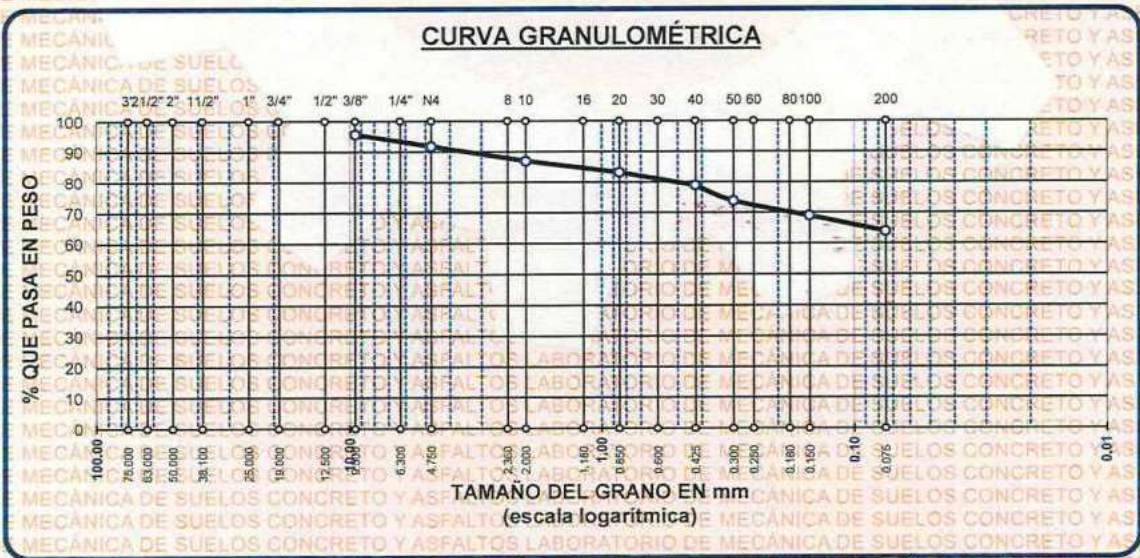
SOLICITANTE Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO

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

MUESTRA CALICATA 3

FECHA AGOSTO DEL 2024

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



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

[Signature]
Ing. Arnoldo Yana Torres
CIP: 19257



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 DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS 2024

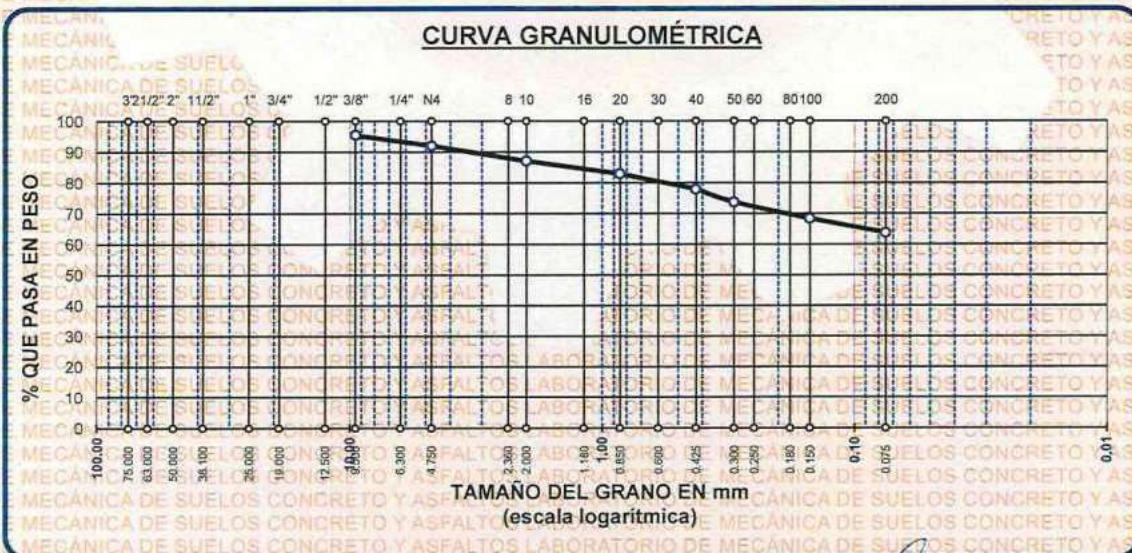
SOLICITANTE: Bach. PAOLO NOBERTO HANCCO HANCCO

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

MUESTRA: CALICATA 4

FECHA: AGOSTO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.L.= 2500.00
2"	50.000						P.L.= 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						L.L.= NP
3/8"	9.500	112.32	4.49	4.49	95.51		L.P.= NP
1/4"	6.300						I.P.= 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						D60= ---
No20	0.850	104.67	4.19	17.03	82.97		CLASIFICACIÓN:
No30	0.600						I.G. = :
No40	0.425	124.29	4.97	22.01	77.99		SUCS : SP
No 50	0.300	105.37	4.21	26.22	73.78		ASSTHO :
No60	0.250						OBSERVACIONES:
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					



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CH
INGENIERÍA CIVIL
M.S.C.A.
Julio Arzate 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 DEL ESPESOR DE AFIRMACIÓN MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA – CCOTOS 2024

SOLICITANTE LUGAR MUESTRA FECHA

Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V. - JULIACA
MUESTRA 1 + 5% DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO
AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	231.28
SUELO SECO + TARRO	gr	202.26
PESO DEL TARRO	gr	55.33
PESO DEL AGUA	gr	29.02
PESO DEL SUELO SECO	gr	146.93
HUMEDAD %	%	19.75

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		A	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	34.26	34.18
SUELO SECO + TARRO	gr	30.46	30.45
PESO DEL TARRO	gr	18.12	19.12
PESO DEL AGUA	gr	3.80	3.73
PESO DEL SUELO SECO	gr	12.34	11.33
HUMEDAD %	%	30.79	32.92
N° DE GOLPES		22	22

LÍMITE PLÁSTICO

C	D
14.26	14.31
13.38	13.53
7.97	8.63
0.88	0.78
5.41	4.90
16.27	15.92

LÍMITE LÍQUIDO % : 31.37 LÍMITE PLÁSTICO % : 16.09

ÍNDICE PLÁSTICO % : 15.28

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

Ing. Arnaldo Yana Torres



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



PROYECTO

EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS 2024

SOLICITANTE LUGAR MUESTRA FECHA

Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO-HANCCO
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V. - JULIACA
MUESTRA 2 + 5% DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO
AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	232.15
SUELO SECO + TARRO	gr	203.15
PESO DEL TARRO	gr	55.27
PESO DEL AGUA	gr	29.00
PESO DEL SUELO SECO	gr	147.88
HUMEDAD %	%	19.61

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

LÍMITE LÍQUIDO			
TARRO N°	A	B	
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	34.26	34.16
SUELO SECO + TARRO	gr	30.28	30.54
PESO DEL TARRO	gr	18.12	19.12
PESO DEL AGUA	gr	3.98	3.62
PESO DEL SUELO SECO	gr	12.16	11.42
HUMEDAD %	%	32.73	31.70
N° DE GOLPES		22	22

LÍMITE PLÁSTICO	
C	D
14.26	14.16
13.25	13.49
7.98	8.64
1.01	0.67
5.27	4.85
19.17	13.81

LÍMITE LIQUIDO % : 31.72 LÍMITE PLÁSTICO % : 16.49

ÍNDICE PLÁSTICO % : 15.23

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



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

Dr. Arnaldo Yano Torres
10/32/27



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 DEL ESPESOR DE AFIRMACIÓN MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS 2024

SOLICITANTE LUGAR MUESTRA FECHA

Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V. - JULIACA
MUESTRA 3 + 5% DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO
AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	230.15
SUELO SECO + TARRO	gr	201.26
PESO DEL TARRO	gr	55.31
PESO DEL AGUA	gr	28.89
PESO DEL SUELO SECO	gr	145.95
HUMEDAD %	%	19.79

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		A	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	34.12	34.74
SUELO SECO + TARRO	gr	30.76	30.48
PESO DEL TARRO	gr	18.14	19.13
PESO DEL AGUA	gr	3.36	4.26
PESO DEL SUELO SECO	gr	12.62	11.35
HUMEDAD %	%	26.62	37.53
N° DE GOLPES		22	22

LÍMITE PLÁSTICO

C	D
14.16	14.71
13.28	13.88
7.97	8.63
0.88	0.83
5.31	5.25
16.57	15.81

LÍMITE LÍQUIDO %	:	31.59	LÍMITE PLÁSTICO %	:	16.19
------------------	---	-------	-------------------	---	-------

ÍNDICE PLÁSTICO % : 15.40

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - O.P. INGENIERÍA CIVIL

M. Sc. Anaido Yana Torres
D.R. 113257



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 DEL ESPESOR DE AFIRMACIÓN MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS 2024

SOLICITANTE
LUGAR
MUESTRA
FECHA

Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V. - JULIACA
MUESTRA 1 + 10% DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO
AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	229.78
SUELO SECO + TARRO	gr	204.84
PESO DEL TARRO	gr	55.32
PESO DEL AGUA	gr	24.94
PESO DEL SUELO SECO	gr	149.52
HUMEDAD %	%	16.68

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		A	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	35.18	35.17
SUELO SECO + TARRO	gr	31.15	31.59
PESO DEL TARRO	gr	18.13	19.09
PESO DEL AGUA	gr	4.03	3.58
PESO DEL SUELO SECO	gr	13.02	12.50
HUMEDAD %	%	30.95	28.64
N° DE GOLPES		22	22

LÍMITE PLÁSTICO

C	D
13.45	13.37
12.74	12.73
7.98	8.61
0.71	0.64
4.76	4.12
14.92	15.53

LÍMITE LIQUIDO % : 29.34 LÍMITE PLÁSTICO % : 15.22

ÍNDICE PLÁSTICO % : 14.11

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
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
M.S.C.A. JEFATURA
Paolo Nolberto Hancco Hancco
CIP. 103257



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



PROYECTO

EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMACIÓN MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA – CCOTOS 2024

SOLICITANTE

Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO-HANCCO

LUGAR

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

MUESTRA

MUESTRA 2 + 10% DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO

FECHA

AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	229.87
SUELO SECO + TARRO	gr	204.81
PESO DEL TARRO	gr	55.18
PESO DEL AGUA	gr	25.06
PESO DEL SUELO SECO	gr	149.63
HUMEDAD %	%	16.75

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		A	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	35.12	35.84
SUELO SECO + TARRO	gr	31.45	31.75
PESO DEL TARRO	gr	18.12	19.08
PESO DEL AGUA	gr	3.67	4.09
PESO DEL SUELO SECO	gr	13.33	12.67
HUMEDAD %	%	27.53	32.28
N° DE GOLPES		22	22

LÍMITE PLÁSTICO

C	D
13.41	13.22
12.74	12.56
7.95	8.63
0.67	0.66
4.79	3.93
13.99	16.79

LÍMITE LÍQUIDO % : 29.45 LÍMITE PLÁSTICO % : 15.39

ÍNDICE PLÁSTICO % : 14.06

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



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

Ing. Arnaldo Yana Torres



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



PROYECTO

EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA – CCOTOS 2024

SOLICITANTE

Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO-HANCCO

LUGAR

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

MUESTRA

MUESTRA 3 + 10% DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO

FECHA

AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	230.27
SUELO SECO + TARRO	gr	205.48
PESO DEL TARRO	gr	55.26
PESO DEL AGUA	gr	24.79
PESO DEL SUELO SECO	gr	150.22
HUMEDAD %	%	16.50

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		A	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	35.24	35.61
SUELO SECO + TARRO	gr	31.62	31.53
PESO DEL TARRO	gr	18.21	19.05
PESO DEL AGUA	gr	3.62	4.08
PESO DEL SUELO SECO	gr	13.41	12.48
HUMEDAD %	%	26.99	32.69
N° DE GOLPES		22	22

LÍMITE PLÁSTICO

C	D
13.42	13.12
12.56	12.64
7.98	8.56
0.86	0.48
4.58	4.08
18.78	11.76

LÍMITE LIQUIDO % : 29.39 LÍMITE PLÁSTICO % : 15.27

ÍNDICE PLÁSTICO % : 14.12

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



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

Mgtr. Arnaldo Yana Torres



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



PROYECTO

EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA – CCOTOS 2024

SOLICITANTE

Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO

LUGAR

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

MUESTRA

MUESTRA 1 + 15% DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO

FECHA

AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	230.15
SUELO SECO + TARRO	gr	208.23
PESO DEL TARRO	gr	55.26
PESO DEL AGUA	gr	21.92
PESO DEL SUELO SECO	gr	152.97
HUMEDAD %	%	14.33

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N.º		A	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	35.42	35.42
SUELO SECO + TARRO	gr	31.81	31.75
PESO DEL TARRO	gr	18.22	19.02
PESO DEL AGUA	gr	3.61	3.67
PESO DEL SUELO SECO	gr	13.59	12.73
HUMEDAD %	%	26.56	28.83
N.º DE GOLPES		22	22

LÍMITE PLÁSTICO

C	D
13.21	13.35
12.64	12.62
7.99	8.60
0.57	0.73
4.65	4.02
12.26	18.16

LÍMITE LÍQUIDO % : 27.27 LÍMITE PLÁSTICO % : 15.21

ÍNDICE PLÁSTICO % : 12.06

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



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

M. Sc. Arnelo 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 DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS 2024

SOLICITANTE LUGAR MUESTRA FECHA

Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V. - JULIACA
MUESTRA 2 + 15% DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO
AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	230.84
SUELO SECO + TARRO	gr	208.56
PESO DEL TARRO	gr	55.20
PESO DEL AGUA	gr	22.28
PESO DEL SUELO SECO	gr	153.36
HUMEDAD %	%	14.53

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N° DE		A	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	35.37	35.41
SUELO SECO + TARRO	gr	31.74	31.74
PESO DEL TARRO	gr	18.11	19.02
PESO DEL AGUA	gr	3.63	3.67
PESO DEL SUELO SECO	gr	13.63	12.72
HUMEDAD %	%	26.63	28.85
N° DE GOLPES		22	22

LÍMITE PLÁSTICO

C	D
13.25	13.53
12.65	12.80
7.98	8.60
0.60	0.73
4.67	4.20
12.85	17.38

LÍMITE LIQUIDO % : 27.32 LÍMITE PLÁSTICO % : 15.11

ÍNDICE PLÁSTICO % : 12.20

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



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. Analdo Iona Torres
16/08/2024



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



PROYECTO : EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMACIÓN MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS 2024

SOLICITANTE : Bach. PAOLO NOLBERTO HANGCO HANCCO

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

MUESTRA : MUESTRA 3 + 15% DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO

FECHA : AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	230.21
SUELO SECO + TARRO	gr	208.31
PESO DEL TARRO	gr	55.29
PESO DEL AGUA	gr	21.90
PESO DEL SUELO SECO	gr	153.02
HUMEDAD %	%	14.31

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

LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
TARRO Nº		A	B	C	D
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	35.68	35.75	13.59	13.48
SUELO SECO + TARRO	gr	31.94	32.05	12.84	12.85
PESO DEL TARRO	gr	18.16	19.03	8.01	8.55
PESO DEL AGUA	gr	3.74	3.70	0.75	0.63
PESO DEL SUELO SECO	gr	13.78	13.02	4.83	4.30
HUMEDAD %	%	27.14	28.42	15.53	14.65
Nº DE GOLPES		22	22		
LÍMITE LÍQUIDO %		27.35	LÍMITE PLÁSTICO %		15.09
ÍNDICE PLÁSTICO %		12.26			

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



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - GAP, INGENIERÍA CIVIL
Ing. Yara Torres
C.I. 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 DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA – CCOTOS 2024
SOLICITANTE	: Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO
UBICACIÓN	: CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS
PROGRESIVA	: KM 0+000 - KM 04+000
MUESTRA	: MUESTRA 1 + 5% DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO
FECHA	: AGOSTO DEL 2024

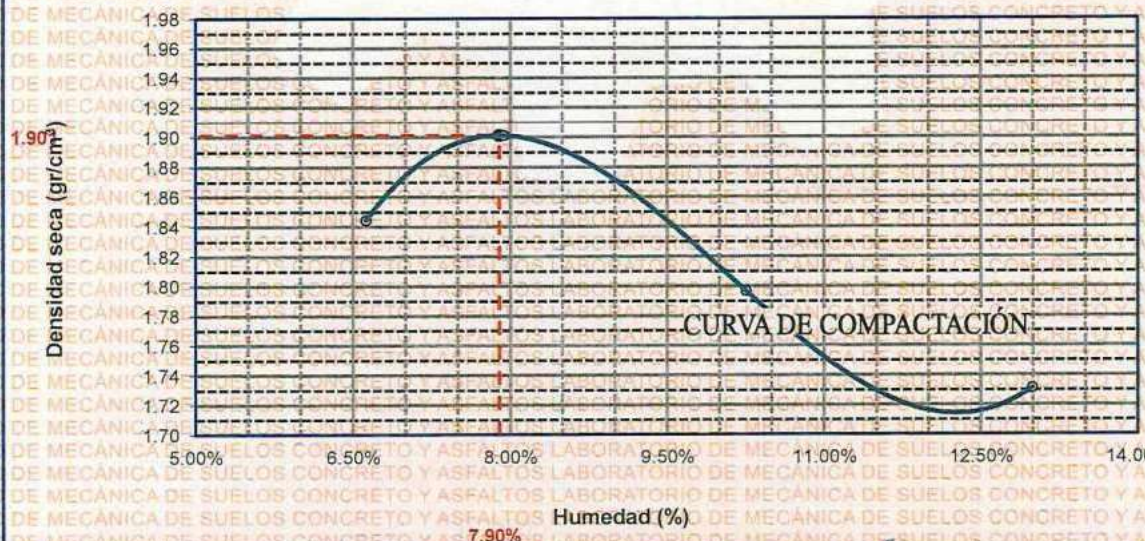
MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2105 cm ³
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10122	10302	10152	10100
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4140	4320	4170	4118
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.967	2.052	1.981	1.956

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	410.41	404.53	429.61	409.52	421.80	400.41	397.31	379.53
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	386.15	386.19	409.39	378.18	388.45	369.51	359.39	343.39
Peso del Agua	gr.	24.26	18.34	20.22	31.34	33.35	30.90	37.92	36.14
Peso de la Capsula	gr.	64.72	64.58	63.82	65.89	66.22	65.48	66.36	66.42
Peso del Suelo Seco	gr.	321.43	321.61	345.57	312.29	322.23	304.03	293.03	276.97
% de Humedad	%	7.55%	5.70%	5.85%	10.04%	10.35%	10.16%	12.94%	13.05%
Promedio de Humedad	%	6.63%		7.94%		10.26%		12.99%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.845		1.901		1.797		1.731	

6.29%	8.19%	10.26%	12.20%	1.901 gr/cm ³
1.870	1.916	1.816	1.759	

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA

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

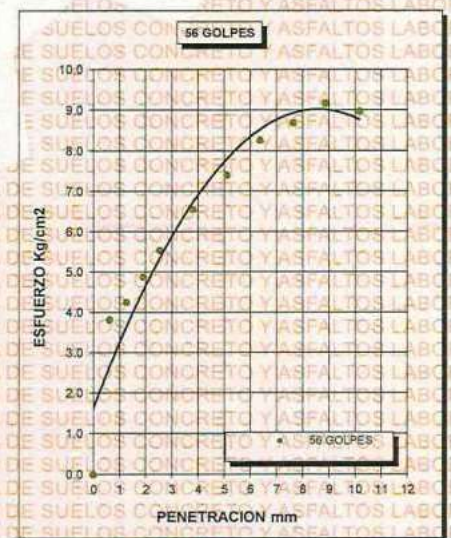
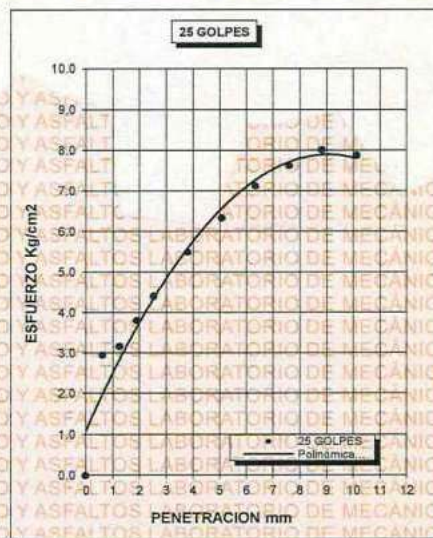
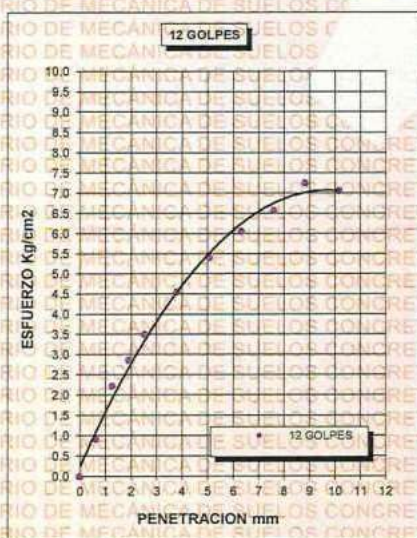
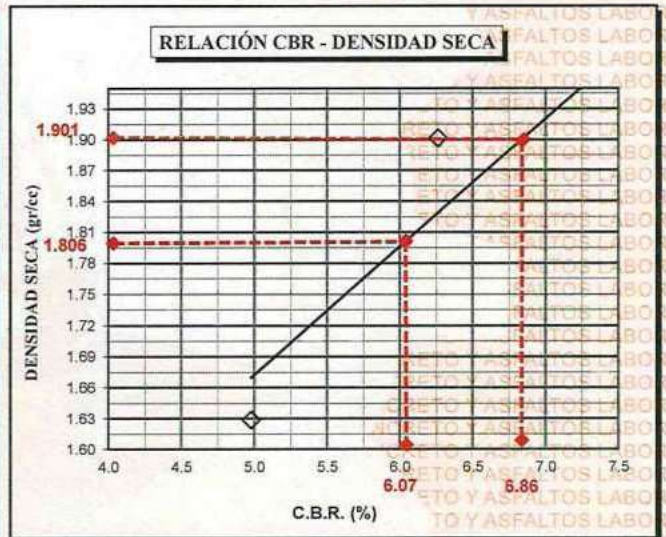
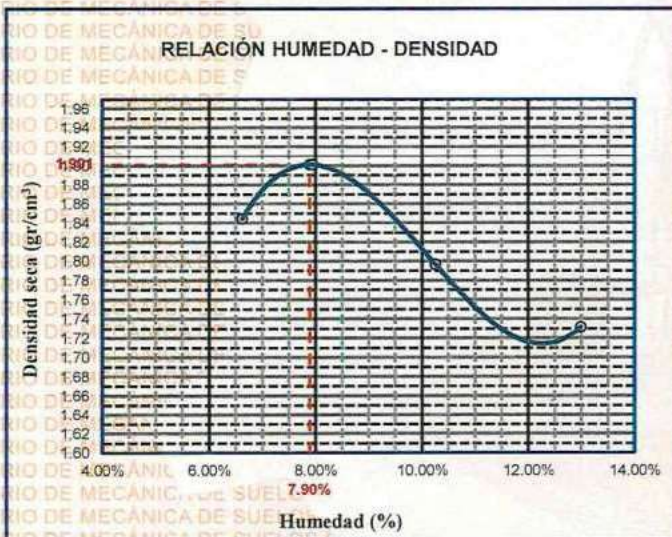
(Signature)



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



PROYECTO :	EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA – CCOTOS 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	1.901
UBICACIÓN :	CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS	HUMEDAD OPTIMA (%)	7.90%
PROGRESIVA :	KM 0+000 - KM 04+000	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	6.86
MUESTRA :	SUELO NATURAL - M1 + 5% DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	6.07
FECHA :	AGOSTO DEL 2024	CLASIFICACIÓN :	CL
		AASHTO :	A-2
		EMBEBIDO :	4 DIAS



Mgtr. Arnoldo Yana Torres
 JEFATURA
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 UANCV - 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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

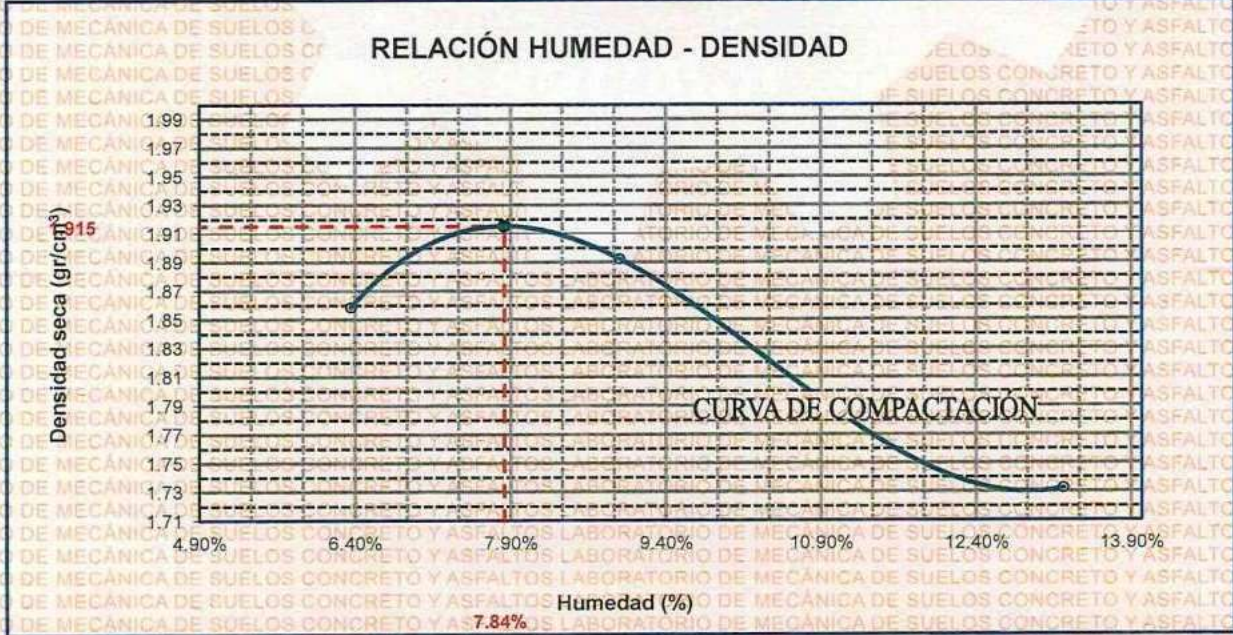
TESIS	: EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA – CCOTOS 2024
SOLICITANTE	: Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO
UBICACIÓN	: CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS
PROGRESIVA	: KM 0+000 - KM 04+000
MUESTRA	: MUESTRA 2 +5% DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO
FECHA	: AGOSTO 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.	10143	10322	10172	10112
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4161	4340	4190	4130
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.977	2.062	1.990	1.962

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	411.63	404.60	430.34	410.53	422.59	401.21	400.36	380.31
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	388.68	386.46	402.18	380.29	388.45	367.46	360.55	344.18
Peso del Agua	gr.	22.95	18.14	28.16	30.24	34.14	33.75	39.81	36.13
Peso de la Capsula	gr.	64.73	64.59	63.84	64.88	66.23	65.48	65.37	66.43
Peso del Suelo Seco	gr.	323.95	321.87	338.34	315.41	322.22	301.98	295.18	277.75
% de Humedad	%	7.08%	5.64%	8.32%	9.59%	10.60%	11.18%	13.49%	13.01%
Promedio de Humedad	%	6.36%		8.96%		10.89%		13.25%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.859		1.892		1.795		1.732	

MÉTODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.915 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 7.84%



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

M.S.C.A.
FECHA: _____

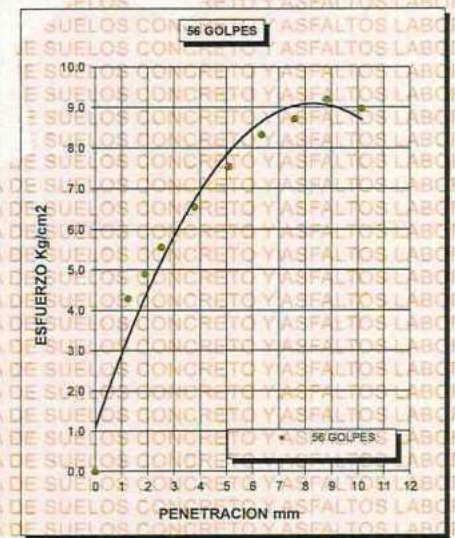
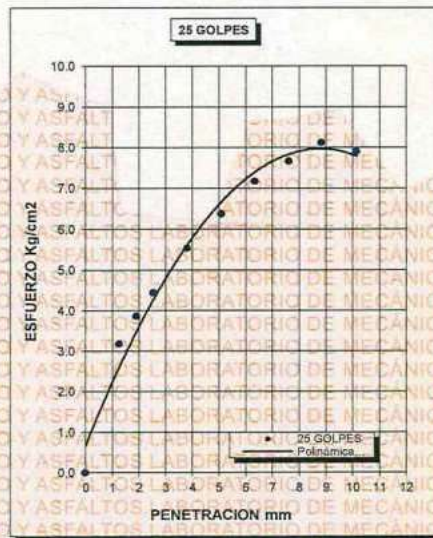
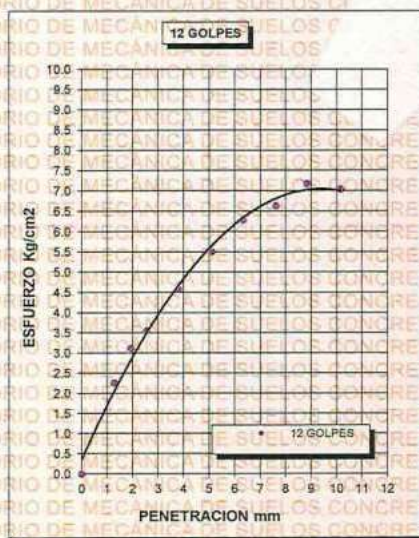
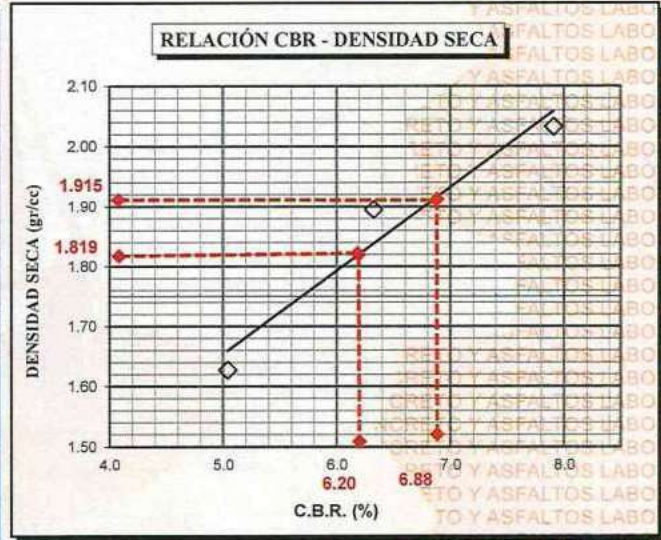
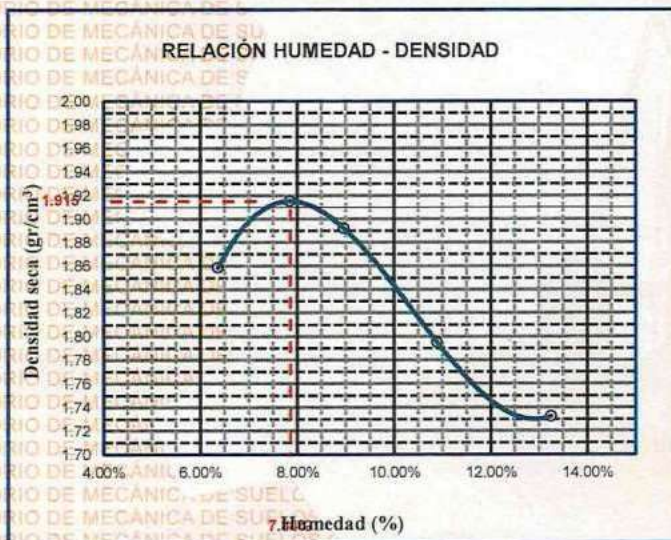
Ing. Darío Jara Torres



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



PROYECTO :	EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMACIÓN MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	1.915
UBICACIÓN :	CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS	HUMEDAD OPTIMA (%)	7.84%
PROGRESIVA :	KM 0+000 - KM 04+000	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	6.88
MUESTRA :	SUELO NATURAL - M2 + 5% DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	6.20
FECHA :	AGOSTO DEL 2024	CLASIFICACIÓN :	CL
		AASHTO :	A-2
		EMBEBIDO :	4 DIAS



CBR 5.04

CBR 6.32

CBR 7.91

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL
M.S.C.A.
Mtro. 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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS : EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMACO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA – CCOTOS 2024

SOLICITANTE : Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO

UBICACIÓN : CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS

PROGRESIVA : KM 0+000 - KM 04+000

MUESTRA : MUESTRA 3 + 5% DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO

FECHA : AGOSTO DEL 2024

MOLDE No : 1 **VOLUMEN DEL MOLDE :** 2105 cm³

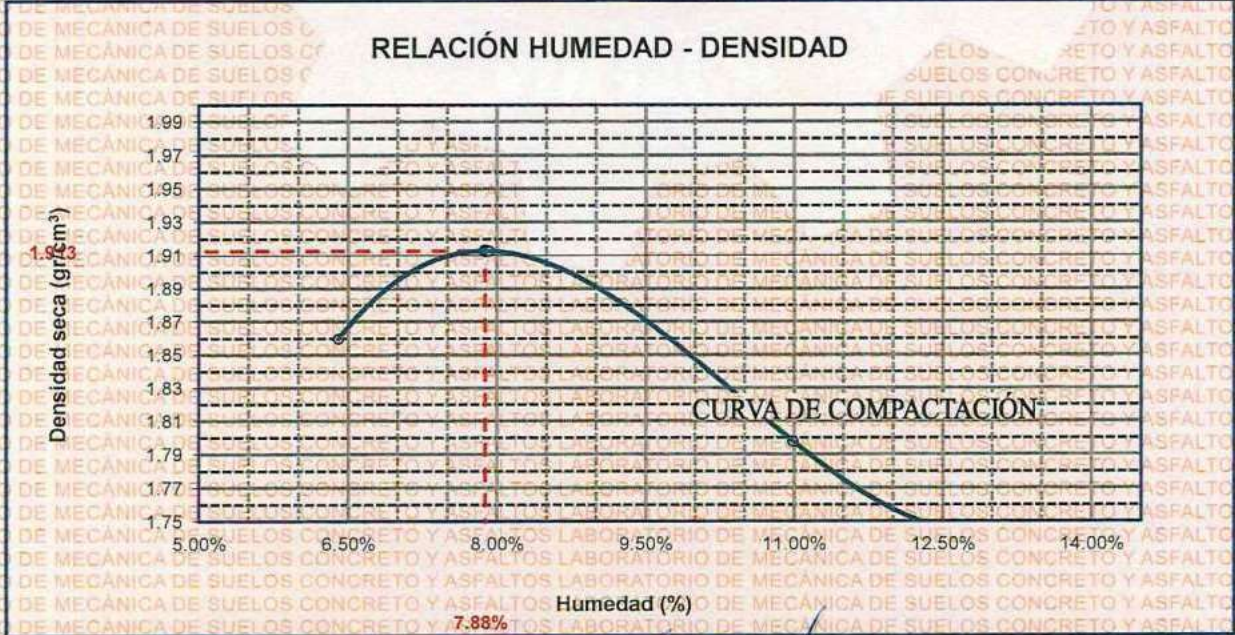
No DE CAPAS : 5 **GOLPES POR CAPA :** 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10147	10327	10182	10122
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4165	4345	4200	4140
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.979	2.064	1.995	1.967

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	412.31	407.41	431.73	411.64	423.74	402.54	399.20	381.22
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	389.69	388.47	407.39	383.72	389.38	368.18	361.29	345.42
Peso del Agua	gr.	22.62	18.94	24.34	27.92	34.36	34.36	37.91	35.80
Peso de la Capsula	gr.	64.69	64.59	63.83	64.90	66.26	65.49	65.36	66.43
Peso del Suelo Seco	gr.	325.00	323.88	343.56	318.82	323.12	302.69	295.93	278.99
% de Humedad	%	6.96%	5.85%	7.08%	8.76%	10.63%	11.35%	12.81%	12.83%
Promedio de Humedad	%	6.40%		7.92%		10.99%		12.82%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.860		1.913		1.798		1.743	

METODO: ASTM D - 1557 **MAXIMA DENSIDAD SECA :** 1.913 gr/cm³

MODIFICADO "C" **HUMEDAD OPTIMA :** 7.88%



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

LABORATORIO M.S.C.A. INVESTIGACIÓN

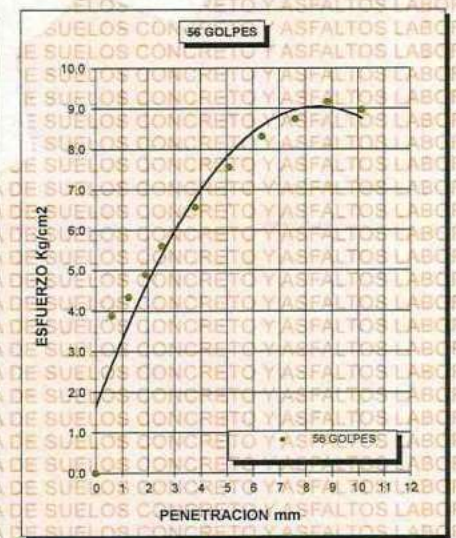
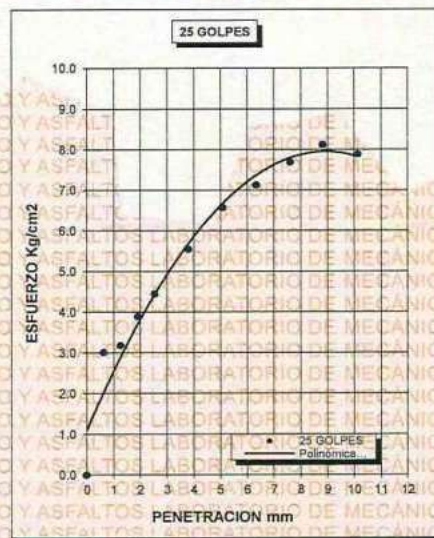
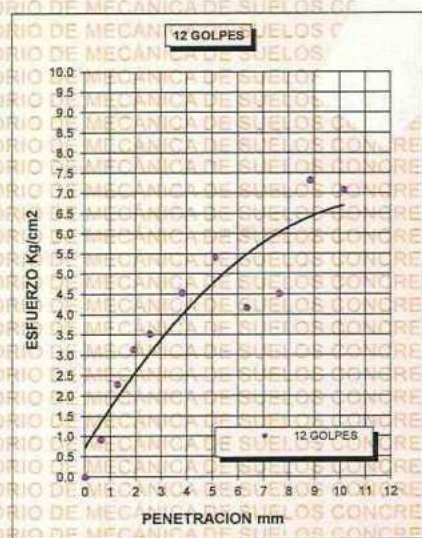
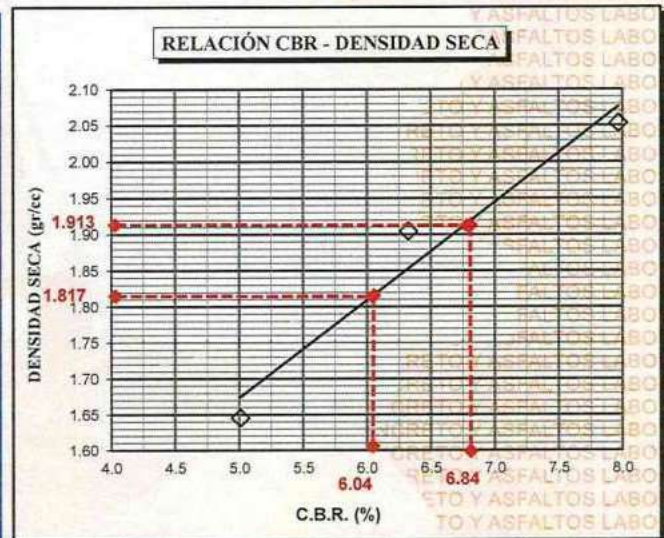
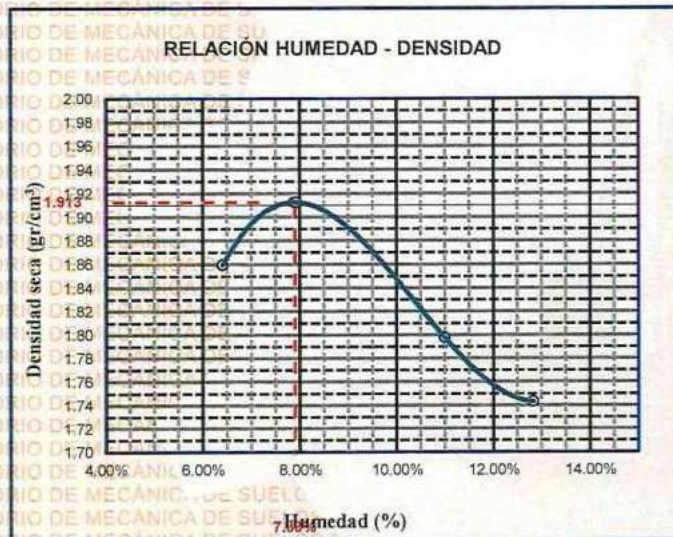
[Firma]



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 DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	1.913
UBICACIÓN :	CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS	HUMEDAD OPTIMA (%)	7.88%
PROGRESIVA :	KM-0+000 - KM 04+000	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	6.84
MUESTRA :	SUELO NATURAL - M3 + 5% DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	6.04
FECHA :	AGOSTO DEL 2024	CLASIFICACIÓN :	CL
		AASHTO :	A-2
		EMBEBIDO :	4 DIAS



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

Mtr. Arvaldo 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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA – CCOTOS 2024
SOLICITANTE	: Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO
UBICACIÓN	: CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS
PROGRESIVA	: KM 0+000 - KM 04+000
MUESTRA	: MUESTRA 1 + 10% DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO
FECHA	: AGOSTO DEL 2024

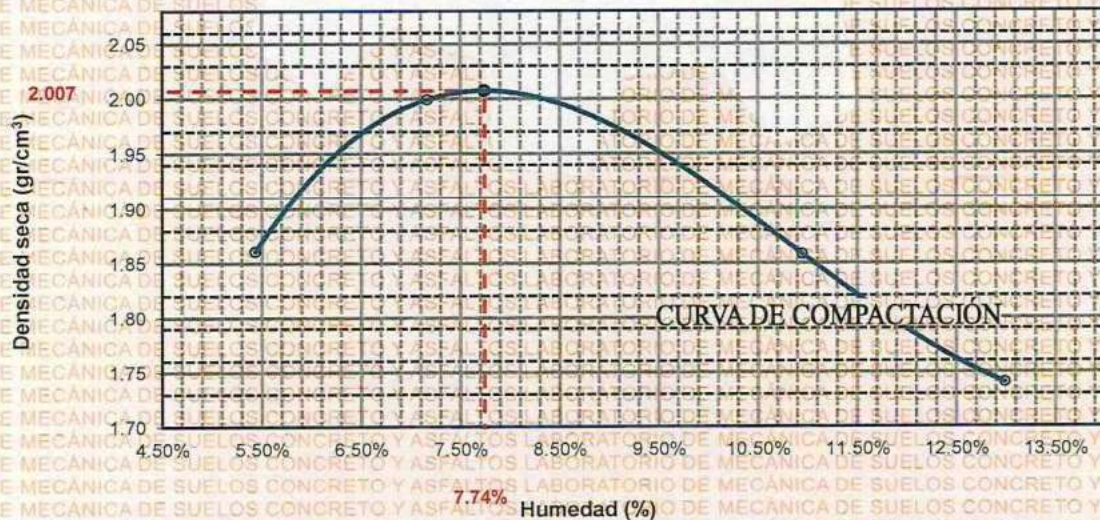
MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2105 cm ³
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10112	10492	10322	10122
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4130	4510	4340	4140
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.962	2.143	2.062	1.967

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	410.71	415.17	446.83	410.83	420.53	408.52	404.60	374.70
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	399.62	390.52	416.87	391.72	388.78	371.62	353.98	351.34
Peso del Agua	gr.	11.09	24.65	29.96	19.11	31.75	36.90	51.22	23.36
Peso de la Capsula	gr.	64.71	64.60	63.85	64.90	66.27	65.50	65.37	66.44
Peso del Suelo Seco	gr.	334.91	325.92	353.02	326.82	322.51	306.12	288.01	284.90
% de Humedad	%	3.31%	7.56%	8.49%	5.85%	9.84%	12.05%	17.78%	8.20%
Promedio de Humedad	%	5.44%		7.17%		10.95%		12.99%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.861		1.999		1.858		1.741	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.007 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	:	7.74%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - INGENIERÍA CIVIL

Juan Andrés Yano Torres

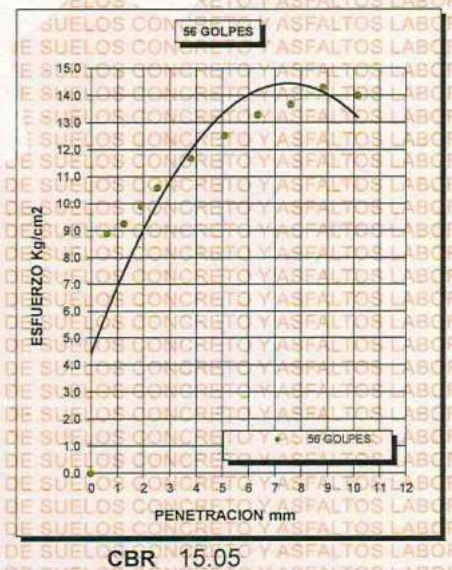
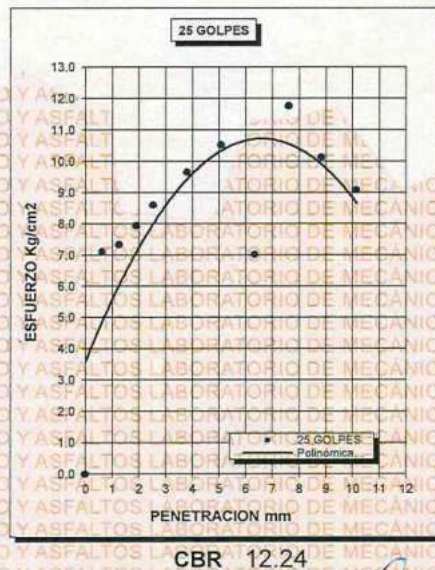
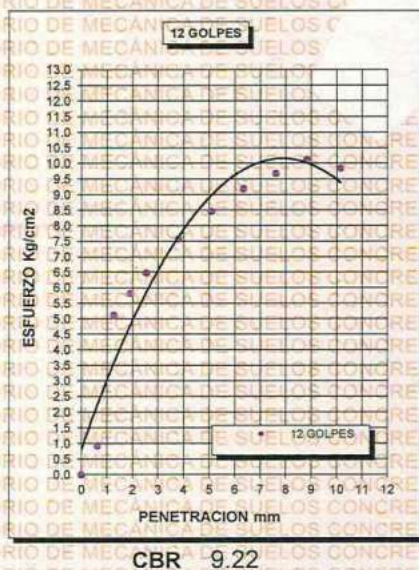
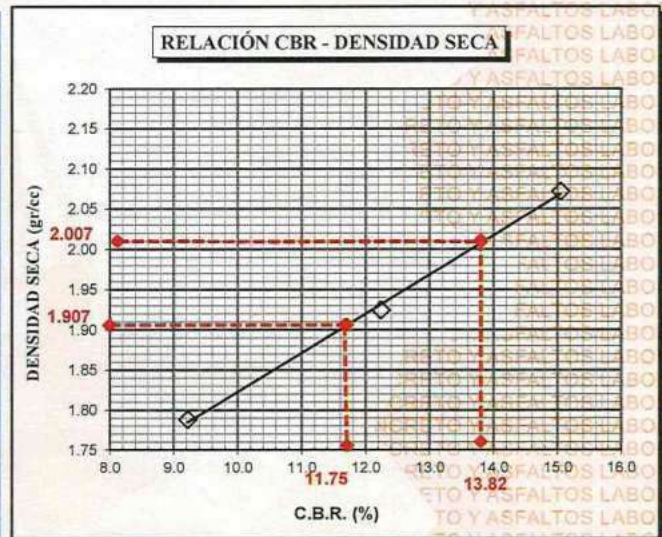
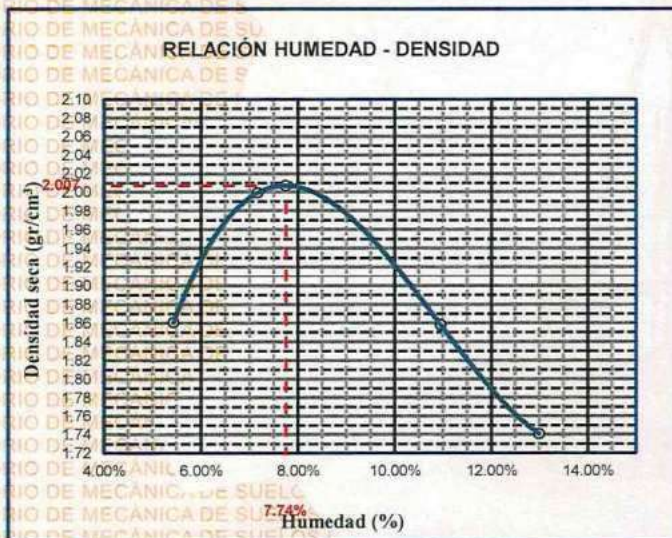
BIE: B007-00051012



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 DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	2.007
UBICACIÓN :	CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS	HUMEDAD OPTIMA (%)	7.74%
PROGRESIVA :	KM 0+000 - KM 04+000	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	13.82
MUESTRA :	SUELO NATURAL - M1 + 10% DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	11.75
FECHA :	AGOSTO DEL 2024	CLASIFICACIÓN :	CL
		AASHTO :	A-2
		EMBEBIDO :	4 DIAS



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

[Firma manuscrita]



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 DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA – CCOTOS 2024

SOLICITANTE : Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO

UBICACIÓN : CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS

PROGRESIVA : KM 0+000 – KM 04+000

MUESTRA : MUESTRA 2 + 10% DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO

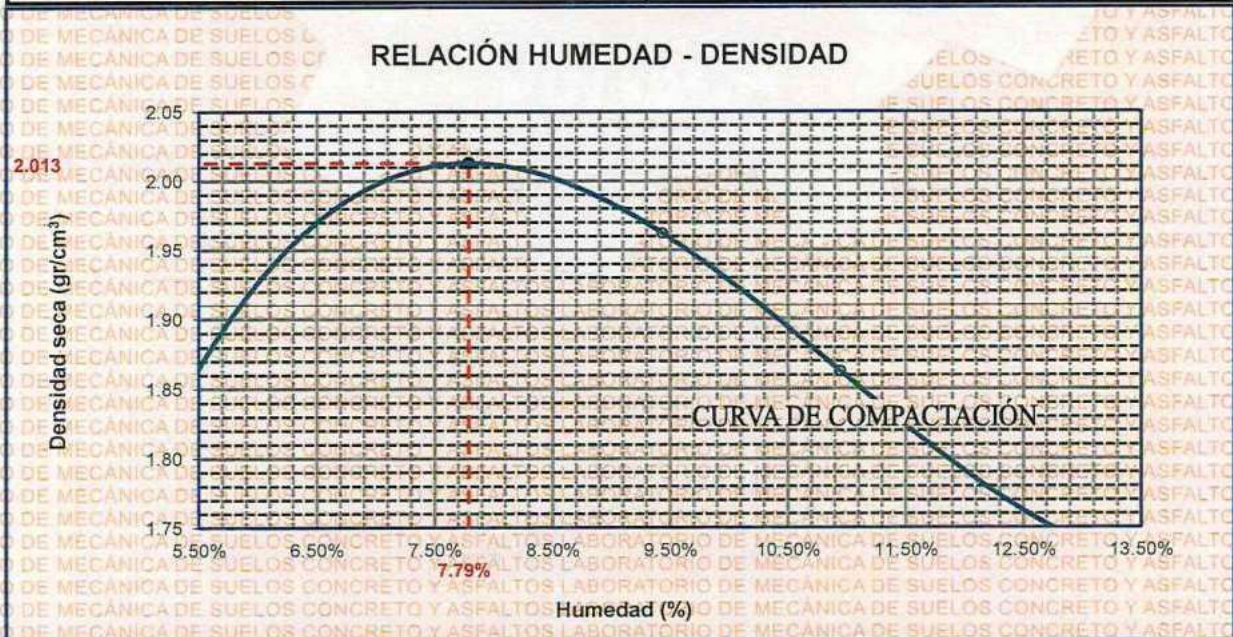
FECHA : AGOSTO DEL 2024

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

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10122	10502	10332	10131
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4140	4520	4350	4149
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.967	2.147	2.067	1.971

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	412.31	416.70	447.48	412.31	421.40	409.33	405.29	375.28
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	399.27	393.37	406.18	390.18	389.45	372.46	354.44	352.30
Peso del Agua	gr.	13.04	23.33	41.30	22.13	31.95	36.87	50.85	22.98
Peso de la Capsula	gr.	64.71	64.61	63.85	64.90	66.27	65.48	65.37	66.44
Peso del Suelo Seco	gr.	334.56	328.76	342.33	325.28	323.18	306.98	289.07	285.86
% de Humedad	%	3.90%	7.10%	12.06%	6.80%	9.89%	12.01%	17.59%	8.04%
Promedio de Humedad	%	5.50%		9.43%		10.95%		12.81%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.864		1.962		1.863		1.747	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.013 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	:	7.79%



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

Dr. Yanina Torres

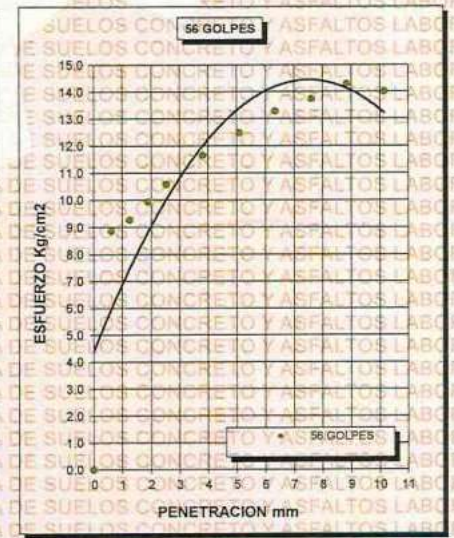
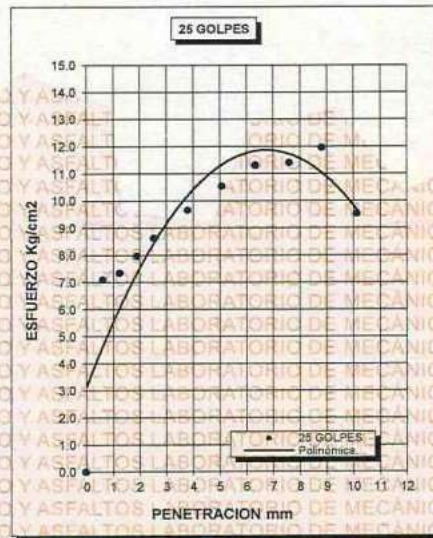
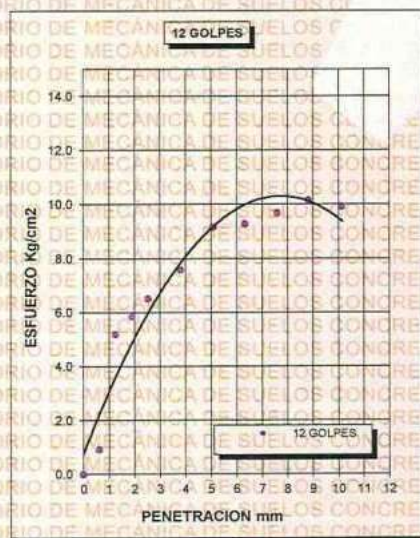
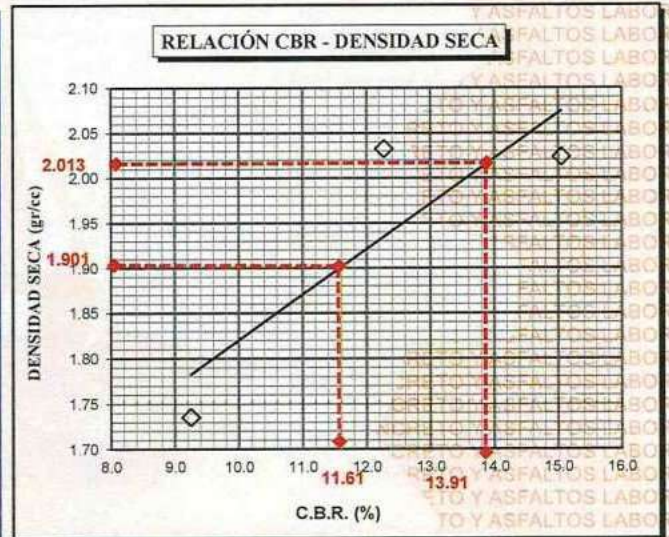
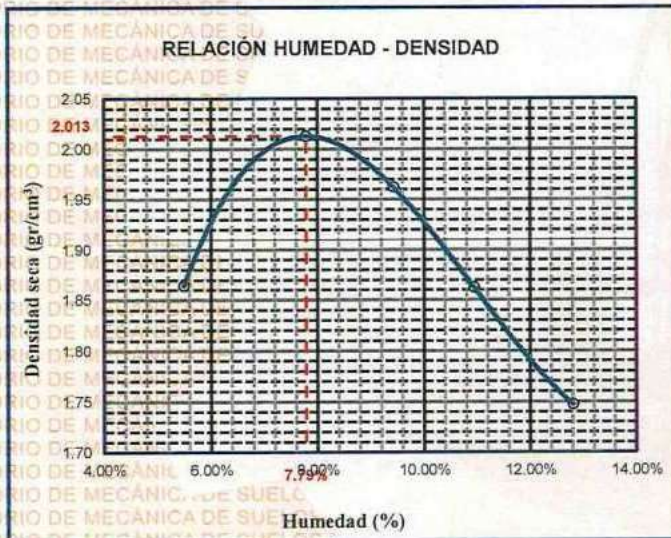
BIE : B007 - 00051012



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 DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	2.013
UBICACIÓN :	CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS	HUMEDAD OPTIMA (%)	7.79%
PROGRESIVA :	KM 0+000 - KM 04+000	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	13.91
MUESTRA :	SUELO NATURAL - M2 + 10% DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	11.61
FECHA :	AGOSTO DEL 2024	CLASIFICACIÓN :	CL
		AASHTO :	A-2
		EMBEBIDO :	4 DIAS



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

LABORATORIO M.S.C.A. JULIACA

Paolo Nolberto Hancco Hancco



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

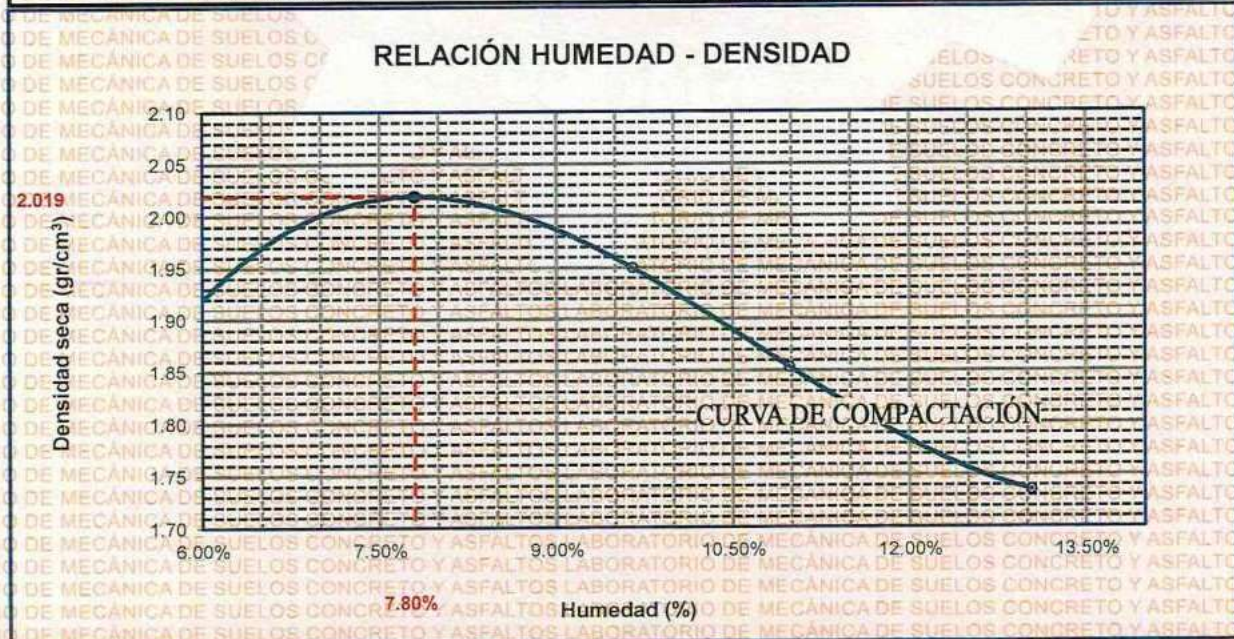
TESIS	: EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA – CCOTOS 2024
SOLICITANTE	: Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO
UBICACIÓN	: CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS
PROGRESIVA	: KM 0+000 - KM 04+000
MUESTRA	: MUESTRA 3 + 10% DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO
FECHA	: AGOSTO 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.	10102	10482	10312	10112
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	4120	4500	4330	4130
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	1.957	2.138	2.057	1.962

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	410.72	414.81	445.81	409.81	419.52	407.51	403.59	373.69
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	398.61	390.51	402.51	388.71	387.78	370.61	352.37	350.33
Peso del Agua	gr.	12.11	24.30	43.30	21.10	31.74	36.90	51.22	23.36
Peso de la Capsula	gr.	64.70	64.59	63.83	64.89	66.26	65.49	65.36	66.43
Peso del Suelo Seco	gr.	333.91	325.92	338.68	323.82	321.52	305.12	287.01	283.90
% de Humedad	%	3.63%	7.46%	12.78%	6.52%	9.87%	12.09%	17.85%	8.23%
Promedio de Humedad	%	5.54%		9.65%		10.98%		13.04%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.854		1.950		1.853		1.736	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.019 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	:	7.80%



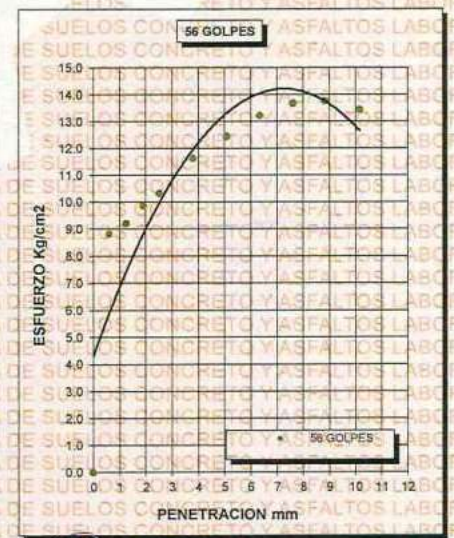
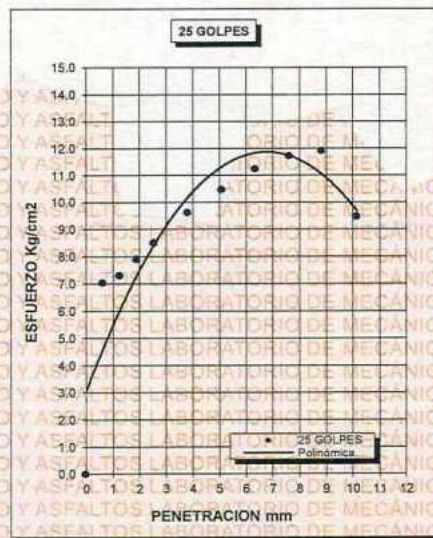
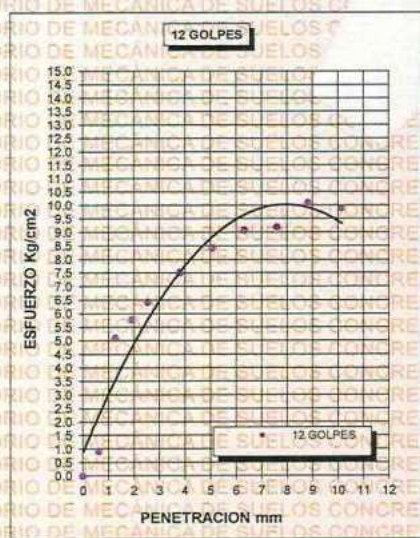
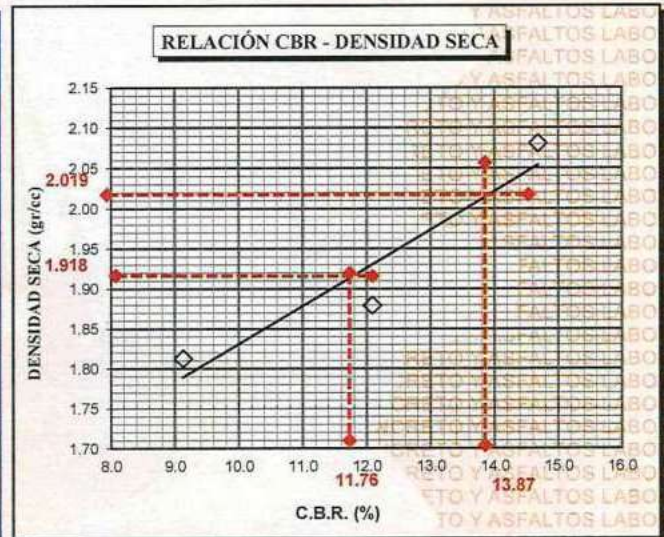
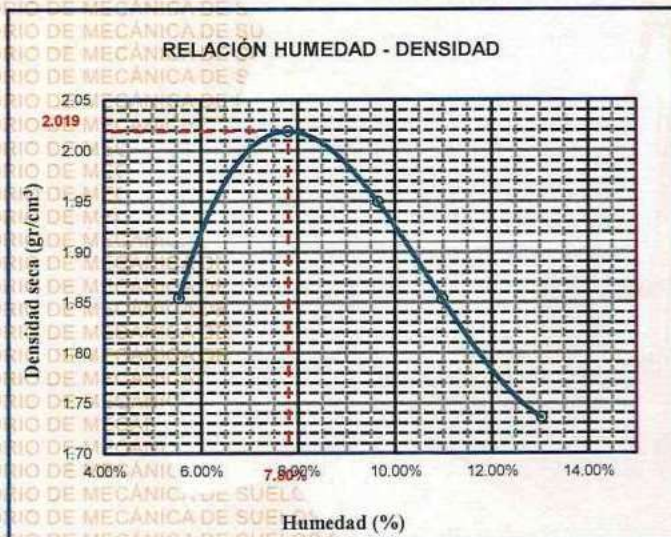
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
LABORATORIO M.S.C.A.
M.Sc. Arnaldo Lana Torres



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 DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	2.019
UBICACIÓN :	CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS	HUMEDAD OPTIMA (%)	7.80%
PROGRESIVA :	KM 0+000 - KM 04+000	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	13.87
MUESTRA :	SUELO NATURAL - M3 + 10% DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	11.76
FECHA :	AGOSTO DEL 2024	CLASIFICACIÓN :	CL
		AASHTO :	A-2
		EMBEBIDO :	4 DIAS



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

Mgr. Arnoldo Tana 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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS : EVALUACION DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS

SOLICITANTE : Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO

UBICACIÓN : CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS

PROGRESIVA : KM 0+000 - KM 04+000

MUESTRA : MUESTRA 1 + 15% DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO

FECHA : AGOSTO DEL 2024

MOLDE No : 1 **VOLUMEN DEL MOLDE** : 2105 cm³

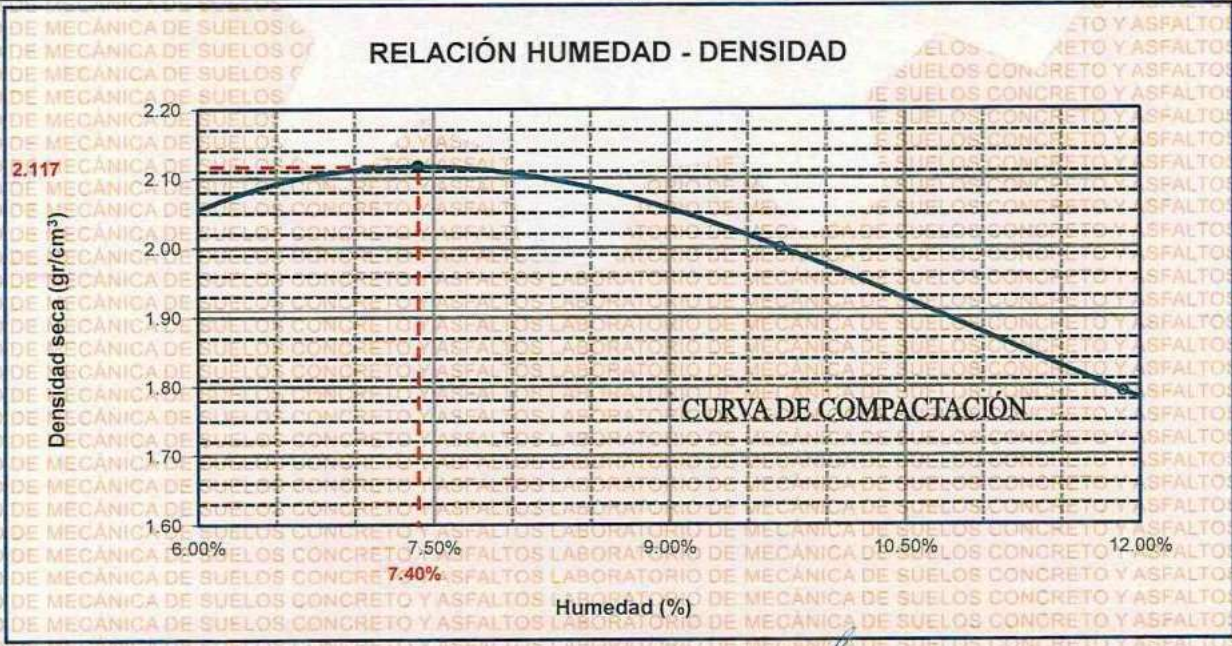
No DE CAPAS : 5 **GOLPES POR CAPA** : 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10072	10602	10202	9960
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4090	4620	4220	3978
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.943	2.195	2.005	1.890

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	424.38	414.60	443.48	423.39	435.50	413.89	411.68	390.55
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	414.58	393.06	421.69	381.24	389.23	383.78	360.52	356.89
Peso del Agua	gr.	9.80	21.54	21.79	42.15	46.27	30.11	51.16	33.66
Peso de la Capsula	gr.	64.70	64.58	63.84	64.88	66.25	65.49	65.35	66.43
Peso del Suelo Seco	gr.	349.88	328.48	357.85	316.36	322.98	318.29	295.17	290.46
% de Humedad	%	2.80%	6.56%	6.09%	13.32%	14.33%	9.46%	17.33%	11.59%
Promedio de Humedad	%	4.68%		9.71%		11.89%		14.46%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.856		2.001		1.792		1.651	

METODO: ASTM D - 1557 **MAXIMA DENSIDAD SECA** : 2.117 gr/cm³

MODIFICADO "C" **HUMEDAD OPTIMA** : 7.40%



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

Agosto 1988 10073

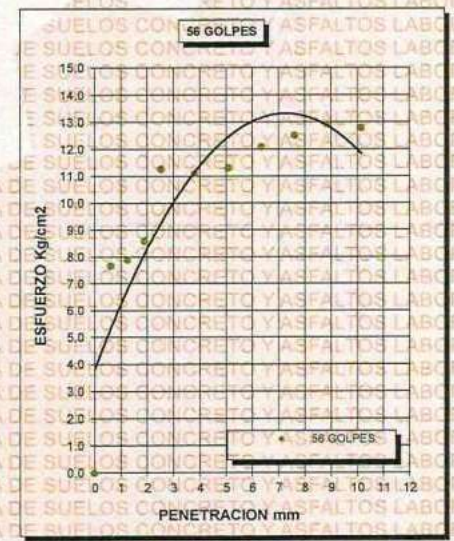
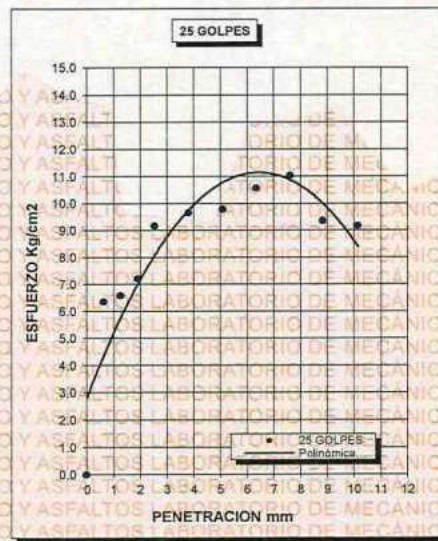
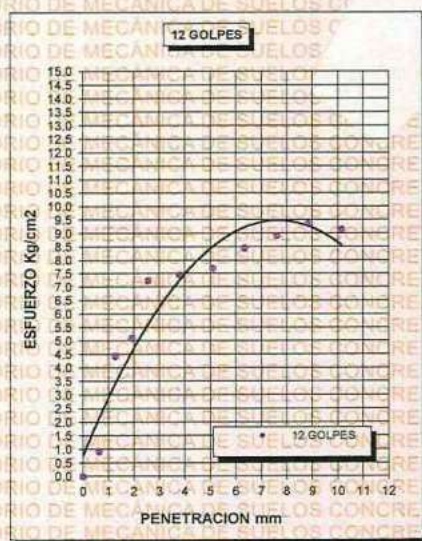
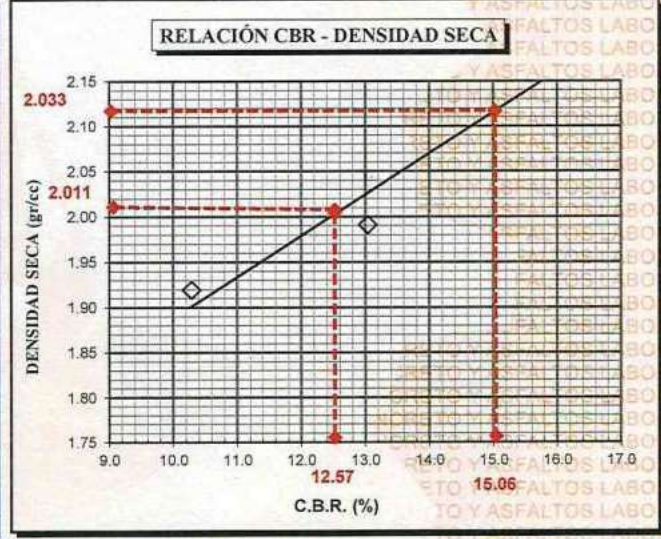
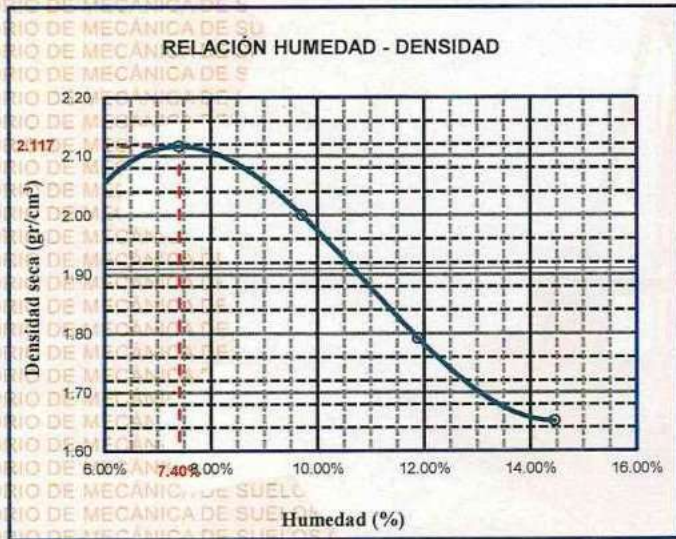
BIE : B007 - 00051012



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 DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	2.117
UBICACIÓN :	CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS	HUMEDAD OPTIMA (%)	7.40%
PROGRESIVA :	KM 0+000 - KM 04+000	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	15.06
MUESTRA :	SUELO NATURAL - M1 + 15% DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	12.57
FECHA :	AGOSTO DEL 2024	CLASIFICACIÓN :	CL
		AASHTO :	A-2
		EMBEBIDO :	4 DIAS



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

Maly Arnaldo Yang 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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

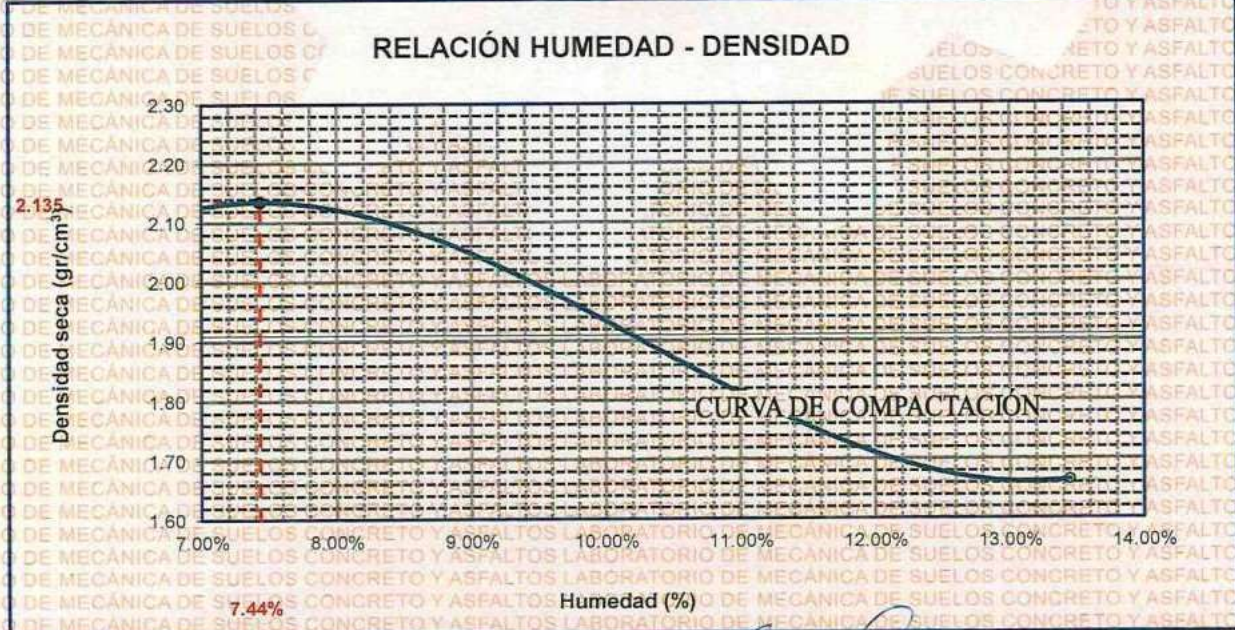
TESIS	: EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO REICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA – CCOTOS 2024
SOLICITANTE	: Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO
UBICACIÓN	: CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS
PROGRESIVA	: KM 0+000 - KM 04+000
MUESTRA	: MUESTRA 2 + 15% DE CONCRETO REICLADO TRITURADO
FECHA	: AGOSTO 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.	10082	10612	10212	9959
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4100	4630	4230	3977
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.948	2.200	2.010	1.889

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	425.41	415.61	443.65	415.84	436.51	414.90	412.69	391.56
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	413.30	393.07	427.88	389.14	390.24	389.79	363.53	360.90
Peso del Agua	gr.	12.11	22.54	15.77	26.70	46.27	25.11	49.16	30.66
Peso de la Capsula	gr.	64.72	64.60	63.84	64.90	66.26	65.50	65.36	66.43
Peso del Suelo Seco	gr.	348.58	328.47	364.04	324.24	323.98	324.29	298.17	294.47
% de Humedad	%	3.47%	-6.86%	4.33%	8.23%	14.28%	7.74%	15.49%	10.41%
Promedio de Humedad	%	5.17%		6.28%		11.01%		13.45%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.852		2.069		1.810		1.665	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.135 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 7.44%



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

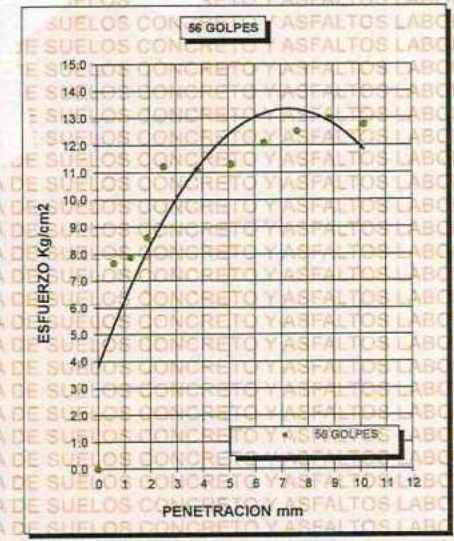
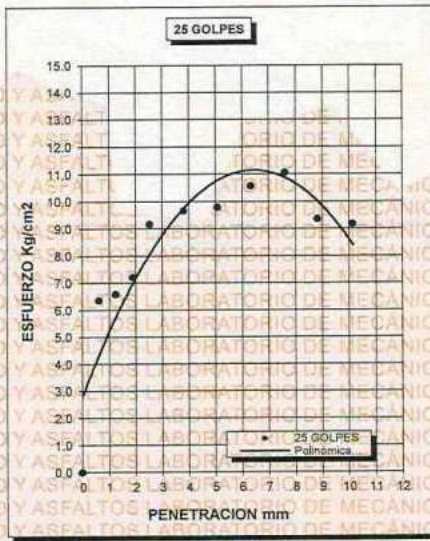
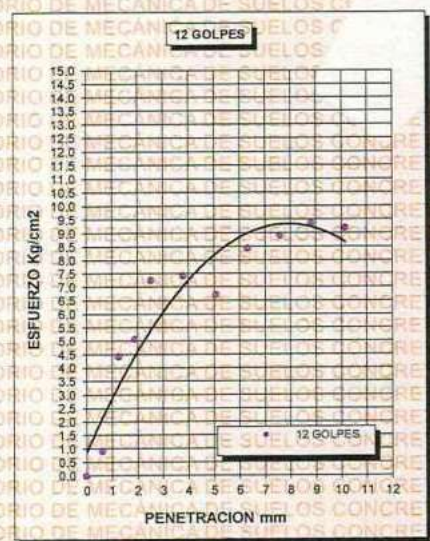
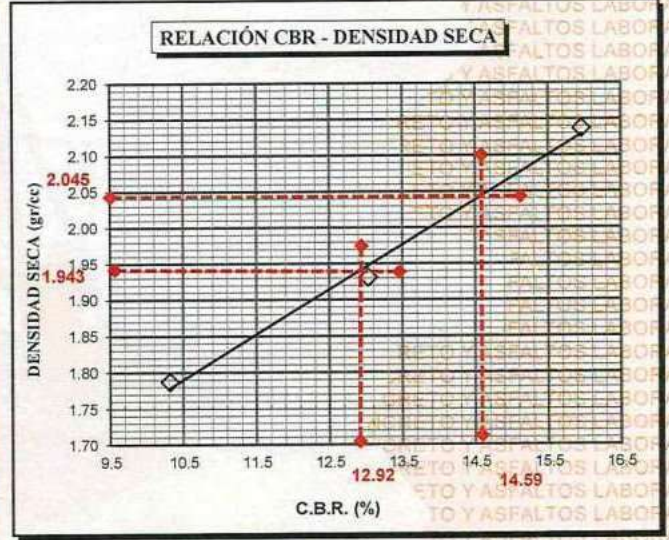
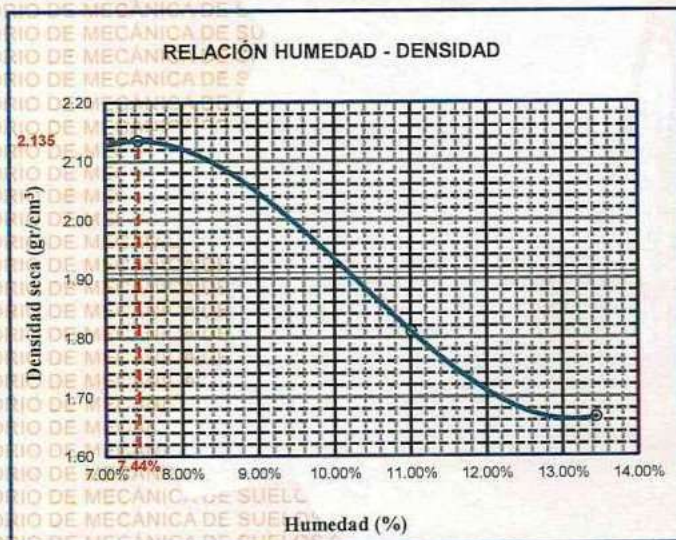
Date: 10/08/2024



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



PROYECTO :	EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RÉCICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	2.135
UBICACIÓN :	CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS	HUMEDAD OPTIMA (%)	7.44%
PROGRESIVA :	KM 0+000 - KM 04+000	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	14.59
MUESTRA :	SUELO NATURAL - M2 + 15% DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	12.92
FECHA :	AGOSTO DEL 2024	CLASIFICACIÓN :	CL
		AASHTO :	A-2
		EMBEBIDO :	4 DIAS



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

DOCTORANDO
 M.S.C.A.
 JEFATURA



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

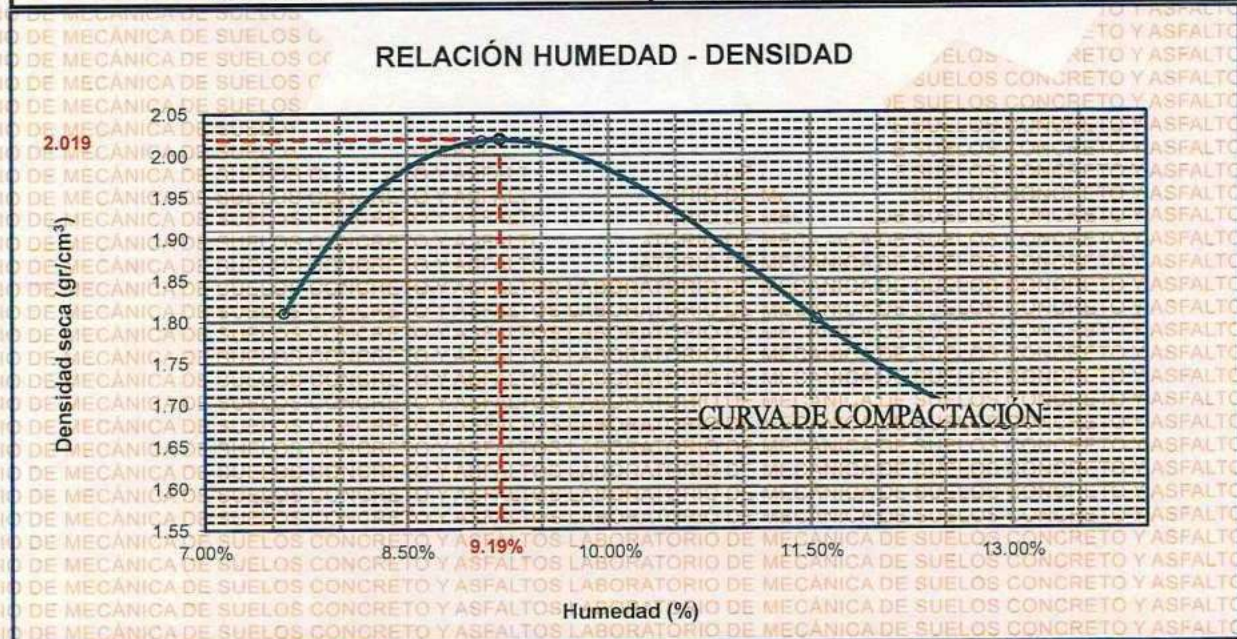
TESIS	: EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMACIÓN MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA – CCOTOS 2024
SOLICITANTE	: Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO
UBICACIÓN	: CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS
PROGRESIVA	: KM 0+000 - KM 04+000
MUESTRA	: MUESTRA 3 + 15% DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO
FECHA	: AGOSTO 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.	10082	10612	10212	9957
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4100	4630	4230	3975
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.948	2.200	2.010	1.888

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	419.33	409.55	438.43	418.34	430.45	408.84	406.83	385.50
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	395.55	384.03	413.66	383.21	386.20	379.75	359.49	356.86
Peso del Agua	gr.	23.78	25.52	24.77	35.13	44.25	29.09	47.14	28.64
Peso de la Capsula	gr.	64.70	64.59	63.85	64.90	66.27	65.49	65.36	66.44
Peso del Suelo Seco	gr.	330.85	319.44	349.81	318.31	319.93	314.26	294.13	290.42
% de Humedad	%	7.19%	7.99%	7.08%	11.04%	13.83%	9.26%	16.03%	9.86%
Promedio de Humedad	%	7.59%		9.06%		11.54%		12.94%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.810		2.017		1.802		1.672	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.019 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 9.19%



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FIGP - C.A.P. INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA

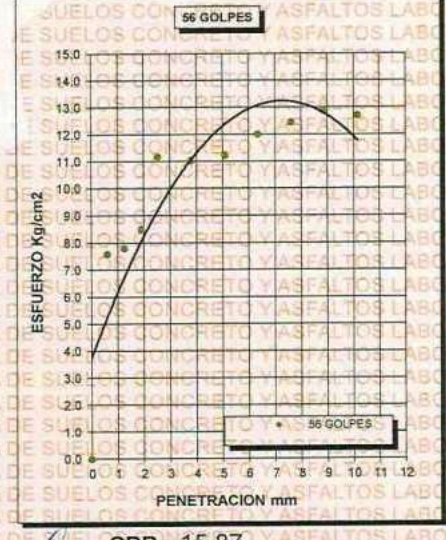
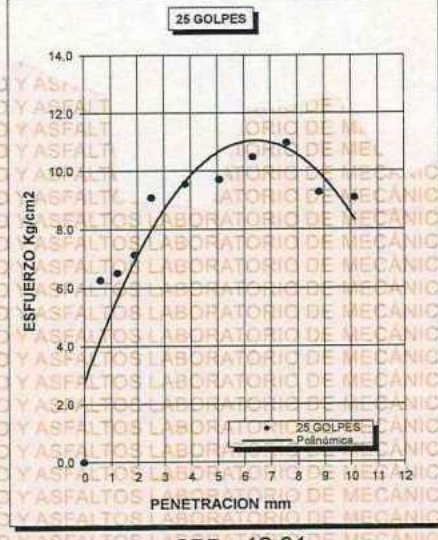
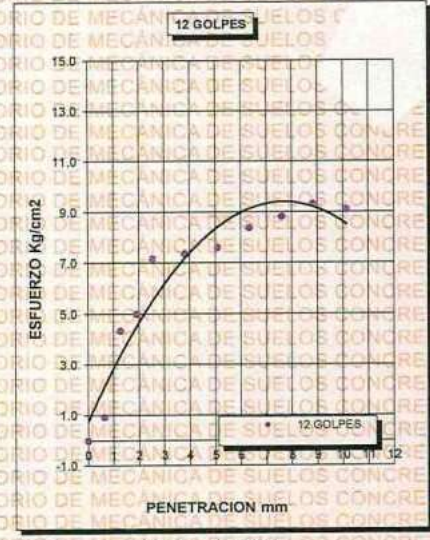
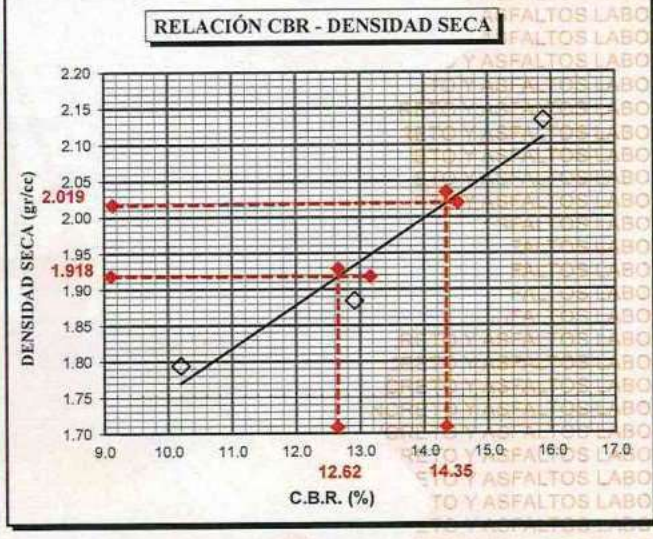
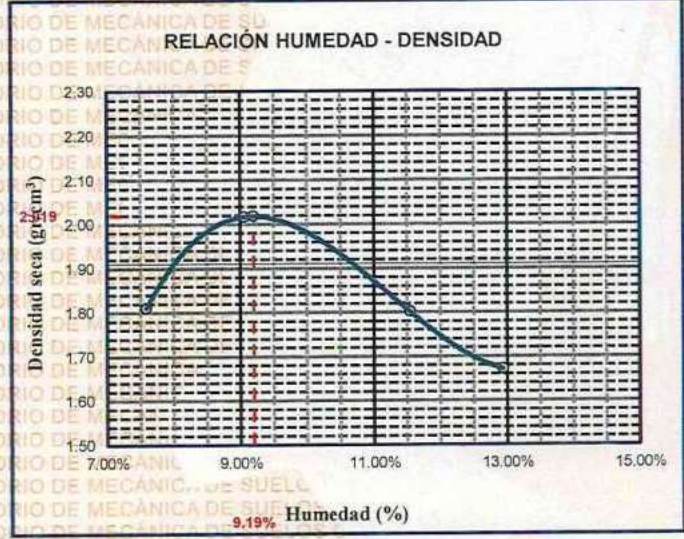
Ing. Paolo Yand Torres
 S.P. 101257



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 DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	Bach. PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	2.019
UBICACIÓN :	CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS	HUMEDAD OPTIMA (%)	9.19%
PROGRESIVA :	KM.0+000 - KM.04+000	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	14.35
MUESTRA :	SUELO NATURAL - M3 + 15% DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	12.62
FECHA :	AGOSTO DEL 2024	CLASIFICACIÓN :	CL
		AASHTO :	A-2
		EMBEBIDO :	4 DIAS



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

ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓNAUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCVFormato digital Fecha de entrega: 14-12-2024

I. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: PAOLO NOLBERTO HANCCO HANCCODirección: Jr. LEONCIO PRADO 171 BARRIO REVOLUCIONDNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 71819316Teléfono: 926 489 639 email: phancco1403@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASEscuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVILTítulo o Grado Académico a optar: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVILAsesor: Mgr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico Título: EVALUACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LACAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CONCRETORECICLADO TRITURADO EN LA CARRETERA CAPACHICA - CCOTOS 2024Palabras claves, (3 a 5 términos): SUBRASANTE, CAL. VIVA, CENIZAS, CBR¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2?}1¹ 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 Titulo 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

- Sí autorizo
- No autorizo

Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17

Firma de Autor



huella digital

04-12-2024

Fecha