



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN
LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE BASES GRANULARES
PARA SU ESTABILIZACIÓN EN PAVIMENTOS DE LA
PROVINCIA DE SAN ROMÁN**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JHON ALEX APAZA MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA - PERÚ

2024



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN
LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE BASES GRANULARES
PARA SU ESTABILIZACIÓN EN PAVIMENTOS DE LA
PROVINCIA DE SAN ROMÁN**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JHON ALEX APAZA MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

: 
Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

PRIMER MIEMBRO

: 
Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Mgtr. HERNAN PEDRO MARTINEZ RAMOS

ASESOR DE TESIS

: 
Dr. ARNALDO YANA TORRES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE MATERIALES – P17



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1153-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 27 de setiembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 011912 presentado por el (la) Bachiller: **JHON ALEX APAZA MAMANI** 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. **JHON ALEX APAZA MAMANI**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE BASES GRANULARES PARA SU ESTABILIZACIÓN EN PAVIMENTOS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

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

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

RESUELVE:

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

- * **Presidente** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **1er Miembro** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
- * **2do Miembro** : Mgtr. HERNAN PEDRO MARTINEZ RAMOS

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Dr. ARNALDO YANA TORRES**.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS de el (la) bachiller: **JHON ALEX APAZA MAMANI**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE BASES GRANULARES PARA SU ESTABILIZACIÓN EN PAVIMENTOS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Jueves 03 de octubre del 2024
- * **HORA** : 11:00 a.m.
- * **LUGAR** : Aula 406 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. MILTON QUISEP HUANCA
DECANO
CIP. 47790



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

cc.
Archivo
interesado (s)



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 746-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 05 de agosto del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 08289 por el señor (a): JHON ALEX APAZA MAMANI quien solicita REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis), el PROVEIDO - N° 668 - 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS) formato N° 143 - 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): JHON ALEX APAZA MAMANI, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE BASES GRANULARES PARA SU ESTABILIZACIÓN EN PAVIMENTOS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 143 - 2024 aprobando el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE BASES GRANULARES PARA SU ESTABILIZACIÓN EN PAVIMENTOS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN, Correspondiente a la línea de investigación TECNOLOGÍA DE MATERIALES.

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): JHON ALEX APAZA MAMANI, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE BASES GRANULARES PARA SU ESTABILIZACIÓN EN PAVIMENTOS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN correspondiente a la línea de investigación TECNOLOGÍA DE MATERIALES, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como ASESOR DE INVESTIGACIÓN al (a) la), Mgtr. ARNALDO YANA TORRES.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA DECANO CIP. 47790



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

Dr. Efraín Carillo Sosa DIRECTOR UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc. Archivo interesado (a)

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 130-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 08 de abril del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-03493, presentado por el señor (a) **JHON ALEX APAZA MAMANI** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el PROVEIDO – N° 121 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 55 -2024 del integrante del comité de investigación **EPIC** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) estudiante: **JHON ALEX APAZA MAMANI** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE BASES GRANULARES PARA SU ESTABILIZACIÓN EN PAVIMENTOS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN**, 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° 55 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE BASES GRANULARES PARA SU ESTABILIZACIÓN EN PAVIMENTOS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN**.

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: **JHON ALEX APAZA MAMANI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE BASES GRANULARES PARA SU ESTABILIZACIÓN EN PAVIMENTOS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**.

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. ARNALDO YANA TORRES**.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURASDr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790cc.
Archivo 2024
Interesado (a)UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE BASES GRANULARES PARA SU ESTABILIZACIÓN EN PAVIMENTOS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN

INFORME DE ORIGINALIDAD

21%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	9%
2	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	6%
3	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1%
7	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1%



Metadatos Complementarios



Título de la Tesis	
INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE BASES GRANULARES PARA SU ESTABILIZACIÓN EN PAVIMENTOS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	JHON ALEX APAZA MAMANI
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	73989263
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0003-1648-7060
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-6740-5024
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	HERNAN PEDRO MARTINEZ RAMOS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01316765



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo Jhon Alex Apaza Mamani, identificado con DNI Nro. 73989263, en mi condición de egresado de:

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

Ingeniería Civil

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

"Influencia de la adición del cemento Portland en las Propiedades mecánicas de bases granulares para su estabilización en Pavimentos de la provincia de San Ramón"

Asesorado por: Dr. Arnaldo Yana Torres

Es un tema original.

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


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

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

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

Juliaca 05 de Noviembre del 2024


Firma del Asesor


Firma del Estudiante


Huella



DEDICATORIA

A mis padres.



AGRADECIMIENTO

A Dios.



ÍNDICE

DEDICATORIA i

AGRADECIMIENTO ii

ÍNDICE.....iii

ÍNDICE DE TABLAS vi

ÍNDICE FIGURAS..... vii

RESUMEN viii

ABSTRACT ix

INTRODUCCIÓN x

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACION

1.1 Descripción de la situación de problemática 1

1.2 Planteamiento del problema 2

 1.2.1 Pregunta general 2

 1.2.2 Preguntas específicas..... 2

1.3 Justificación de la investigación..... 2

 1.3.1 Justificación practica 3

 1.3.2 Justificación ambiental 3

 1.3.3 Justificación social 3

1.4 Objetivos 3

 1.4.1 Objetivo general 3

 1.4.2 Objetivos específicos..... 3

1.5 Hipótesis..... 4

 1.5.1 Hipótesis general 4



1.5.2	Hipótesis específicas	4
1.6	Variables e indicadores	4
1.7	Operacionalización de variables.....	5

CAPITULO II

MARCO TEORICO REFERENCIAL

2.1	Antecedentes de la investigación	6
2.1.1	Antecedentes internacionales	6
2.1.2	Antecedentes nacionales.....	7
2.1.3	Antecedentes locales	10
2.2	Marco teórico	11
2.2.1	Pavimentos	11
2.2.2	Tipos de pavimentos.....	12
2.2.3	Capas del pavimento	14
2.2.4	Subbase granular	16
2.2.5	Base granular	17
2.2.6	Suelos	17
2.2.7	Organización del suelo	18
2.2.8	Cualidades físicas del suelo.....	23
2.2.9	Cualidades mecánicas de la superficie	25
2.2.10	Cemento portland	26
2.2.11	Estabilización de suelos.....	30
2.2.12	Tipos de Estabilización	31
2.2.13	Suelos estabilizados con cemento	35
2.3	Marco conceptual	37



CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de la investigación..... 39

 3.1.1 Nivel de investigación 39

 3.1.2 Tipo de investigación 39

 3.1.3 Método de investigación 39

 3.1.4 Diseño de la investigación..... 40

3.2 Población y muestra 40

 3.2.1 Población 40

 3.2.2 Muestra 40

 3.2.3 Diseño muestral 40

 3.2.4 Locación de la zona en estudio..... 41

 3.2.5 Procedimientos a la recolección de datos..... 41

 3.2.6 Trabajo en laboratorio 41

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Presentación de resultados de la investigación..... 48

 4.1.1 Cualidades físicas y mecánicas de la superficie de la cantera..... 48

 4.1.2 Cualidades mecánicas de la superficie estabilizada con cemento 51

4.2 Discusión de resultados 55

CONCLUSIONES 56

RECOMENDACIONES 57

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 58

ANEXOS 62



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	5
Tabla 2. Categorización de subbases acorde a la clase de pavimento	17
Tabla 3. Categoría según Equivalente de Arena.....	24
Tabla 4. Resultados Análisis Granulométrico	49
Tabla 5. resultados de límite de consistencia.....	49
Tabla 6. resultado de la compactación de la cantera.....	50
Tabla 7. resultado del CBR.....	50
Tabla 8. Resumen de las cualidades mecano-físicas del suelo de cantera.....	50
Tabla 9. granulometría de la cantera estabilizada con cemento	51
Tabla 10. LL de la base granular estabilizada con cemento	52
Tabla 11. LP de la base granular estabilizada con cemento	52
Tabla 12. límites de consistencia de la base granular estabilizada con hormigón.....	52
Tabla 13. Consolidación de la base granular controlada con hormigón.....	53
Tabla 14. CBR según adición del cemento.....	54



ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Sección típica del pavimento flexible	12
Figura 2. Sección típica del pavimento rígido	13
Figura 3. Diagrama de esfuerzos en pavimentos	14
Figura 4. Sección típica de las capas de un pavimento	16
Figura 5. Proceso de Selección del Método de Estabilización más Adecuado Nota.....	31
Figura 6. Flujograma del proceso de estabilización de un suelo	32
Figura 7. Representación diagramática de la teoría de cementación.....	36
Figura 8. Fases del Proceso de Estabilización de Suelos con Cemento	37
Figura 9. Curva granulométrica típica del material ensayado	42
Figura 10. Recta típica para obtener el límite líquido del material ensayado	42
Figura 11. Parábola típica de relación humedad-densidad seca	45
Figura 12. Curvas penetración vs carga para 56,25 y 12 golpes del material	46
Figura 13. Curvas típicas de relación CBR-densidad seca.....	47
Figura 14. curva granulométrica de la cantera	49
Figura 15. Diagrama de Fluidez de la cantera	50
Figura 16. Límite líquido de la base granular estabilizada con cemento	52
Figura 17. Curva de Compactación de la base granular estabilizada con cemento.....	53



RESUMEN

En la construcción de pavimentos, la cimentación granular es un estrato al que se le da una importancia significativa. Sin embargo, se requiere estabilizarlo en caso de que no reúna las condiciones apropiadas para el fin que fue diseñado. La finalidad de este proyecto fue analizar el efecto que tendría la adición de cemento portland a las bases granulares con el propósito de estabilizar pavimentos en la provincia de San Román, sobre las cualidades mecánicas de las bases asfálticas. La investigación se llevó a cabo en el laboratorio con muestras obtenidas de la cantera Taparachi. Estas muestras tenían cantidades variables de cemento medidas en función de la masa de la superficie. El cemento se incorporó en las dosis de 0%, 3%, 5% y 7% respectivamente. Se descubrió que el suelo natural satisface los criterios de gradación B, a pesar de contar con un IP superior al límite habitual del 4%. Además, el CBR no satisface las normas necesarias cuando está al 100% del MDS, que es del 75,72%. Por otra parte, cuando se usa cemento para controlar la superficie, el índice de plasticidad disminuye, pero la densidad seca límite y el contenido de humedad del suelo se incrementan.

De acuerdo con los resultados de la investigación, la base granular, tras ser estabilizada con un 7% de cemento, es capaz de satisfacer los estándares para vías de primera y segunda clase, es decir, vías con un CBR superior al 100% (108,02% y 108,02% respectivamente). Del mismo modo, las mezclas compuestas por un 3% y un 5% de cemento son capaces de cumplir los criterios mecánicos para su utilización en vías de tercera clase mediante un CBR superior al 80%. A pesar de ello, el índice de plasticidad (4,75%) sigue siendo superior al límite superior del 4%, incluso si sólo se utiliza un 3% de cemento con la mezcla.

Palabras clave: estabilización, cemento, bases, índice de plasticidad, CBR.



ABSTRACT

In pavement construction, the granular foundation is a stratum that is given significant importance. Nevertheless, it is required to stabilize it in the event that it does not fulfill the appropriate conditions for the purpose that it is designed for. The purpose of this research was to investigate the effect that adding portland cement to granular bases for the purpose of stabilizing pavements in the province of San Roman would have on the mechanical properties of the asphalt bases. Research was carried out in the laboratory on samples obtained from the Taparachi quarry. These samples had varying amounts of cement measured in terms of the weight of the soil. Cement was incorporated in the doses at 0%, 3%, 5%, and 7% respectively. It was discovered that the natural soil satisfies the criteria for gradation B, despite the fact that it has a higher plasticity index than the usual limit of 4%. Additionally, does not satisfy the needed standards when it is at 100% of MDS, which is 75.72 percent. On the other hand, when cement is used to stabilize the soil, the plasticity index decreases, but the maximum dry density and the moisture content of the soil increase.

According to the findings of the research, the granular basis, after being stabilized with 7% cement, is capable of satisfying the standards for first and second class roads, that is, roads with a CBR that is more than 100% (108.02% and 108.02% respectively). In a similar vein, mixes that comprise 3% and 5% cement are able to fulfill the mechanical criteria for usage in third-class roads via the use of a CBR that is larger than 80%. Despite this, the plasticity index (4.75%) is still higher than the upper limit of 4%, even if just 3% cement is used with the mixture.

Keywords: cement, stabilization, bases, plasticity index, CBR.



INTRODUCCIÓN

En Perú, la protección, el mantenimiento y la optimización de las carreteras desempeñan un papel crucial en la elaboración de proyectos de infraestructura. Esta actividad tiene un profundo impacto en las condiciones de vida del sector urbano y rural. No sólo proporciona oportunidades de empleo, sino que también potencia el turismo en distintas partes del país. Además, permite a las comunidades transportar sus productos de manera más eficiente y acceder a instituciones educativas y universidades. Por consiguiente, invertir en obras de vías es una opción prometedora para el desarrollo futuro de los individuos y de la nación en su conjunto. Acorde a las estadísticas del MTC hasta 2019, nuestro país tiene el 17,03% de su territorio cubierto por carreteras pavimentadas y el 82,97% cubierto por carreteras sin pavimentar. Esto indica que hay una mayor proporción de carreteras que necesitan mejoras y construcción, lo que afecta a las comunidades situadas dentro de las fronteras de nuestro país. Debido a esta proporción, el MTC nos ha proporcionado esta información. Nuestro análisis se centra en la situación de nuestra soberanía hoy por hoy, que afecta a diversos sectores, como el turismo, la economía, la educación y la circulación de productos. Evaluamos opciones alternativas para mejorar la calidad de las carreteras sin asfaltar que unen las ciudades con el fin de abordar las desigualdades actuales y potenciar la accesibilidad a diversas zonas a nivel nacional, regional y rural. Esto con el fin de mejorar la accesibilidad a diversas zonas. En el departamento de La Libertad, existen vías de entrada a algunas regiones que se encuentran sin asfaltar o destruidas como consecuencia de catástrofes naturales. Esto afecta negativamente a la población local, ya que estas carreteras son la única vía por la que pueden trasladar sus mercancías. La influencia de la naturaleza juega un papel importante en este escenario, especialmente en ciertas regiones de la Sierra Liberteña donde hay una necesidad recurrente de construcción de carreteras. Cemento, cal, emulsión asfáltica, cloruro cálcico, cloruro magnésico o cloruro sódico con sales y productos químicos son



algunas de las opciones que se pueden utilizar para estabilizar el suelo en estos lugares. Otras opciones incluyen el uso de todas estas sustancias. No obstante, es esencial confirmarse que estos elementos se acomodan a las normas definidas por el MTC. Estos materiales se ofrecen como remedio para alargar la vida útil de las vías sin pavimentar y optimizar la calidad del servicio que prestan al público. Además, constituyen una alternativa tecnológica, económica y medioambiental viable. La utilización de estos insumos para el control de suelos se basa en los atributos específicos de cada proyecto, en particular su posición geográfica y el tipo de suelo predominante. La información pertinente se incluye en el capítulo III del documento de normas técnicas completas EG-2013.

La investigación abarca los siguientes capítulos:

El primer capítulo ofrece una descripción de la definición del problema, las razones que lo justifican y las metas que se pretenden lograr.

El segundo capítulo profundiza en los fundamentos teóricos, el marco conceptual y las definiciones de términos.

El capítulo III abarca varios aspectos de la investigación, como las metodologías, los tipos, los niveles y los diseños. También trata de la población y la muestra, los procedimientos y equipos de recogida de datos, las estrategias de tratamiento de la información y el análisis de la información.

El Capítulo IV contiene un examen en profundidad e interpretación de los datos, junto con una discusión de los datos obtenidos, recomendaciones y conclusiones.



CAPITULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACION

1.1 Descripción de la situación de problemática

La cimentación granular, que se compone de elementos naturales como grava, arena y arcilla, es la capa más gruesa entre las diversas capas. No obstante, si el material no posee las cualidades deseadas para el uso previsto, puede hacerse estable mediante la incorporación de agregados químicos como la CaO o el cemento Portland. Un pavimento de vía se forma de muchas capas, cada una con funciones específicas para asegurar la eficacia a largo plazo de la capa de rodadura.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones de Perú, como se indica en el “Manual de carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para la Ejecución”, establece las normas técnicas de calidad del material de cantera usado como subbase y base granular de las vías. Esto se hace para verificar que las carreteras puedan soportar el tráfico.

El estado del suelo en una obra es un factor crucial para garantizar un soporte suficiente para un determinado proyecto. Cuando se trata de una carretera, es crucial examinar la calidad del suelo existente. El objetivo es construir una subrasante que sea duradera y resistente frente a las fuerzas ejercidas por el tránsito y las situaciones ambientales adversas. Teniendo en cuenta la interdependencia entre el rendimiento de una estructura de pavimento y el rendimiento de la subrasante, es esencial tener esto en cuenta. Para mitigar futuros problemas, es necesario mejorar los suelos de la subrasante de una



carretera debido a su inadecuada calidad. En consecuencia, existen dos opciones principales para optimizar la calidad de la superficie: la primera es extraer y sustituir el suelo por una capa de superficie de calidad superior, y la segunda es estabilizar el suelo existente incluyendo adiciones químicas. Ambas opciones son alternativas viables. La viabilidad de cualquier opción dependerá de su aplicabilidad y rentabilidad.

En última instancia, es crucial realizar un examen exhaustivo de las ventajas técnicas del uso de hormigón para el control de la superficie. Esto nos permitirá utilizar este método en nuestro entorno y, en consecuencia, optimizar las cualidades mecano-físicas de las superficies de baja calidad.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 *Pregunta general*

¿Cuál será la influencia de la adición del cemento portland en las propiedades mecánicas de bases granulares para su estabilización en pavimentos de la Provincia de San Román?

1.2.2 *Preguntas específicas*

- ¿Cuál será las propiedades físicas y mecánicas del material de la cantera?
- ¿Cuál es la proporción optima de la base granular con cemento portland para mejorar las propiedades mecánicas de la cantera?
- ¿Como será diferentes proporciones adecuadas para las bases granulares con la aplicación del cemento portland?

1.3 Justificación de la investigación

Esta investigación tiene como meta evaluar la eficacia de la utilización de CaO y hormigón Portland para controlar bases granulares con la finalidad de optimizar las propiedades mecano-físicas de la superficie de cantera. El objetivo final es utilizar este suelo mejorado para la construcción de carreteras, de acuerdo con las especificaciones descritas en las “EG para la Construcción de Carreteras” EG-2013.



1.3.1 Justificación práctica

El estado del suelo de cimentación es crucial para la ejecución de cualquier infraestructura civil. En el caso de las vías, éstas se construyen sobre diversos tipos de suelo, que varían en distancia y tamaño. Es necesario realizar un estudio completo de la superficie para determinar el modelo de la vía y prevenir posibles fallos que podrían provocar retrasos y pérdidas económicas tanto en la fase de construcción como en la posterior. Es crucial identificar a tiempo los posibles suelos problemáticos a lo largo del trazado de la carretera.

1.3.2 Justificación ambiental

La meta de esta investigación fue mejorar el conocimiento actual de los profesionales de la Ingeniería Civil sobre la utilización del control con cemento portland y emulsión de asfalto. Desde una perspectiva medioambiental, esta investigación se centra en la conservación ambiental. El elemento base de este estudio se retirará de la zona sin causar daños al entorno ambiental.

1.3.3 Justificación social

El estudio se realizó para abordar el requerimiento de difundir planes de mejora de las redes viarias en la sociedad, con el objetivo de optimizar las carreteras de comunicación y facilitar el acceso a zonas aisladas. Esto, a su vez, redundaría en futuros avances en educación, sanidad y perspectivas de empleo.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Analizar la influencia de la adición del cemento portland en las propiedades mecánicas de bases granulares para su estabilización en pavimentos de la Provincia de San Román.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar las propiedades físicas y mecánicas del material de la cantera



- Determinar la proporción óptima de la base granular con cemento portland para mejorar las propiedades mecánicas de la cantera
- Analizar las diferentes proporciones adecuadas para las bases granulares con la aplicación del cemento portland

1.5 Hipótesis

1.5.1 *Hipótesis general*

La estabilización de bases granulares con cemento portland mejora las propiedades físicas y mecánicas del suelo de cantera, según los requerimientos de las, EG-2013

1.5.2 *Hipótesis específicas*

- Las propiedades físicas y mecánicas del suelo mejoran con la estabilización de bases granulares con cemento portland
- La proporción óptima de la aplicación del cemento portland con los materiales de cantera mejora el diseño de una base granular
- La aplicación del cemento portland ciertos porcentajes mejora las propiedades mecánicas de una base granular

1.6 Variables e indicadores

✓ Variable independiente

Control con cemento portland

a. Indicadores

- Dosificación cemento-suelo

✓ Variable dependiente

Cualidades mecánicas de bases granulares

b. Indicadores

- Contenido de humedad
- CBR
- Máxima densidad seca



1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de variables

Variables	Definición	Dimensión	Indicador
Variable independiente: Estabilización con cemento portland	<p>En este estudio, el cemento se utiliza como aditivo estabilizador. El cemento es un tipo de estabilizante químico que actúa como aglutinante y se endurece al entrar en contacto con el agua. Esta reacción es beneficiosa para estabilizar el suelo.</p> <p>Debido a sus propiedades aglutinantes y a su capacidad para solidificarse al entrar en contacto con el agua, esta reacción resulta eficaz para estabilizar el suelo.</p>	3%, 5% y 7%	Dosificación (kg)
Variable dependiente: Propiedades mecánicas de bases granulares	Trituración, arena y otras partículas muy pequeñas son los componentes que forman este material granulado y arenoso.	Cualidades mecánicas de bases granulares	Contenido de humedad CBR Límite densidad seca



CAPITULO II

MARCO TEORICO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

El proyecto de investigación de máster titulada “Performance of Red Soil Stabilized with Gravel and Lime in Construction of Low-Volume Roads in Nyeri County, Kenya” (Rendimiento de la tierra roja estabilizada con grava y CaO en la ejecución de carreteras de poco volumen en el condado de Nyeri, Kenia), Godfrey (2021) trató de mejorar la estabilidad de la tierra roja utilizando grava y cal hidratada. El objetivo de esta tesis era elaborar un insumo rentable y respetuoso ambientalmente para la ejecución de carreteras de bajo volumen en el condado de Nyeri, Kenia. Como parte del análisis descriptivo causal básica, llevó a cabo pruebas físicas y mecánicas en la superficie controlada. Los resultados indicaron que la superficie roja estaba clasificada como limo de alta plasticidad (A-7-5) y tenía un IP del 30,1%. Sin embargo, con la introducción de cal, el IP se redujo al 23,5%. Además, el CBR tuvo un crecimiento significativo del 121,7%. En consecuencia, dedujo que las combinaciones de suelo, grava y CaO son apropiadas para su uso en vías pavimentadas esto por su elevado Índice de Comportamiento de California (CBR) del 80%.

El proyecto de investigación de máster titulada “Geotechnical Properties of Lateritic Soil Stabilized with Bone Ash and Hydrated Lime for Road Construction Applications”,



Etekume (2020) se propuso hallar las cualidades geotécnicas de superficies lateríticas nigerianas obtenidos en Galadiwana, en Abuja (Nigeria). Los suelos fueron controlados con porcentajes variables de ceniza hueca (5%, 10% y 15%) y cal hidratada (2%, 4% y 6%) para la ejecución de vías. El análisis empleó métodos descriptivos causales simples y realizó ensayos físicos y mecánicos. Los resultados revelaron que el suelo tenía una composición limosa de alta plasticidad, con índices de plasticidad de 19,88, 19,53, 19,02 y 17,21 cuando se mezclaba con 0%, 2%, 4% y 6% de cal, respectivamente. Además, los valores de California Bearing Ratio (CBR) fueron 5,53%, 31,40%, 37,00% y 38,15% para los porcentajes de cal correspondientes. En última instancia, descubrió que el aumento de la cantidad de CaO hidratada en la superficie dio lugar a un mayor valor de CBR para la materia orgánica.

En un estudio realizado por Sánchez (2014), se investigó la efectividad de la CaO y el hormigón en el control de superficies expansivas en el sector Calcical del cantón Tosagua, situado en la provincia de Manabí en Ecuador. El experimento se centró en arcillas que presentaban una fuerte plasticidad, y se utilizaron estabilizantes compuestos por 7% y 9% de cemento. Como consecuencia, el índice de plasticidad disminuyó en 11,5 y 36% por cada unidad de aumento en el porcentaje de cemento.

2.1.2 Antecedentes nacionales

En su tesis titulada «Estabilización de Base Granular con Aceite Sulfonado y Cemento Portland Tipo I», Barreto y Toco (2021) tuvieron como objetivo estabilizar la base granular del camino vecinal denominado «Huasahuasi - Hacienda Calla», que se ubica entre Tarma y Junín, a una distancia de los kilómetros tres mil y cuatro mil. Mediante la utilización de cemento Portland tipo I y aceite sulfonado, lograron cumplir su objetivo. Durante el transcurso de la evaluación experimental, se realizaron diferentes pruebas físicas y mecánicas con el fin de determinar el impacto que el cemento Portland tipo I y el aceite sulfonado tenían sobre la base granular. Esto se hizo con el fin de satisfacer los requisitos



CBR que se señalaron en EG-2013. Mediante el uso de una dosis de 0,30 litros de aceite sulfonado y 0,73 sacos de cemento por metro cúbico, fueron capaces de mejorar eficazmente el CBR del 95% al 103% en comparación con la concentración del 95% de MDS. Además, los gastos se redujeron de 125.24 soles por m³ (usando el enfoque anterior) a 87.51 soles por m³ (para la vía controlada).

MARÍN, K. J. y CIEZA, R. A. presentaron una tesis en el año 2020. El título de la tesis fue «Comportamiento mecánico de suelos dispersos tropicales estabilizados con cemento Portland en la Zona Urbana del Distrito de Pilluana, Provincia de Picota y Región San Martín - 2020». La Universidad Científica del Perú fue la receptora de la presentación de la tesis. Los expertos afirman que el clima cambiante de la región es un problema, ya que desencadena la activación de suelos dispersivos, lo que posteriormente da lugar a la erosión. La erosión puede provocar la formación de grietas, fracturas o incluso el fallo estructural de cualquier edificio construido sobre este tipo de suelo especialmente problemático. Este proyecto tuvo como meta examinar las cualidades mecánicas de las superficies dispersas estabilizadas con hormigón portland en el área urbana del distrito 16 de Pilluana, situado en la provincia de Picota y la región de San Martín. El método fue creado en base a un enfoque cuantitativo usando un modelo experimental - cuasi-experimental. El alcance del estudio fue exploratorio, y la muestra consistió en seis fosas que fueron estudiadas. La clase de muestreo utilizado fue inferencial no probabilístico. Los datos obtenidos indican que las dosis de hormigón previstas del 4%, 8% y 12% tuvieron un impacto en lo siguiente: el (IP) se redujo a medida que aumentó el porcentaje de hormigón, las propiedades de compactación mejoraron, la Densidad Seca Máxima (DMS) aumentó con mayores porcentajes de cemento, y el Contenido Óptimo de Cemento (CCO) disminuyó. Además, el valor de CBR se elevará, convirtiendo así la superficie en una opción adecuada para el desarrollo en la región estabilizada. La inferencia que se puede hacer es que el cemento tiene la capacidad de solidificar los suelos inestables en la región



urbana del distrito de Pilluana, conduciendo a un aumento del MDS (tamaño medio del diámetro) y a una reducción del OCH (contenido de carbono orgánico). El (CBR) con un nivel de confianza del 95% mejora hasta el 7,7% con un contenido de cemento del 2%, aumenta hasta el 17,7% con un contenido de cemento del 4%, y sigue aumentando hasta el 25,7% con un contenido de cemento del 8%, en comparación con el CBR natural que medía inicialmente un 4,1%. Una dosis del 4% es necesaria para obtener una subrasante de calidad satisfactoria. Esta dosis se considera la ideal para este tipo específico de suelo con estas particularidades.

El objetivo del proyecto de investigación que realizaron Guevara y Salazar (2021) fue comparar los aspectos técnicos y económicos del uso de una base granular controlada con cemento Portland y emulsión asfáltica para la construcción de carreteras. El proyecto se tituló «Comparación técnica y económica de una base granular estabilizada con cemento Portland tipo I y emulsión asfáltica para la carretera de bajo volumen de tránsito de la ruta LI-113, distrito de Charat, Usquil, Huaranchal, Otuzco, La Libertad». En diversos momentos de la investigación experimental se evaluaron pruebas mecánicas y físicas. En comparación con el uso de emulsión asfáltica, la utilización de cemento para el tratamiento de una base granular arroja mayores características técnicas a un precio más rentable. Así lo demuestran los datos recogidos en las investigaciones.

López y Palacios realizaron un proyecto de investigación en 2021 que se tituló «Comparación técnica y económica de la estabilización mecánica y química de la base del pavimento de la ruta MO-102, del km 40+667 al km 47+185, en la provincia de Mariscal Nieto, Departamento de Moquegua, Perú». El objetivo de este proyecto fue comparar los aspectos técnicos y económicos del control de la base de la ruta MO-102. La superficie granular que fue adquirida de la cantera ubicada en el km 41+160 fue utilizada para el propósito del control mecánico en la investigación experimental. El control químico también se llevó a cabo mediante el uso de hormigón Portland tipo I y superficie orgánica



derivada de la cantera situada en el km 67+280. Ambas soluciones resultaron técnicamente posibles, según sus conclusiones. En comparación, el costo de la estabilización química fue de S/ 794,736.77 para los siete kilómetros, mientras que el costo de la estabilización mecánica fue de S/ 891,552.04 para los siete kilómetros. El resultado fue que llegaron a la conclusión de que la gestión con hormigón del suelo es una alternativa más rentable.

2.1.3 Antecedentes locales

En el proyecto de estudio que se tituló «Diseño de base granular suelo-cemento utilizando agregados de la Cantera Cáceres para la carretera Juliaca - Caminaca 2021», se afirmó que Paricanaza y Roque (2021) pretendían construir la base granular mezclando la superficie de la cantera Cáceres con concreto. En la investigación experimental se utilizaron dosis de cemento que oscilaron entre 0,5% y 4,5% para optimizar la superficie obtenido de la cantera Cáceres. Se llegó a la conclusión de que la cantidad más eficaz de cemento es el 2,4%, lo que resulta en un CBR del 95% y un MDS del 50,90% y 95,80% de forma respectiva, cumpliendo los criterios del MTC. Las dosis adicionales de cemento utilizadas fueron 3,5% y 4,5%.

Yana 2021 presentó sus resultados en su tesis titulada “Efectos del uso de cemento en la estabilización de suelos dispersivos de la carretera de desvío Desaguadero - Kelluyo, Puno 2021”. La detección temprana y el tratamiento de las arcillas dispersivas son cruciales para evitar futuros problemas estructurales. La razón de esto es porque las arcillas dispersivas son susceptibles a la erosión de adentro, lo que puede proporcionar desafíos significativos en proyectos geotécnicos. Esta aplicación evaluó principalmente el uso de hormigón como agregado para controlar una superficie altamente dispersivo hallado en el Prog. 16+500 de la variante Desaguadero - Kelluyo en Puno. Durante el procedimiento, se tuvo en cuenta la incorporación de cemento en concentraciones del 2%, 4%, 6% y 8% para la remediación del suelo extremadamente dispersivo. En consecuencia, se produjo un notable aumento de la disposición portante (CBR), la f_c uniaxial (CNC) y la densidad seca



máxima (MDS). Además, se observó una reducción relevante de la dispersividad, del contenido óptimo de humedad (OMC) y de las limitaciones de consistencia. Este comportamiento se observó en relación con el LL y el LP, y se halló que era muy ventajoso. El espécimen tratado con 6% de hormigón demostró ser la concentración óptima de hormigón para esta superficie extremadamente dispersivo. El estudio utilizó una técnica cuantitativa y un modelo de investigación experimental. Se usó la evaluación estadística inferencial-paramétrico para validar la hipótesis. La muestra estándar tratada con un 6% de cemento fue clasificada inicialmente como una superficie altamente dispersiva (D1) y Grado 4 (altamente dispersiva) por el modelo de ensayo Crumb. Sin embargo, tras realizar el método de ensayo Pinhole, se reclasificó como suelo no dispersivo (ND1) y Grado 1 (no dispersivo). La disposición portante de la superficie (CBR) aumentó en un factor de 17 para el espécimen tratado con un 6% de cemento, en comparación con el espécimen no tratado. La f_c uniaxial (CNC) del espécimen tratado con 6% de hormigón se multiplicó por cuatro en contraste con el espécimen no tratado. Este aumento se observó después de un período de curado de seis días y de sumergir el espécimen en agua durante 1 día. El análisis de la muestra tratada se realizó en condiciones más estrictas que la instancia del CBR. Por último, se demostró que la utilización de hormigón en el espécimen estabiliza efectivamente las superficies dispersivas de la ruta de desvío Desaguadero - Kelluyo en Puno.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Pavimentos

La construcción consta de muchas capas dispuestas horizontalmente y superpuestas. Estas capas se crean utilizando materiales que no sólo son apropiados, sino también adecuadamente compactados. Estas estructuras escalonadas deben contar con la resistencia correcta para aguantar las repetidas presiones del tráfico que experimentan durante la vida útil del pavimento (Quintana, 2018). Estas edificaciones se construyen sobre la subrasante de una calzada que se forma por el desplazamiento del suelo durante el proceso de

exploración. El término utilizado para describir la capa o conjunto de capas entre la subrasante y la superficie de rodamiento de una obra vial, que sirve para brindar un suelo consistente y duradera que pueda soportar el tráfico vehicular, la intemperie de los elementos naturales y otras Notas potenciales de daño, se conoce como pavimento. La función principal del pavimento es transmitir eficazmente las tensiones a la subrasante sin causar ninguna deformación que perjudique a la estructura subyacente. (Lomparte et al, 2019).

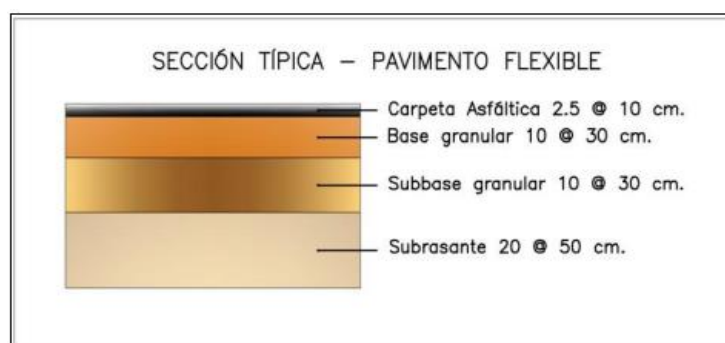
2.2.2 Tipos de pavimentos

2.2.2.1 Pavimentos flexibles.

Un pavimento flexible es aquel que está conformado por una capa asfáltica o ligante, que se considera una combinación de áridos gruesos o finos (triturados y desmenuzados) con elemento bituminoso. Esta mezcla se conoce como capa asfáltica o ligante. Como resultado de este proceso se crea una combinación que es a la vez compacta y plástica. Este tipo de pavimento se utiliza a menudo en regiones con un alto volumen de tránsito.

Figura 1.

Sección típica del pavimento flexible



Nota: Adaptado del Manual de Carreteras “Suelos, Geología

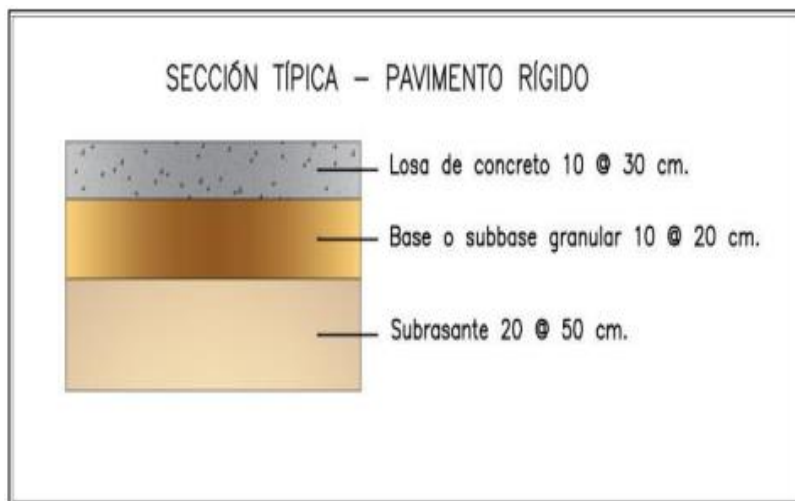
En sentido general, estos sistemas se organizan en orden que decrece en función de su disposición de peso, siendo la capa más alta la de mayor disposición. Además, estas construcciones constan de una capa de rodadura de asfalto, una base, una subbase y una subrasante.

2.2.2.2 Pavimentos rígidos.

Un pavimento rígido consta en una losa de hormigón, que puede ser lisa o armada. Esta losa se coloca directamente sobre una cimentación o subbase de elemento granular. La losa tiene la capacidad de absorber una cantidad sustancial de las tensiones que se transmiten inmediatamente a la estructura del pavimento por el movimiento de los vehículos. Esto permite a la losa distribuir uniformemente el peso de las ruedas y generar poca tensión en el suelo subyacente. Esto es posible gracias a la mayor rigidez del hormigón.

Figura 2

Sección típica del pavimento rígido



Nota: Adaptado del Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

2.2.2.3 Pavimentos semirrígidos.

Un pavimento semirrígido puede definirse como un tipo de pavimento que presenta características tanto rígidas como flexibles. Normalmente, las capas rígidas se sitúan en la parte inferior de la estructura, mientras que las capas flexibles se sitúan en la parte superior del sistema. Un pavimento semirrígido es un compuesto de los dos tipos de pavimentos anteriores. La organización de energías de cualquier sistema varía en función de los niveles que la componen. Aunque los edificios rígidos ofrecen un rendimiento superior, cabe señalar que sus costes de construcción superan a los de las estructuras flexibles.

Las tensiones resultantes del peso de los neumáticos de los automóviles (cargas puntuales) se distribuyen uniformemente por toda la estructura, como puede verse en la Figura 3, situada a continuación.

Figura 3

Diagrama de esfuerzos en pavimentos



Nota: Adaptado del Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimento

2.2.3 Capas del pavimento

2.2.3.1 Subrasante.

Además, los cimientos del pavimento están formados por la superficie de apoyo que se encuentra ligeramente por debajo del pavimento. Existe la posibilidad de que el rendimiento del pavimento se vea afectado por la resistencia del suelo de apoyo. Según Payne (2017), las funciones principales de la capa de subrasante son aceptar y sostener los pesos de tráfico que soporta el pavimento, así como transferir estas cargas al terraplén de manera adecuada. La capa superior del terraplén, una vez completada de acuerdo con las especificaciones del proyecto, sirve de base para la construcción del firme. Esta capa consiste normalmente en una subbase, una base y una capa superior de hormigón o asfalto. Este material puede existir en forma de gránulos o piezas sólidas, como adoquines u otras capas compuestas de pequeñas partículas. Puede ser elegido o compactado, y puede obtenerse mediante procesos de cantera y extracción. (Lomparte et al, 2019).

2.2.3.2 Subbase.

La subrasante se cubre con una capa adicional de un material estructural, que se elige específicamente y tiene un grosor determinado por los requisitos de diseño. Los componentes individuales de esta capa presentan un nivel sustancial de variación de tamaño. La utilización de una capa de subbase mejora la disposición de carga de la superficie, lo que conlleva una disminución del espesor necesario de la capa de base. Los cambios en la magnitud de la elasticidad y la plasticidad son casos de anomalías o deficiencias que pueden existir en la cimentación. El objetivo de esta capa es corregir estos problemas para evitar que afecten a los componentes subyacentes. Además, debe servir como medio para facilitar la evacuación del agua del pavimento, evitando así la infiltración de agua en el pavimento y el desplazamiento de las partículas bajo el mismo. La construcción de esta capa regula eficazmente el ascenso capilar del agua procedente de las capas freáticas cerca de él u otras Notas, reduciendo así el hinchamiento del pavimento que puede producirse en lugares con heladas, por ejemplo. (Lomparte et al, 2019).

2.2.3.3 Base.

Capa de elemento estructural que se sitúa en la subbase o en el nivel de la subrasante, dependiendo de si el material de la subbase está presente o no. El espesor de esta capa viene dictado por el diseño. Una de las funciones de esta capa es absorber y organizar las energías inducidas por los pesos de vehículos a la subbase y al suelo de cimentación de manera equitativa. El material de relleno debe tener una gran resistencia a los cambios de T° y humedad, y no debe experimentar fluctuaciones de volumen que puedan influir negativamente en la integridad estructural del firme. Dado que una cantidad excesiva de finos puede obstruir los poros de los cimientos y reducir significativamente su permeabilidad, el porcentaje de finos debe limitarse para garantizar un drenaje eficaz. (Lomparte et al, 2019).

2.2.3.4 Capa del pavimento.

Puede ser semirrígido, rígido o flexible.

Figura 4

Sección típica de las capas de un pavimento



2.2.4 Subbase granular

Son componentes que tienen la función especial de distribuir uniformemente el peso del tráfico que circula sobre el pavimento. Para lograr este objetivo, es necesario construir subbases que posean los atributos necesarios de resistencia interna. La organización de las subbases está determinada por la clase de ejecución del pavimento, siendo las siguientes categorías las que se emplean mayoritariamente: (Rodríguez et al., 2006) es la Nota que se está citando.

Mientras que la capa de cimentación se compone de materiales naturales triturados, la capa de subbase se compone de materiales naturales triturados y tiene diversas propiedades. Dado que los criterios para la capa de subbase son menos estrictos, estas variaciones incluyen la plasticidad, la gradación y la capacidad portante. También hay diferencias en la capa de subbase. (Olaya et al, 2020).

Tabla 2*Categorización de subbases acorde a la clase de pavimento*

Subbase para pavimento flexible	Subbase para pavimento rígido
<p>El término "subbase" se refiere a la capa de materiales específicamente elegidos que se coloca entre la base y la subrasante.</p> <ul style="list-style-type: none">- Transferir eficazmente las presiones del tráfico que experimenta la base a la subrasante.- Proporcionar una capa de transición que separe los elementos finos de la subrasante de los materiales gruesos de la base, evitando cualquier contaminación o mezcla entre ellos.- Mitigar los impactos adversos de las fluctuaciones volumétricas de la subrasante.- Ayudar en la eliminación del agua del edificio	<p>Capa situada entre la losa de hormigón hidráulico y el subsuelo.</p> <ul style="list-style-type: none">- Losa de hormigón y el suelo subyacente.- Prevenir la aparición de fenómenos de bombeo, que es el movimiento gradual de pequeñas partículas mezcladas con agua a través de las juntas de las losas.- Proporcionar un soporte consistente y uniforme para las losas.- Proporcionar un sustrato adecuado para el movimiento de los equipos de construcción.- Para mitigar los impactos adversos de las fluctuaciones volumétricas en la subrasante.

Nota: (Rodríguez et al, 2006).

2.2.5 Base granular

Los criterios de calidad que se establecen en la sección 403 del Manual de Carreteras EG-2013 deben asegurar que los agregados de la capa base cumplan con ellos. Además de esto, se requiere que cumplan con los requisitos que el MTC (2014) ha establecido para el CBR, la construcción, el control de calidad y los componentes del equipo.

2.2.6 Suelos

Partículas sedimentarias formadas por el proceso de meteorización mecánica o química de rocas preexistentes. La descomposición de las rocas da lugar a la creación de sedimentos, que consisten en partículas no sólidas y depósitos de moléculas sólidas. La corteza terrestre contiene capas de elemento que se han desarrollado a través de la meteorización químico-física de las rocas, así como de la alteración de éstas y la



acumulación de restos dejados por insumos que se han asentado allí de forma permanente.

(Palli, 2015, p. 26).

2.2.7 Organización del suelo

2.2.7.1 Sistema de clasificación AASHTO

La AASHTO, en su designación M 145 – 91, esboza un método para clasificar el suelo en siete categorías. Esta clasificación se basa en factores como la distribución granulométrica, el LL y el IP. Este proceso pretende agilizar la construcción de carreteras. El análisis de la superficie dentro de cada grupo se lleva a cabo a través del “índice de grupo”, que es un número obtenido a partir de una fórmula empírica. Para evaluar la excelencia comparativa del material del suelo por su idoneidad en construcciones de movimiento de tierras como terraplenes, subrasantes, subbases y bases, es necesario utilizar el grupo de organización, que engloba el índice de grupo.

Al examinar el IG, es fundamental tener en cuenta varios factores significativos:

- El primer componente de la fórmula, denominado $F - 35 [0,2 * 0,005(LL - 40)]$, indica el índice de grupo parcial que viene hallado por el LL.
- El segundo término, denominado índice de grupo parcial, se calcula a partir del IP. El valor es igual a 0,01 veces el producto de F, 15 veces IP y 10. Es aconsejable utilizar este término sólo cuando se determina el IG de los suelos clasificados en los subgrupos A-2-6 y A-2-7.
- Sin tener en cuenta la capacidad del material para cambiar de forma, el porcentaje mínimo aceptable que se requiere para atravesar el tamiz de 75 μm (n.º 200) es 35. No obstante, si el IP es $>$ a 10, la proporción se reduce a 15.
- Si el límite líquido es igual o superior a cuarenta, se considera severo.
- Un IP igual o superior a 10 es ampliamente reconocido como el umbral para ser considerado crítico.



- Si el IG hallado es -, debe indicarse como 0.
- Para superficies no plásticas, cuando no se puede determinar el límite líquido, se aconseja considerar el IG como cero.
- Se aconseja proporcionar el IG como el número entero más cercano.
- No existe un límite máximo para el valor del IG que puede obtenerse utilizando la fórmula. Los valores críticos aceptados para el porcentaje de materiales que atraviesan el tamiz de 75 μm (n.º 200), el LL y el IP se determinan analizando los elementos de la subrasante, la subbase y la capa de base. Este análisis lo llevan a cabo diversas organizaciones de vías utilizando los ensayos incluidos en este esquema de organización.
- En circunstancias típicas de drenaje adecuado y consolidación completa, se puede esperar que el valor portante de un material de subrasante tenga una relación inversa con el IG. Una subrasante con un IG de 0 se clasifica como “buen elemento”, mientras que una subrasante con un IG de 20 o más se clasifica como “material muy pobre”. La siguiente tabla presenta las clasificaciones de suelo subrasante desarrolladas por el MTC (2014). La categorización se decide en función del valor numérico del índice de grupo:

a) Descripción de los grupos de clasificación AASHTO

La designación AASHTO M 145 - 91 define las categorías de categorización de suelos reconocidas por la AASHTO.

Un material granular se define como una sustancia que contiene un 35 por ciento o menos de partículas que pueden pasar por un tamiz con una dimensión de malla de 75 μm (n.º 200).

El grupo A - 1 consta en una combinación correctamente graduada de trozos de roca o grava, arena fina, arena gruesa y elemento aglomerante no plástico o ligeramente plástico. No obstante, esta categoría también incluye trozos de roca,



grava, arena gruesa, ceniza volcánica y otros materiales similares que carecen de cualquier tipo de sustancia aglutinante.

Subgrupo A - 1 - a se refiere a elementos que constan principalmente en trozos de roca o grava bien graduados, que pueden o no incluir un aglutinante de partículas finas.

El subgrupo A - 1 - b se refiere a elementos que constan principalmente en arena gruesa bien graduada, con o sin aglutinante.

El grupo A está formado por elementos que constan principalmente en arena fina de playa o de desierto, sin ningún tipo de limo o arcilla fina, o con sólo una pequeña proporción de limo no plástico. Esta categoría añade además combinaciones de arena fina inadecuadamente clasificada y cantidades limitadas de arena gruesa y grava.

El grupo A - 2 está formado por elementos granulares que se sitúan entre los materiales de los grupos A - 1 y A - 3, y los elementos arcillosos limosos de los grupos A - 7, A - 6, A - 5 y A - 4. Abarca todas las sustancias con una granulometría igual o inferior al 35% que pueden pasar a través de un tamiz de 75 μm (n.º 200). Estas sustancias no pueden clasificarse como A - 3 o A - 1 debido a su alto contenido en finos o plasticidad, o los dos, que superan las restricciones para dichas categorías.

Los subgrupos A - 2 - 5 y A - 2 - 4 están formados por diferentes grupos de materiales granulares que tienen un máximo del 35% de paso por el tamiz de 75 μm (n.º 200) y una fracción inferior a 4,250 cm (n.º 40) que comparten las cualidades de los grupos A - 5 y A - 4. Estos grupos comprenden elementos como grava y arena gruesa que tienen un contenido de limo o un IP que supera las restricciones del grupo A - 1. Además, comprenden arena fina con un contenido de limo no plástico que supera las restricciones del grupo A - 3.



Los subgrupos A - 2 - 7 y A - 2 - 6 consisten en materiales idénticos a los mencionados en los subgrupos A - 2 - 5 y A - 2 - 4, con la excepción de que la parte fina comprende arcilla plástica con las propiedades de los grupos A - 7 o A - 6.

Elementos de limo y arcilla: En ellos se encuentra más del 35% del material capaz de atravesar el tamiz de 75 μm (n.º 200).

El grupo A - 4 se distingue por la existencia de superficie limosa no plástica o moderadamente plástica, a menudo con una proporción del 75 por ciento o más que puede pasar a través del tamiz de 75 μm (n.º 200). Esta categoría añade combinaciones de suelo limoso fino y hasta un 64 % de arena y grava que no pueden pasar por un tamiz de 75 μm (n.º 200).

El grupo A tiene una puntuación de 5. El elemento de este grupo es parecido al descrito en el grupo A - 4, pero a menudo está compuesto de sustancias diatomeas o micáceas. Además, puede presentar una elasticidad significativa, como demuestra su alto LL.

Grupo A - 6 es la clasificación para una clase de superficie que es mayoritariamente arcilloso y tiene la capacidad de que al menos el 75% del elemento pase por un tamiz de 75 μm (nº 200). Este grupo engloba combinaciones de superficies arcillosas finas que contienen hasta un 64 por ciento de grava y arena, que quedan retenidas en el tamiz de 75 μm (n.º 200). Las fluctuaciones volumétricas de los materiales de esta categoría suelen ser sustanciales a lo largo de la transición de la fase húmeda a la seca.

El grupo A - 7 está formado por materiales parecidos a los descritos en el grupo A - 6, pero con el atributo añadido de tener un alto límite líquido, que es típico del grupo A - 5. Estos materiales también pueden presentar elasticidad y ser propensos a fluctuaciones volumétricas significativas. Estos materiales también pueden



presentar elasticidad y son propensos a fluctuaciones volumétricas significativas.

Los materiales con un índice de plasticidad modesto en relación con el límite líquido se clasifican en el subgrupo A - 7 - 5. Estos materiales poseen la capacidad de demostrar una elasticidad excepcional y también son sensibles a cambios sustanciales de volumen.

Los elementos con un elevado IP en relación con el LL y que son muy susceptibles a cambios volumétricos significativos se clasifican como subgrupo A - 7 - 6. Los suelos muy orgánicos, como la turba o el estiércol, pueden clasificarse en el subgrupo A - 8. La organización de estos elementos se basa únicamente en la inspección visual y no depende del % de moléculas que puedan pasar por el tamiz de 75 μm (n.º 200), del LL ni del IP. En general, el elemento tiene una consistencia fibrosa, una coloración marrón oscura o negra y un olor característico de la descomposición. Se compone principalmente de materia orgánica descompuesta. Los materiales orgánicos no se consideran adecuados para su uso en terraplenes y subrasantes. Además, poseen un bajo nivel de resistencia y muestran un alto grado de compresibilidad.

2.2.7.2 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

El método de categorización fue presentado por primera vez por Arthur Casagrande en el año 1942. Posteriormente, el United States Bureau of Reclamation (USBR) y el United States Army Corps of Engineers (USACE) tuvieron la oportunidad de modificar y aplicar el sistema. En la actualidad, el enfoque se utiliza en casi todos los trabajos geotécnicos. Estos son los símbolos que se utilizan en el Sistema Unificado para identificar los motivos:

La designación ASTM D 2487 - 11, también conocida como Práctica Estándar para la Organización de Suelos con Fines de Ingeniería, esboza un enfoque sistemático para categorizar los suelos en función de su composición mineral y orgánico-mineral, específicamente para aplicaciones de ingeniería. Este método se centra en evaluación de

laboratorio para determinar cualidades específicas como la dimensión de las moléculas, el LL y el IP. Está diseñado para utilizarse en circunstancias en las que es necesaria una categorización precisa.

El enfoque de categorización distingue tres categorías básicas de superficies: superficies de grano grueso, suelos de grano fino y suelos elevadamente naturales. Las categorías se muestran en la Tabla 11. Basándose en estas tres categorías, pueden identificarse un total de quince grupos primarios de superficies.

Los esquemas de organización de superficies SUCS y AASHTO, son posibles correlacionarse en relación al cuadro siguiente:

2.2.8 Cualidades físicas del suelo

La palabra utilizada es granulometría. Su objetivo es determinar la dimensión de distintas cantidades de componentes fundamentales, que se clasifican en relación de su magnitud. La resistencia de las superficies gruesas (gravas, arenas y limos no plásticas) de sistema simple viene determinada principalmente por la compacidad y la angulosidad de los granos. El estudio realizado mediante mallas no aporta ningún dato sobre estas características, pero sí ofrece una referencia para las organizaciones granulométricas. Esto garantiza que el suelo mostrará un comportamiento favorable bajo las cargas aplicadas, siempre que la distribución granulométrica se encuentre dentro de unos límites aceptables. Se necesita una cantidad significativa de grava para soportar el peso sobre el suelo, mientras que la arena es necesaria para rellenar los huecos entre la grava. Además, se necesitan finos plásticos para unir los componentes de la superficie de forma cohesiva.

2.2.8.1 Límite líquido.

Ramírez (2018) afirma que el contenido de humedad es el factor determinante para que la superficie pase del estado plástico al líquido. Por el elevado contenido de agua en el suelo, se anulan las energías de cohesión entre las moléculas, resultando el suelo fluido y carente de resistencia a las presiones.

2.2.8.2 Límite plástico.

La capacidad del suelo para pasar de un estado parcialmente sólido a otro maleable está estrechamente relacionada con la cantidad de humedad que contiene. El kilogramo también se reconoce como la unidad de peso estándar y se utiliza para otros fines, como medir la velocidad a la que las partículas se asientan en un líquido, compactar materiales arcillosos y evaluar el nivel de humedad de los suelos durante los experimentos de compactación. El peso específico es una característica que influye en cualidades como la porosidad y la relación de vacíos de las superficies. (Ramirez, 2018).

2.2.8.3 IP

La durabilidad de la superficie es la capacidad de los suelos de permanecer intactos hasta un determinado umbral de humedad, lo que indica que la flexibilidad de una superficie depende únicamente de sus componentes finos y no de sus elementos gruesos. Para determinarla se calcula la diferencia entre el LL y el LP.

$$LL - LP = IP$$

Igualitario de arena. Proporción cercana de polvo fino o elemento arcilloso en la superficie o los aditivos finos (MTC 2014, p. 37).

Tabla 3

Categoría según Equivalente de Arena

Equivalente de arena	Cualidades
$40 < EA$	Superficie no plástica. Es arena
$20 < EA < 40$	Superficie poco plástica, no heladizo.
$20 > EA$	Superficie plástica y arcillosa.

Nota: (MTC, 2014).

2.2.8.4 Contenido de Humedad.

medida del porcentaje de agua presente en la matriz de la superficie en su estado orgánico. (Ramirez, 2018).

2.2.9 Cualidades mecánicas de la superficie

2.2.9.1 Aguante al desgaste (Abrasión los ángeles).

Es una cuantificación de la degradación de aditivos minerales con tamaños especificados que ocurre debido a una mezcla de eventos, como abrasión, impacto y aplastamiento. Estos sucesos ocurren dentro de un tambor de acero giratorio que incluye un número determinado de esferas de acero. (MTC, 2016, p. 315).

$$D(\%) = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{peso inicial}} * 100$$

La fórmula establece una conexión entre el peso inicial de la tierra que se ha limpiado y secado en un horno antes del ensayo y el peso último de la suciedad que sigue presente en el tamiz n.º 12 una vez finalizada la prueba.

2.2.9.2 Proctor modificado (Compactación).

La compactación es el procedimiento de crecer la densidad de la superficie disminuyendo el número de espacios llenos de aire. No obstante, la cantidad de humedad del suelo es otro aspecto crucial que influye en este proceso. Un contenido excesivo de humedad puede dar lugar a problemas como la amortiguación de la superficie. El primario objetivo de la consolidación es evitar que la superficie sufra variaciones que puedan afectar negativamente al funcionamiento de la estructura construida sobre él. Por lo tanto, el uso de energía de compactación, administrada por maquinaria especializada, es crucial. La humedad, la clase de superficie y la fuerza de consolidación contribuyen a la compactación. (Delgado, 2021).

$$\text{Densidad seca } (P_d), \text{ en } (g/m^3) = 1000 * \frac{P_m}{1 + \frac{w}{100}}$$

2.2.9.3 Capacidad de soporte (CBR).

La disposición portante puede definirse como la carga límite que logra aguantar la tierra cuando se produce el asentamiento. El (CBR) es el indicador más usado en el campo de la ingeniería de carreteras. Esta indicación se utilizó por primera vez en el estado de

California. Se han recopilado y analizado los resultados de pruebas anteriores realizadas en diferentes tipos de suelos. Esta hipótesis se deriva de los resultados. El CBR representa la correlación entre la fuerza necesaria para que un pistón penetre a una cierta dimensión y la energía necesaria para que el mismo pistón penetre en una superficie estándar de grava triturada. Esta relación se expresa mediante la ecuación que se muestra a continuación: (Delgado, 2021)

$$CBR(\%) = \frac{\textit{Presion en el suelo}}{\textit{Presion en el suelo patron}} * 100$$

La resistencia fundamental a la consolidación. La disposición de tolerar la aplicación de fuerza sin sufrir deformaciones es precisamente lo que se entiende por “resistencia a la carga axial.” (MTC, 2016).

2.2.10 Cemento portland

Se puede describir como un polvo gris de alta calidad que, mezclado con agua, da lugar a la formación de una pasta espesa similar al cemento. La activación de los procesos químicos necesarios para la resistencia, la vida útil y los cambios de volumen del hormigón es posible gracias a este material, que es un componente esencial en la fabricación del hormigón.

a) Composición química del cemento

Acorde a Velásquez (2018, p. 36) el hormigón tiene como primarios conformantes al (CaO), (SiO₂), (Al₂O₃) y (Fe₂O₃).

Composición del cemento portland

Tras la formación del clínker y la finalización del proceso de molienda, los compuestos que se producen son los que Le Chatelier vio por primera vez en el año 1852. Las características del cemento hidratado vienen determinadas por estos componentes, que son los que los diferencian.



- ✓ **Silicato Tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2 \rightarrow \text{C}_3\text{S} \rightarrow \text{Alita}$)**. La palabra “resistencia inicial” se refiere a la resistencia que se experimenta durante la primera semana de hidratación, y es un factor extremadamente crucial en el proceso de creación de calor que ocurre durante este tiempo.
- ✓ **Silicato Dicálcico ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{S} \rightarrow \text{Belita}$)**. Proporciona información sobre la resistencia que se mantiene durante un tiempo prolongado y tiene un impacto menor en la reacción exotérmica que se produce durante la hidratación.
- ✓ **Aluminato Tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{C}_3\text{A}$)**. El uso de yeso por sí solo no tiene ningún efecto sobre la resistencia del material. En cambio, cuando se mezcla con silicatos, actúa como un catalizador que controla el proceso de fraguado violento. Por ello, es absolutamente necesario incluir yeso (entre un 3 y un 6 por ciento) en el proceso para mantener el control. La resistencia del cemento a los sulfatos se rige por su reacción con los sulfatos, que conduce a la síntesis de sulfoaluminatos que tienen características expansivas. Esta reacción conduce a la resistencia del cemento a los sulfatos. Por consiguiente, es esencial limitar la cantidad de sulfoaluminatos presentes en el cemento.
- ✓ **Alumino-Ferrito Tetracálcico ($4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{C}_4\text{AF} \rightarrow \text{Celita}$)**. Además de influir directamente en la temperatura de hidratación, la velocidad a la que se hidrata es de suma importancia. Carbajal (1993).
- ✓ **Oxido de Magnesio (MgO)**. En algunos procesos químicos que implican ciertas combinaciones de sustancias químicas, desempeñan una función esencial, y las variedades que son capaces de disolverse en el agua también son responsables de la creación de eflorescencias cuando se mezclan con agregados calcáreos.



- ✓ **Óxidos de Potasio y Sodio (K_2O , Na_2O -->Alcalis).** En algunos procesos químicos que implican ciertas combinaciones de sustancias químicas, desempeñan una función esencial, y las variedades que son capaces de disolverse en el agua también son responsables de la creación de eflorescencias cuando se mezclan con aditivos calcáreos.
- ✓ **Óxidos de Potasio y Sodio (K_2O , Na_2O -->Alcalis).** La primera no tiene ninguna relación significativa con la calidad del hormigón, salvo por su color, que tiende a ser marrón si el contenido supera el 3%. La evidencia empírica ha demostrado que la durabilidad del material disminuye con el tiempo cuando la concentración supera el 5%. El 2do elemento influye en la resistencia, provocando un descenso para contenidos superiores al 5%. Sin embargo, no es muy importante para los pequeños datos. De todos los elementos químicos mencionados, los silicatos y los aluminatos son los más abundantes, pero su abundancia no implica necesariamente que sean los componentes más importantes. En la próxima sección, descubriremos que algunos componentes minúsculos desempeñan un papel crucial en determinadas situaciones cuando se utilizan cementos. Carbajal (1993)

b) Proceso de elaboración del cemento

Para lograr la combinación correcta de óxidos de metal para la elaboración de clínker, que se forma por combustión a unos 1480 grados Celsius, el proceso de elaboración del hormigón comienza con la adquisición de los insumos primos necesarios. Los principales constituyentes de su composición consisten sobre todo en silicatos cálcicos hidráulicos, junto con una o más variedades de sulfato cálcico que se incluyen antes del procedimiento de molienda. Durante el proceso de combustión, se produce una fusión parcial y una reorganización de los constituyentes que componen el elemento primo. Como consecuencia, se producen pequeños nódulos de clínker, con



diámetros que oscilan entre 5 y 50 milímetros. A continuación, el clínker producido durante el proceso de combustión se mezcla con un 5% de yeso, una especie de sulfato de calcio dihidratado, y se somete a un proceso de molienda, obteniéndose finalmente el hormigón Portland. (Aguila y Márquez, 2021).

Clases de cemento

- ✓ **Tipo I:** “En el ámbito de la fabricación de hormigón para la construcción, tiene una amplia gama de usos, como la producción de pastas y lechadas de inyección, morteros de albañilería, hormigones básicos y armados, y muchas otras obras de hormigón”.
- ✓ **Tipo II:** “La ejecución de sistemas de hormigón, estribos de puentes y enormes muros de contención son ejemplos de aplicaciones adecuadas para este producto. También es ideal para aplicaciones que necesitan un calor de hidratación reducido” Awad (2007).
- ✓ **Tipo III:** “Este cemento se recomienda específicamente para producir hormigones de alta resistencia inicial, sin necesidad de agregados acelerantes. Se trata de un cemento de edad temprana adecuado para aplicaciones estructurales. Además, a menudo se recomienda su uso en la producción de hormigones de alto rendimiento, caracterizados por una $f'c$ superior a 420 kg por centímetro cuadrado” Awad (2007).
- ✓ **Tipo IV:** “el uso de hormigón a granel para proyectos que necesitan un bajo calor de hidratación y requieren el uso de concreto a granel” Awad (2007).
- ✓ **Tipo V:** Este material está indicado para usos que requieran un alto grado de resistencia al ataque químico, mínima generación de calor durante la hidratación y no requieren una resistencia inicial significativa. Aplicaciones como obras marítimas, concreto expuesto a suelos que contienen sulfatos y

la fabricación de grandes estructuras de concreto necesitan este tipo específico de cemento. Colombia es responsable de la fabricación de los cementos tipo 1 y tipo 3, sin embargo, la creación de otros tipos de cemento se lleva a cabo bajo petición. Awad (2007).

2.2.11 Estabilización de suelos

Debido a su limitada capacidad de carga, los suelos en su estado original son a menudo inadecuados para la construcción. En consecuencia, las características del suelo deben alterarse o corregirse mejorando el material para que pueda soportar las tensiones a las que está sometido (Florez, 2006, p. 18).

La mejora del suelo se consigue mediante el uso de presión mecánica y la adición de compuestos químicos orgánicos o sintéticos para optimizar sus cualidades físicas. La expresión “capa de base” o “base granular controlada con hormigón o CaO” se refiere al procedimiento de mejora de la calidad de la capa de base o superficie granular mediante la estabilización con hormigón o CaO.

El MTC (2014, pp. 95-97) examina varios métodos de estabilización del suelo, que pueden clasificarse de la siguiente manera:

- ✓ Control logrado mediante métodos mecano-físicos. Algunos ejemplos de procesos relacionados con el suelo son la compactación, la mezcla de suelos y la sustitución de suelos.
- ✓ Estabilización química. Ejemplos de estos materiales son: hormigón portland, CaO, escoria, cloruro sódico, cloruro cálcico, cloruro magnésico y mezcla asfáltica.
- ✓ Estabilización lograda mediante drenaje.

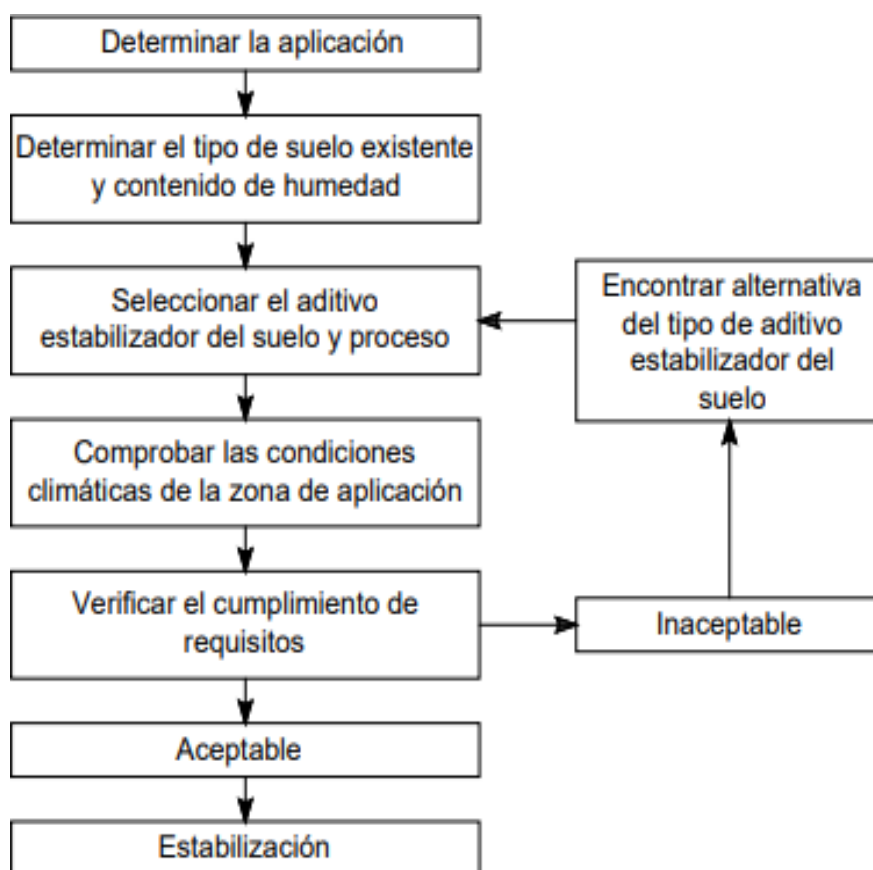
Según el MTC (2014, p. 95), la superficie debe estabilizarse en la subrasante si su CBR es inferior al 6%. En las subbases, la estabilización es necesaria si el CBR supera el 40%, y en las bases, si supera el 80%. Sin embargo, la elección del modelo de control más

eficaz, rentable y sencillo de usar debe basarse en el tipo específico de proyecto, teniendo en consideración criterios a continuación:

- ✓ Las variantes importantes a considerar incluyen la clase de superficie que requiere estabilización, la utilización prevista de la superficie controlada, la clase y accesibilidad del aditivo estabilizante, la disposición de equipos adecuados, los precios contrastantes y la experiencia en el tipo específico de control a ejercer.

Figura 5

Proceso de Elección del Modelo de Estabilización más Correcto Nota



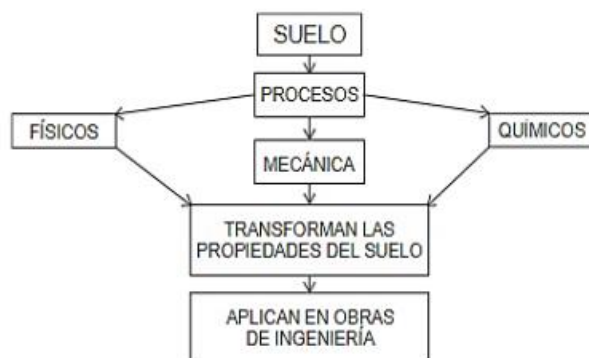
Nota: (MTC, 2014, p. 95).

2.2.12 Tipos de Estabilización

Tanto la categorización del suelo como la técnica que el diseñador decida utilizar se cuentan a la hora de hallar el tratamiento de estabilización adecuado para el suelo. Para realizar esta elección, se tienen en cuenta el tipo de suelo y su categorización.

Figura 6

Flujograma del proceso de control de una superficie



Nota: (Higuera, 2010)

2.2.12.1 Control Físico

González (2018) afirma que el control físico se utiliza para alcanzar el objetivo de inducir alteraciones físicas en el suelo:

- ✓ **Mezclas de suelos:** Consisten en un tipo distinto de suelo para cumplir con los requisitos exactos necesarios para su aplicación. Para ello, se comprime.
- ✓ **Geotextiles:** Tejidos permeables y no degradables, se utilizan como filtros para gestionar eficazmente la erosión de la superficie y facilitar el transporte de lodos.
- ✓ **Compactación:** Es la aplicación gradual de tensiones sobre el suelo, provocando que el agua drene y el suelo disminuya de volumen. Esta técnica tiene como objetivo específico mejorar la interacción entre las partículas y permitir que el suelo resista las cargas externas que se ejercerán sobre él (p. 42).

2.2.12.2 Estabilización Mecánica

De Solminihaç, Echevarría, & Thenoux (2019), definen que “Mediante el proceso de agregación, remoción o consolidación de la superficie, el control mecánico es un modelo que requiere modificar las características de la superficie en relación de la dimensión de sus moléculas. Esto se consigue mediante las técnicas de estabilización mecánica” (p. 1).



De Según Das (2015), el control mecánico es el desarrollo de control de la superficie mediante el uso de métodos alternativos que modifican las características del suelo de manera comparable, pero sin la utilización de productos químicos o agentes mecánicos para compactar las moléculas.

- ✓ **Vibroflotación:** La consolidación de suelos gruesos y sueltos puede lograrse con la aplicación de peso y fuerza centrífuga mediante el uso de una tecnología particular. En el proceso de vibroflotación, este método hace uso de aberturas superiores e inferiores, lo que permite reducir eficazmente la cantidad de agua existente en la superficie.
- ✓ **Voladura o blasting:** El método que se utiliza para la compactación del suelo granular consta en la explosión controlada de cargas explosivas a profundidades que están por debajo de la superficie del suelo saturado. Para llevar a cabo este procedimiento, se realizan pruebas con el objetivo de producir fuerzas de detonación de tres a cinco veces superiores al nivel previsto.
- ✓ **Compactación dinámica:** El proceso de aplicar una determinada carga al suelo de forma iterativa es un método que puede utilizarse para consolidar el suelo granular. Mediante esta técnica se generan ondas de tensión que comprimen eficazmente el suelo.
- ✓ **Precarga:** La precompresión, también conocida como precarga, es una técnica que se usa para reducir el número de asentamiento que se desarrolla después de la construcción.
- ✓ **Drenes de arena:** Acelerar la consolidación de las arcillas blandas y lograr una precompresión antes de la construcción de los cimientos también son componentes de esta tecnología. La creación de agujeros en cada capa de arcilla y su posterior relleno con arena es un paso necesario en este proceso.

A continuación, se aplica un peso al segmento, lo que provoca la compresión de los poros de arcilla. Después, la presión extra se libera mediante el drenaje radial o vertical de la arena, lo que en última instancia conduce a un rápido asentamiento de la capa de arcilla.

2.2.12.3 Estabilización Química

El control químico consiste en optimizar las cualidades de la superficie mediante la adición de sustancias al mismo. Este proceso conduce a la alteración de las características moleculares del suelo, lo que a veces puede aumentar la resistencia entre los granos interconectados (De Solminihac, Echevarría, & Thenoux, 2019, por ejemplo).

La meta de la estabilización química es optimizar el comportamiento de la superficie mediante la adición de una sustancia. La razón de esto es porque las adiciones mejoran la manipulabilidad del suelo, por lo tanto, hacen que la sustancia sea más apropiada para fines de ingeniería. Das (2015) sugiere que se está examinando el uso de un determinado método para disminuir la flexibilidad y la expansión-contracción de un determinado material en su estado potencial. Esta información puede encontrarse en la página 266. Salas (2017) señala que los elementos químicos poseen las características inherentes necesarias para su uso eficaz como estabilizadores:

- ✓ **Cal:** se ocupa de las superficies arcillosas en reducir su plasticidad.
- ✓ **Productos Asfálticos:** utilizado en elementos triturados sin cohesión.
- ✓ **Escorias de Fundición:** se ocupa de aumentar la resistencia, impermeabilizar y alargar la vida útil de los niveles asfálticos.
- ✓ **Polímeros:** se ocupa de aumentar la resistencia, impermeabilizar y alargar más su vida útil de los niveles asfálticos.
- ✓ **Hule de Neumáticos:** Es responsable de mejorar la longevidad de los pavimentos de asfalto, proporcionando características de impermeabilización y prolongando la vida útil de los pavimentos (p. 71).

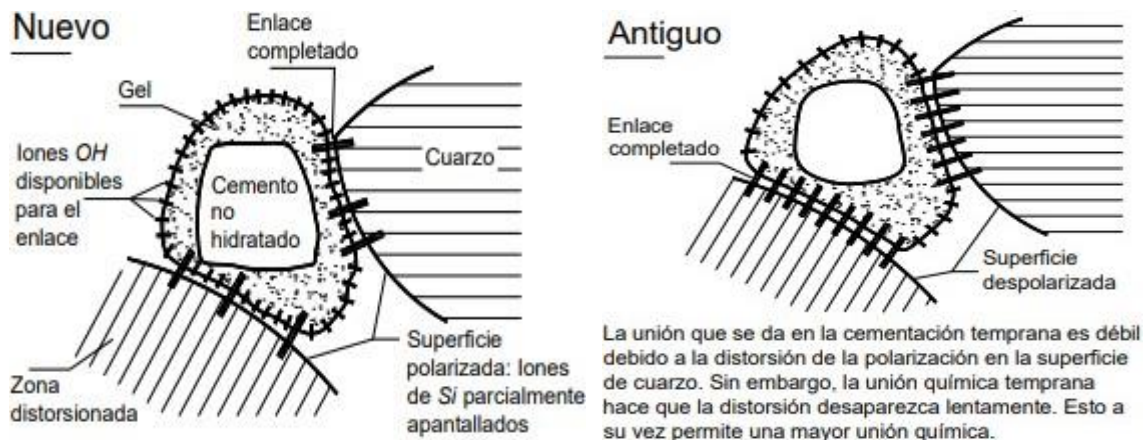


El control químico es un método crucial de control del suelo que utiliza factores químicos. El cambio de la superficie implica la suma de agregados activos como la CaO y el hormigón para alterar las propiedades del suelo. Por ende, el control de la superficie se refiere al tratamiento del suelo para optimizar su textura, incrementar su resistencia, mejorar su CBR y disminuir el hinchamiento por contracción, haciéndolo adecuado para la construcción de carreteras a largo plazo. Zambri, Nadhirah, y Ghazaly (2018) afirman en la página 2 que el suelo puede mejorarse mediante el proceso de estabilización, que implica la aplicación de cal, cemento y otros estabilizantes útiles.

El suelo puede estabilizarse químicamente utilizando un método probado y empleando los aditivos adecuados. Como consecuencia, el suelo mostrará una mayor resistencia y rigidez, junto con una disminución de su fluidez e hinchazón. La cal, el cemento, el yeso y las cenizas volantes son aditivos comunes. Las cenizas volantes suelen utilizarse para optimizar las cualidades mecánicas de los suelos finos, como los limos y las arcillas, ya que históricamente se han aplicado con este fin.

2.2.13 Suelos estabilizados con cemento

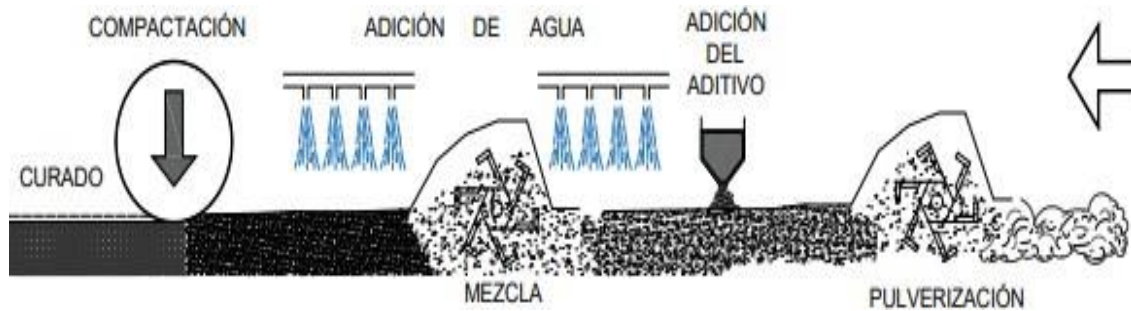
El cemento Portland tiene la capacidad de optimizar la calidad de la superficie y aumentar su resistencia y longevidad. También puede utilizarse para solidificar el suelo, aportando mejoras significativas. Se puede pensar en la cementación como el resultado tanto de la conexión física entre el hormigón y las superficies minerales rugosas, como de la interacción química entre el cemento y las superficies minerales. Cuando el espesor de los materiales disminuye, se produce un cambio notable. Las superficies se vuelven más lisas y se produce un aumento de la superficie.

Figura 7*Representación diagramática de la teoría de cementación*

Nota: (Handy, 1958, p. 63, citado de Velásquez, 2018, p. 48).

El establecimiento de la cantidad necesaria de mejora en el suelo es un paso esencial que debe darse antes de la aplicación de la estabilización mediante cemento Portland. Las combinaciones pueden dividirse en dos categorías principales: Una forma de suelo que ha sido alterada por la adición de cemento se denomina suelo-cemento. La cantidad de cemento que se usa es el factor principal que diferencia las diversas formas de suelo-cemento entre sí. Por ello, es esencial realizar un análisis de la combinación cemento-suelo para determinar la cantidad de cemento más adecuada. Aunque el cemento sea el componente más costoso, es vital lograr el equilibrio adecuado para garantizar el éxito técnico y económico del proceso de control (Velásquez, 2018, p. 52). Este análisis es particularmente importante ya que el cemento es el componente más costoso.

La combinación de superficie finas o granulares, hormigón y líquido da como resultado la formación de un compuesto conocido como suelo-cemento. A continuación, la mezcla se comprime y se deja curar, lo que finalmente da lugar a la formación de un material sólido que tiene unas características mecánicas particulares. Es práctica habitual utilizar el suelo-cemento como capa portante bajo capas bituminosas o como capa de apoyo para otros elementos tratados con cemento u hormigón hidráulico.

Figura 8*Fases del Proceso de Estabilización de Suelos con Cemento*

Nota: (Kraemer et al., 2014, p. 127, citado por Velásquez, 2018, p. 62).

Cuando la tierra suelta se combina con cemento, agua y cualquier otro aditivo opcional, el material resultante se compacta y se deja curar. Este proceso se conoce como producción de suelo-cemento.

2.3 Marco conceptual

1. **Suelo:** Es posible diferenciar entre la estructura de las partículas orgánicas e inorgánicas en función de sus cualidades. Estas partículas se crean mediante perfiles o capas, propiedad que se observa a menudo en sus aplicaciones funcionales.
2. **Cemento:** Para el control de superficie será de clase portland (MTC, 2013, p. 248).
3. **Estabilización de suelos:** Trata de optimizar la superficie en relación de las cualidades mecano-físicas elaborando tratamientos mecánicos y/o químico-físicos.
4. **Estabilización mecánica:** Trata en optimizar la superficie en relación a sus cualidades mecano-físicas (MTC, 2016, p. 1040).
5. **Estabilización química:** Trata en optimizar la superficie en relación a sus cualidades mecano-físicas, sumando agregados químicos (MTC, 2016, p. 1040).



- 6. Estabilización suelo – cemento:** se refiere al proceso de combinar la superficie con cemento, agua y otros áridos, que luego se consolidan y se dejan curar. Es el proceso por el que una superficie libre se transforma en una cementada para alcanzar una resistencia optimizada.
- 7. Pavimento:** uno o más niveles formados sobre la subrasante, por lo que es la que tiene la tarea de resistir y organizar el peso del volumen de tráfico de vehículos hacia la superficie (MTC, 2016, p. 1041)
- 8. Subrasante:** Además, la subbase, la base y la capa de hormigón o asfalto constituyen la capa de soporte del sistema del pavimento. (MTC, 2016, p. 1041). 47
- 9. Subbase:** El MTC (2016), página 1041, describe la capa de uso estructural como de espesor elaborado y colocada sobre la subrasante.
- 10. Base:** Capa estructural cuyo espesor se ha fijado de antemano y que se instala directamente sobre la subrasante o sobre la subbase, dependiendo de si se incluye o no una capa de subbase en la construcción.
- 11. CBR:** Al evaluar la capacidad portante relativa de un suelo o material, es necesario tener en cuenta las dimensiones del subsuelo, la base, la subbase y el subsuelo. (MTC, 2016, p. 248).



CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de la investigación

3.1.1 Nivel de investigación

Este proyecto también incluye la investigación explicativa, ya que Supo (2014) sostiene que la investigación explicativa demuestra la conexión causal entre la variable independiente y el resultado. Implica la realización de pruebas estadísticas para controlar las asociaciones aleatorias o causales y lograr un dato obtenido que corresponda a la relación entre la variable independiente y la variable dependiente (relación causa-efecto).

3.1.2 Tipo de investigación

Este proyecto puede organizarse como investigación aplicada basándose en las definiciones de Supo (2014). Supo deduce que las investigaciones que implican la intervención del investigador entran dentro del tipo experimental o aplicado. Esta investigación implica la recopilación de datos prospectivos, que se miden longitudinalmente en múltiples ocasiones. Además, incluye análisis estadísticos bivariados para plantear y probar hipótesis.

3.1.3 Método de investigación

En opinión de Sampieri, este es un estudio que emplea el método experimental, ya que parte de una hipótesis que se pretende poner a prueba mediante una serie de pasos.

Estos pasos incluyen la realización de pruebas de laboratorio para inferir y descubrir relaciones entre variables, con el fin de comprobar las hipótesis y compararlas con las pruebas empíricas.

3.1.4 *Diseño de la investigación*

Según Supo (2014), los datos en cuestión proceden de una intervención deliberada sobre el terreno, por lo que se trata de un diseño de investigación experimental. Sin embargo, no puede clasificarse como puramente experimental porque entra en el ámbito de lo cuasi experimental debido a la presencia de un grupo de control y a la necesidad de múltiples mediciones.

3.2 Población y muestra

3.2.1 *Población*

El suelo de la cantera Taparachi ubicado en la provincia de San Román.

3.2.2 *Muestra*

Las superficies granulares de la cantera de Taparachi son los que forman parte de este elemento. La variedad de muestras no es limitada, en relación de las clases de pruebas a llevar a cabo.

3.2.3 *Diseño muestral*

Para la selección de la muestra se utilizará una técnica no probabilística, como se indica en el «Manual de Suelos, geología, geotécnica y pavimentos, sección suelos y pavimentos» del MTC (2014). La muestra estará compuesta por cal o cemento portland en cantidades variables (0%, 3%, 5% y 7%), cada una de las cuales se utilizará de manera independiente como estabilizantes del suelo granular que se extrajo de la cantera de Taparachi. Para ello, se establecerá una base estabilizada. Como resultado, se evaluarán las características mecanofísicas de cada combinación para garantizar que se ajustan a las «Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras».

3.2.4 Locación de la zona en estudio

Los elementos granulares y arenas aluviales de las canteras investigadas, junto con sus mezclas conformes, fueron sometidos a ensayos en el laboratorio de mecánica de suelos de la UANCV en la ciudad de Juliaca, Provincia de San Román. Estas pruebas incluyeron la evaluación de la capacidad portante.

3.2.5 Procedimientos a la recolección de datos

Las mezclas suelo-cemento para la base estabilizada se prepararán pesándolas y mezclándolas en dosis de 0%, 3%, 5% y 7%.

Realizar pruebas físicas y mecánicas en la base granular controlada. Para evaluar las características mecano-físicos de la base granular controlada en las 6 dosis especificadas, se llevarán a cabo las pruebas respectivas.

3.2.6 Trabajo en laboratorio

Seguidamente se enumeran las pruebas más importantes que se llevan a cabo; sin embargo, no son las únicas que deben realizarse; hay otras pruebas que son complementarias.

A. Granulometría.

La granulometría es una forma utilizada para hallar la organización de la dimensión de las partículas en muestras de suelo sometidas a examen. Un método utilizado para lograr esta distribución de tamaños es el uso de mallas o tamices normalizados y numerados, dispuestos en una secuencia descendente. Para finalizar el proceso, se hace pasar el elemento por todos los tamices, se miden las moléculas que quedan retenidas en cada malla y se determina el correspondiente % de retención acumulado en relación del peso total del material seco. Por último, los datos obtenidos se muestran como porcentajes que se han filtrado a través de cada malla. La Ilustración 9 señala una curva granulométrica que se generó utilizando los datos de una tabla que incluye las aberturas de las mallas y la correspondiente proporción de partículas que atravesaron cada malla.

Figura 9

Curva granulométrica típica del elemento probada

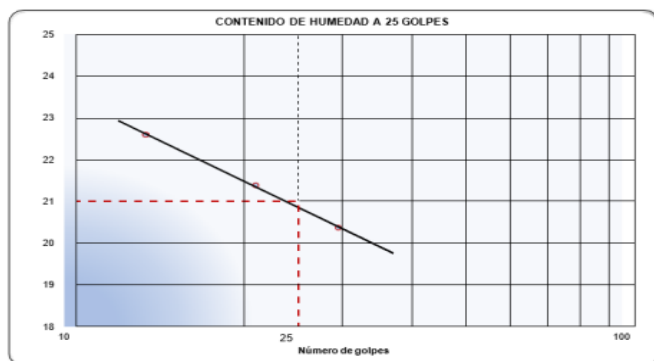


B. Límites de Atterberg.

Los límites de Atterberg, también conocidos como límites de consistencia, clasifican los suelos de grano fino en cuatro estados distintos en relación de su contenido de humedad. En consecuencia, la superficie se clasifica como sólido cuando carece de humedad. Durante el proceso de adición parcial de agua, el material experimenta una transformación desde un estado parcialmente sólido a un estado maleable, y finalmente alcanza un estado líquido. Los contenidos de humedad límite se describen mediante un concepto denominado límites de Atterberg. Para clasificar los suelos se utiliza el método SUCS o AASHTO, en el que los límites plástico y líquido sirven de criterio para esta clasificación. Cuando se realiza la prueba con el vaso Casagrande, el valor del contenido de humedad que significa el LL se muestra en el eje x de la ilustración 10, que puede consultarse a continuación.

Figura 10

Recta típica para obtener el LL del elemento probado





C. Materia orgánica.

La presencia de materia natural en el suelo desempeña un papel crucial en la creación de pavimentos. Este fenómeno se produce porque, con el paso del tiempo, la materia orgánica sufre degradación y deterioro, lo que hace que pierda su volumen original dentro de la capa de suelo. En consecuencia, el material comienza a desarrollar espacios vacíos y es propenso a experimentar fallos de asentamiento. Por este motivo concreto, es aconsejable evitar el uso de suelos que incluyan una cantidad sustancial de materia orgánica.

D. Desgaste.

A la hora de construir combinaciones y fabricar suelos granulares, es crucial poseer un conocimiento exhaustivo de las características físicas fundamentales. Al considerar los áridos gruesos, es esencial reconocer la importancia de su resistencia al desgaste o a la abrasión. Este estándar se utiliza para determinar la resistencia del elemento en condiciones de fricción continua entre partículas, incluidas las esferas de acero. El valor máximo de desgaste admisible varía en función de la clase de sistema que se construya, como terraplenes, subbases, bases y hormigón hidráulico.

E. Equivalente de arena.

La presencia de cantidades sustanciales de impurezas de arcilla y limo suele provocar una disminución de la resistencia de las capas en el sistema del pavimento. La susceptibilidad de la arcilla y el limo a la contaminación por agua es la razón principal de su impacto perjudicial en el pavimento. Tras un periodo de asentamiento, el método se utiliza para hallar la correlación entre el H de la arena y el H de la arcilla.

F. Forma de la partícula.

El rendimiento de las partículas se ve sustancialmente afectado por su forma, así como por las cualidades de la superficie sobre la que actúan. Los materiales que incluyen una fracción significativa de moléculas planas y alargadas son tendenciosas de romperse

incluso cuando se someten a pequeñas tensiones desde el exterior. En consecuencia, se recomienda utilizar materiales que tengan formas irregulares y una superficie adecuada para garantizar una unión adecuada con el cemento asfáltico u otros ligantes, aumentando así la resiliencia de los materiales.

G. Textura de la superficie.

Existe una relación entre la textura del árido y la operabilidad de un elemento controlado. La textura del agregado es un determinante crucial tanto de la resistencia última del producto terminado como de sus propiedades de resistencia al deslizamiento.

H. Absorción.

La disposición de absorción de líquido o asfalto de los áridos es una métrica crítica durante el proceso de modelo, ya que los áridos porosos necesitan mayores cantidades de asfalto en comparación con los menos porosos. Así pues, este criterio desempeña un papel crucial en el análisis de los áridos pétreos presentes en la plataforma o elegidos en la cantera.

I. Proctor Modificado.

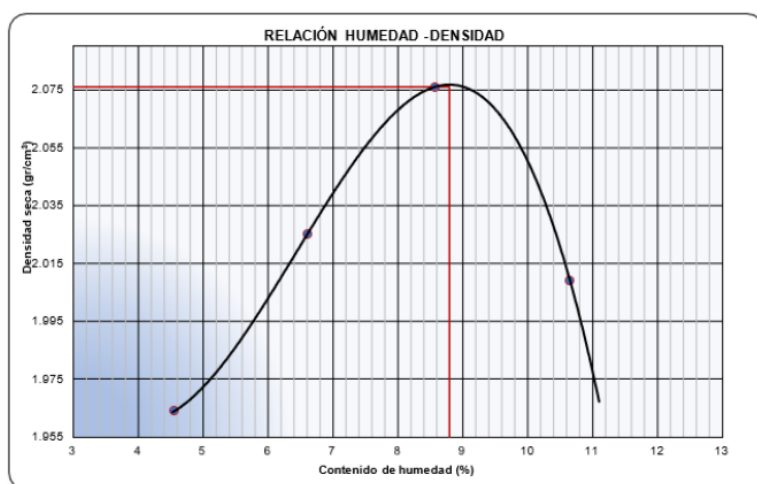
El uso de energía a la superficie provoca su compactación, lo que hace que la densidad del suelo fluctúe en función del contenido de humedad. La estrategia aquí descrita es actualmente el método más utilizado y fiable para determinar los valores límites de densidad seca y contenido de humedad ideal de una superficie.

Originalmente, la única prueba accesible era la prueba Standard Proctor estandarizada. Sin embargo, esta prueba se actualizó posteriormente, ya que los suelos estaban sometidos a cargas más pesadas. Se consideró esencial crear una modificación que reprodujera el mismo efecto a menor escala, pero con mayor precisión. El Proctor Modificado es un método de prueba comúnmente utilizado en actividades geotécnicas. La variación de la energía de compactación suministrada durante la prueba depende del tipo de suelo sometido a prueba, lo que influye en los resultados.

Es crucial reconocer que el examen Proctor puede realizarse de tres formas distintas, en función de la configuración de las partículas. Estos métodos se utilizan en ambos tipos de examen. Los valores de densidad seca hallados para cada humedad de consolidación se muestran en la ilustración 7, siguiendo una curva típica.

Figura 11

Parábola típica de conexión humedad-densidad seca del elemento



Como ya se ha mencionado, la forma del Proctor Modificado reproduce con mayor exactitud las cargas ejercidas por camiones enormes. Por el contrario, el término “compactación” se utiliza para describir un proceso cuyo objetivo es mejorar las propiedades mecánicas del suelo aumentando su densidad. Este proceso refuerza el suelo, mejora su capacidad de carga, reduce los espacios vacíos y mejora su comportamiento tensión-deformación. El grado de consolidación de una superficie se determina calculando la relación entre la Densidad límite en Seco alcanzada en el campo y la Densidad Máxima en Seco alcanzada en el laboratorio, que luego se expresa en %.

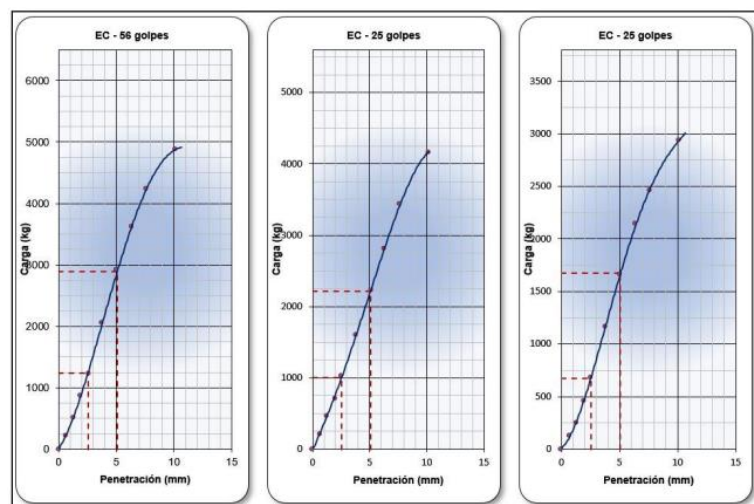
J. Valor Relativo de Soporte (CBR).

Una prueba que permite investigar y analizar la resistencia al cizallamiento de una superficie en condiciones controladas de densidad y humedad es el coeficiente de carga, también denominado CBR. Durante esta prueba, se aplica una fuerza mediante un pistón metálico de 0,5 pulgadas cuadradas con el fin de penetrar eficazmente en la superficie del

suelo compactado que se encuentra dentro de un molde metálico a un ritmo constante. Una definición de esta característica es la cantidad de energía necesaria para que un pistón normalizado penetre hasta una determinada dimensión. Esta energía se expresa como porcentaje de la cantidad de energía necesaria para que el pistón penetre hasta la misma dimensión y a la misma aceleración en un molde normalizado que contiene un elemento normalizado aplastado. En la figura 12 se muestran las curvas generadas a partir de las mediciones de la carga aplicada a la prensa CBR y comparadas con la profundidad de penetración. Estas curvas se obtuvieron para tres niveles distintos de energía de consolidación: 56, 25 y 12 golpes.

Figura 12

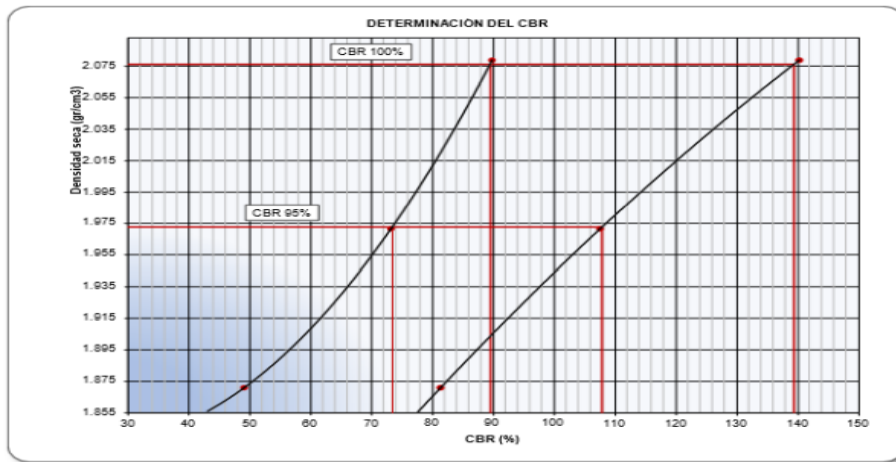
Curvas penetración vs carga para 56,25 y 12 golpes del material



La figura 12 arroja un total de seis valores, que corresponden a las cargas medidas a 0,1” y 0,2” de penetración para cada uno de las tres clases de fuerzas. Por último, los seis valores se grafican con las 3 densidades secas halladas de la prueba CBR para cada nivel de energía de consolidación, como se observa en la ilustración 10. El valor CBR se registra al 100% o al 95% de la energía de compactación. El valor CBR se registra entonces al 100% o al 95% de la densidad seca máxima, dependiendo de la capa específica que se esté examinando.

Figura 13

Curvas típicas de relación CBR-densidad seca





CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Presentación de resultados de la investigación

4.1.1 *Cualidades físicas y mecánicas de la superficie de la cantera*

Se estima que el suelo de la cantera de Taparachi, situada en la provincia de San Román, tiene un nivel de humedad del 3,83 %. La Tabla 13 proporciona evidencia de que el suelo satisface los criterios para un grado B de acuerdo con EG-2013 (MTC, 2015). Por otro lado, la superficie tiene un IP de 4,99%, que es 0,99% superior al límite máximo de 4% (Tabla 14). Esto se puso de manifiesto al examinar la curva de fluidez (Fig. 15) para identificar el LL (25,01%) y el límite plástico (20,12%). Según la organización AASHTO, el suelo se clasifica como A-1-a (0), mientras que según la clasificación SUCS, se clasifica como grava graduada pobremente con arena GP. Hay un 3,53% de finos, un 38,87% de arena y un 57,01% de grava que componen este material. Tanto la tasa de desgaste como el porcentaje medio de equivalentes de arena son del 25,02%. El porcentaje medio es del 16,63%. Del mismo modo, se ha demostrado que el contenido de humedad de la superficie seco es máximo cuando es del 5,45% (Tabla 15).

Tabla 4

Resultados Análisis Granulométrico

Granulometría			% Que pasa
Tamiz (mm)	Min	Max	Cantera
0.075	5	15	10.49
0.42	15	30	26.35
2.00	20	45	39.19
4.78	30	60	51.86
9.53	40	75	61.7
25.40	75	95	83.9
50.80	100	100	100
63.50	100.00	100.00	100

Figura 14

curva granulométrica de la cantera

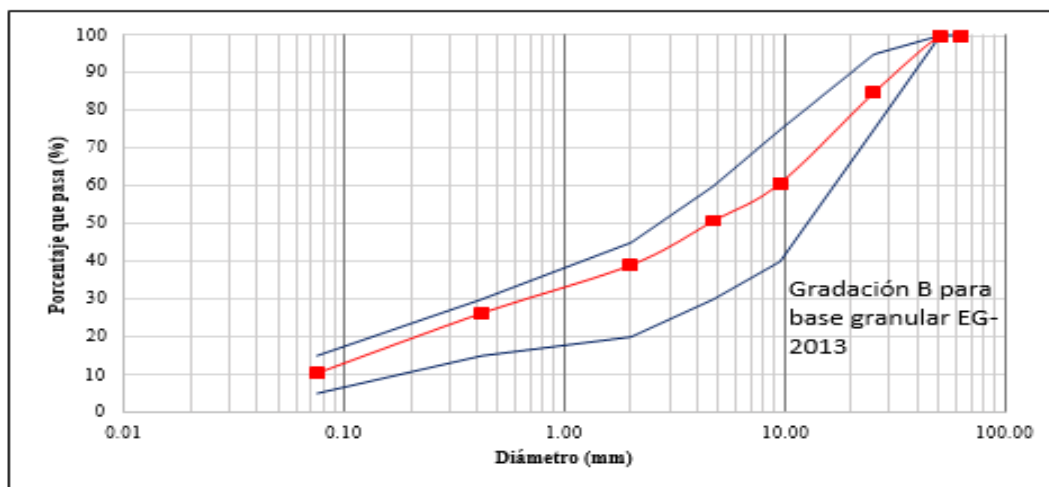


Tabla 5

resultados de límite de consistencia

Límites de consistencia	Cantera Taparachi
IP (%)	4.99
LP (%)	20.12
LL (%)	25.01

Figura 15

Diagrama de Fluidez de la cantera

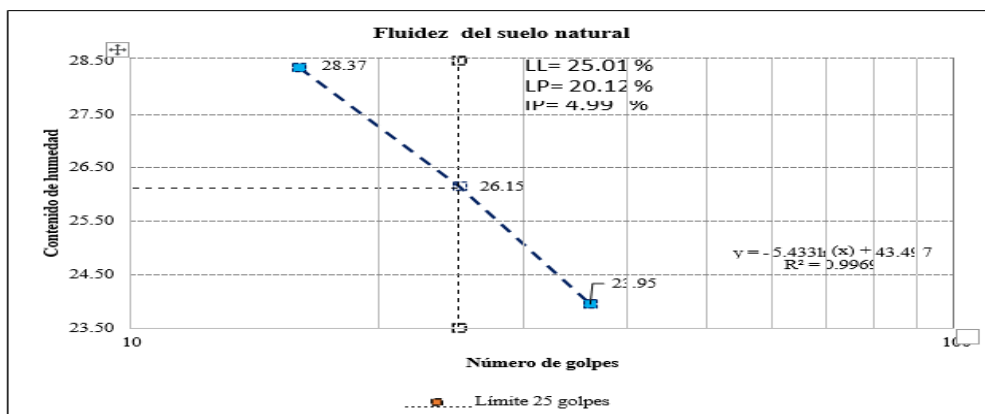


Tabla 6

resultado de la compactación de la cantera

Compactación gr/cm3	
Densidad seca máxima (gr/cm3)	2.215
Contenido de humedad óptimo (%)	5.45

Tabla 7

resultado del CBR

CBR	CBR % (0.1")	CBR % (0.2")
100% de MDS	75.72	85.93
95% de MDS	50.25	62.11

Tabla 8. Resumen de las cualidades mecano-físicas del suelo de cantera

Cualidades mecano-físicas	Suelo natural	EG-2013
Contenido de humedad (%)	4.01	
Grava (%)	57.01	
Arena (%)	38.87	
Finos (%)	3.53	
LL (%)	25.01	25 % máx.
LP (%)	20.12	
IP (%)	4.99	4% máx.
Clasificación SUCS	GP	
Clasificación AASHTO	A-1-a (0)	
Equivalente de arena (%)	16.63	25% mín.
Sales solubles en agregado fino (%)	0.078	1% máx.

Sales solubles en agregado grueso (%)	0.039	1% máx.
Abrasión (%)	25.02	50% máx.
Peso específico de masa (gr/cm ³)	2.709	
Peso específico SSS (gr/cm ³)	2.728	
Peso específico aparente (gr/cm ³)	2.759	
% Absorción	0.731	
Máxima densidad seca (gr/cm ³)	2.215	
Óptimo contenido de humedad (%)	5.45	
CBR al 95% de MDS 0.1" (%)	50.25	
CBR al 100% de MDS 0.1" (%)	75.72	80% mín.

4.1.2 Cualidades mecánicas de la superficie estabilizada con cemento

La Tabla 10 demuestra que el huso granulométrico B de la EG-2013 (MTC, 2015) para base granular es cumplido por la superficie de cantera Taparachi después de ser sometido a estabilización con cemento en porcentajes en peso de 3%, 5% y 7% según corresponda.

Tabla 9

granulometría de la cantera estabilizada con cemento

Tamiz		Porcentajes de cemento			Granulometría B	
Pulg.	mm	3%	5%	7%	Mín.	Máx
N° 200	0.075	11.12	6.34	8.33	5.00	15.00
N° 40	0.42	25.53	24.99	27.22	15.00	30.00
N° 10	2.00	38.99	39.33	39.37	20.00	45.00
N° 4	4.75	52.10	50.76	52.19	30.00	60.00
3/8"	9.53	62.01	62.43	62.46	40.00	75.00
1"	25.40	85.3	83.71	85.68	75.00	95.00
2"	50.80	100	100	100	100.00	100.00

En base a la información mostrada en el cuadro 21, la suma de hormigón a la superficie resulta en una disminución del LL, LP e IP. Los datos utilizados en la creación de la curva de fluidez (Figura 16) se pueden encontrar en la Tabla 19, mientras que la Tabla 20 presenta el LP de la cimentación granular.

Tabla 10

LL de la base granular estabilizada con cemento

Contenido de humedad acorde a la incorporación de cemento			
N° de golpes	3%	5%	7%
25	25.3	20.4	19.09
36	23.09	18.31	17.56
16	26.31	22.13	22.56
25	24.01	21.53	21.12

Tabla 11

LP de la base granular estabilizada con cemento

Humedad según adición de cemento			
LP	3%	5%	7%
M1	19.53	16.85	16.87
M2	18.99	16.96	16.46
Promedio	19.26	16.91	16.67

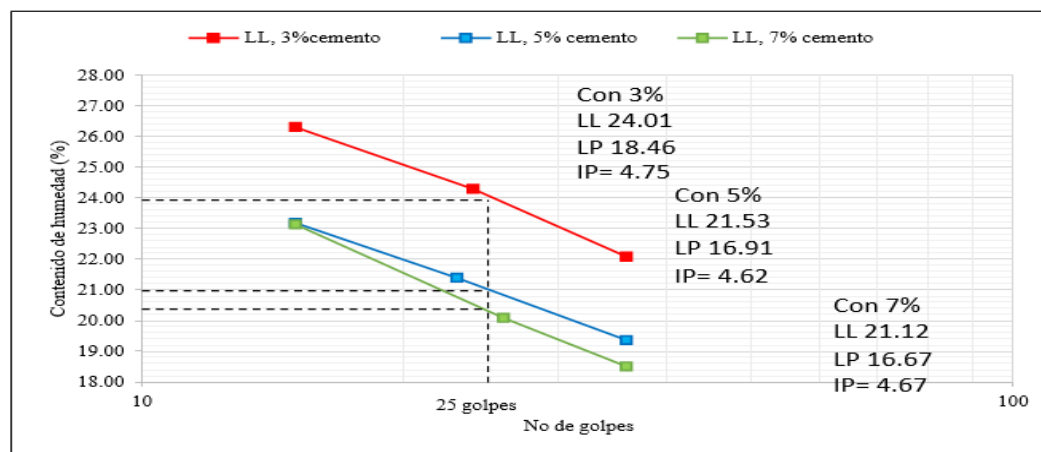
Tabla 12

límites de consistencia de la base granular estabilizada con hormigón

Humedad según adición de cemento			
Límites de Consistencia	3%	5%	7%
LL (%)	24.01	21.53	21.12
LP (%)	19.26	16.91	16.67
IP (%)	4.75	4.62	4.67

Figura 16

Límite líquido de la base granular controlada con cemento



La densidad máxima de la superficie controlada con cemento aumenta proporcionalmente con el número de hormigón en la combinación durante el proceso de compactación. Sin embargo, el contenido de humedad ideal también aumenta, lo que indica que la superficie requiere una mayor cantidad de líquido para alcanzar su máximo nivel de compactación. (Tabla 13, Fig. 17).

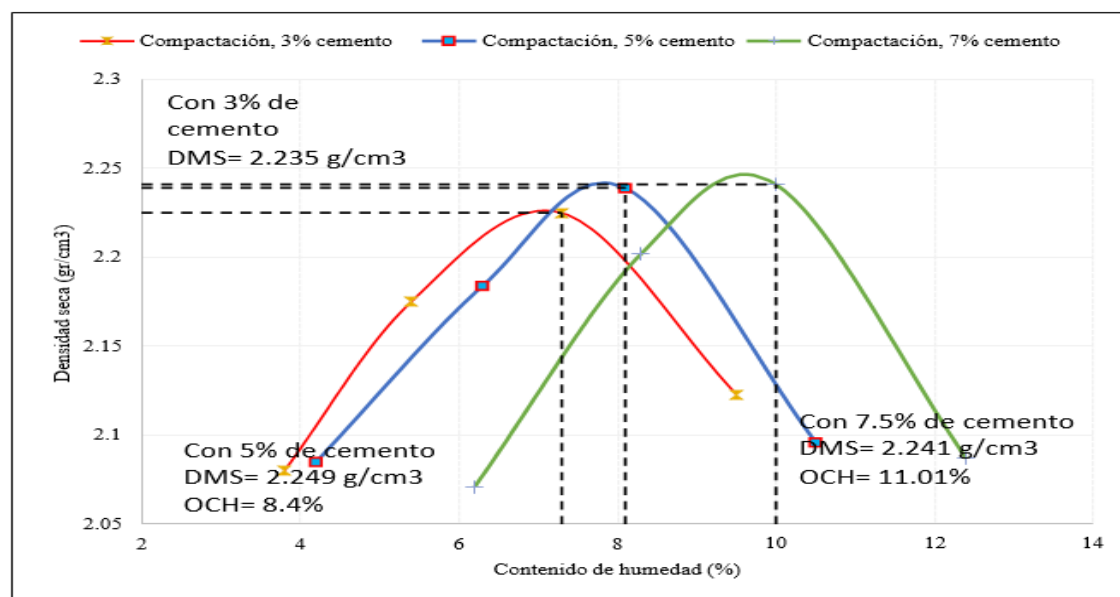
Tabla 13

Consolidación de la base granular controlada con hormigón

Consolidación según suma del cemento			
Porcentajes	3%	5%	7%
Densidad máxima (gr/cm ³)	2.235	2.249	2.251
Humedad óptima (%)	7.38	8.4	11.01

Figura 17

Curva de Consolidación de la base granular controlada con hormigón



El aumento de la proporción de cemento usado para controlar la base granular conduce a un crecimiento de la disposición portante de la superficie (CBR) al 95% y al 100% de su densidad seca límite (MDS) a profundidades de 0,1” y 0,2”. Además, la adición de un 7% de cemento provoca un nuevo aumento del CBR. El valor del CBR alcanza el 108,02% cuando se compara con el valor de la densidad seca límite (MDS) del 100%, que cumple las especificaciones señaladas en las recomendaciones EG-2013. (MTC, 2015).

Tabla 14*CBR según adición del cemento*

CBR según adición del cemento			
Porcentajes	3%	5%	7%
CBR al 95% de MDS (%) 0.1"	53.50	64.40	69.00
CBR al 100% de MDS (%) 0.1"	92.50	97.50	108.02
CBR al 95% de MDS (%) 0.2"	67.3	69.51	86.27
CBR al 100% de MDS (%) 0.2"	98.71	104.49	109.10

En relación que crece el contenido de cal en la combinación suelo-cemento, el (LL), el (LP) y el (PI) disminuyen a lo largo del proceso de control de la superficie. Esta evolución se considera favorable ya que las mezclas conteniendo 3%, 5% y 7% de cemento tuvieron límites líquidos (LL) de 24,01%, 21,53% y 21,12%, respectivamente. Estos valores están todos por debajo del límite máximo del 25% especificado en la EG-2013 (MTC, 2015). Del mismo modo, los valores de IP son 4,75%, 4,62%, y 4,67%, lo que indica que no superan el límite máximo de plasticidad del 4% establecido por la EG-2013 (MTC, 2015). La única excepción a esta regla es la mezcla que contiene un 3% de cemento. En consecuencia, las combinaciones satisfacen las características físicas. Aumentando la cantidad de cemento añadido a la combinación se obtienen mayores niveles de densidad seca máxima (DMS), contenido óptimo de humedad (CHO), disposición portante (CBR) y f^c simple de la superficie. Los valores de CBR para la base granular con 3%, 5% y 7% de hormigón se determinan en 92,50%, 97,50% y 108,02%, de forma respectiva. Los cálculos se derivan de un valor Máximo de Sólidos Secos (MDS) del 100% y un espesor de 0,1 pulgadas. Sin embargo, el suelo que contiene un 7% de cemento satisface las propiedades mecánicas requeridas para una base granular en vías primarias o como capa superficial en carreteras no pavimentadas, tal como se especifica en las directrices EG-2013. En general, superan la capacidad de carga límite recomendada para una base granular para vías de tercera clase, como se indica en las directrices EG-2013 del (MTC, 2015).

4.2 Discusión de resultados

La inclusión de cemento en una combinación provoca una reducción del LL, LP y el IP. Esto se debe a la naturaleza seca del cemento, que aumenta la consistencia de la mezcla. Sin embargo, se han realizado pocas investigaciones sobre este descenso, ya que la mayoría de los estudios dan prioridad al examen de las propiedades mecánicas.

El California Bearing Ratio (CBR) del suelo aumenta del 75,72% al 92,50%, 97,50% y 108,02% cuando se mezcla con un 3%, 5% y 7% de hormigón, respectivamente. Esto indica un crecimiento del 16,78%, 26,3% y 38,6%.

Díaz y Ortiz (2020) encontraron que la adición de 4% de cemento resulta en un incremento de 7.2% en el CBR del suelo.

El % más apropiado para el control de la superficie en la cantera Taparachi es de 7% de cemento. Con este porcentaje se logra un mayor California Bearing Ratio (CBR) y un menor Índice de Plasticidad (IP), que cumple con los requisitos para una base granular apta para vías de primera clase, acorde a lo especificado por la EG-2013 (MTC, 2015). Asimismo, Li (2018) concluyó que el mayor crecimiento del CBR se consigue con un 6% de cemento, valor parecido al obtenido en este estudio. Cabe señalar que Li (2018) utilizó un espécimen de base de mayor calidad con una mayor cantidad de suelo grueso (grava). Sin embargo, este % es superior al 2,4% de hormigón óptimo hallado por Paricanaza y Roque (2021). Estos autores apuntaron a un CBR mayor al 80% para su uso en carreteras de tercera clase, según lo especificado por el MTC (2015).

Se cumplen las cualidades mecano-físicas requeridas para el control de bases granulares utilizando cemento portland, según lo normado en el documento "Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras"-2013. La presente investigación ha demostrado que se puede utilizar cualquier aditivo, incluyendo cemento, para estabilizar la base granular utilizando tierra de la cantera Taparachi. La razón de ello es que el California Bearing Ratio (CBR) del suelo, que ha sido tratado con un 7% de cemento, alcanza el 108,02% a densidad seca máxima (MDS). Esto indica que la suma de cemento a la mezcla produce un aumento mayor.



CONCLUSIONES

1. La AASHTO ha determinado que la superficie de la cantera de Taparachi es de la clasificación A-1-a (0), mientras que la SUCS ha determinado que es de la clasificación GP-GM, que es para grava mal graduada con arena y limo. En cuanto a la base granular, satisface los criterios de la medición granulométrica del huso B. El límite líquido del material es del 25,01 por ciento, y el índice de plasticidad es del 4,99 por ciento, valores ambos superiores a los máximos establecidos en la norma EG-2013, que son del 25 por ciento y del 4 por ciento, respectivamente. Además, la capacidad portante, que es del 75,72%, no cumple las condiciones básicas para la ejecución de vías establecidas en la norma EG-2013. Por ello, es esencial aplicar una adición adecuada para estabilizar el suelo en preparación para la instalación de los cimientos.
2. Al estabilizar el suelo con cemento, se observó que los índices de plasticidad disminuyeron en un 4,75%, 4,62% y 4,67%, respectivamente, para las dosis del 3%, 5% y 7%, según lo determinado por los ensayos. En comparación con la muestra de referencia IP 4,99%, sólo las dosis 5% y 7% cumplían las normas comunes para la ejecución de vías EG-2013.
3. Las únicas dosis de la base que cumplen los requisitos de las características físicas son el 5% y el 7% cuando se estabilizan con CaO y hormigón. En cuanto a las cualidades mecánicas, ambas bases estabilizadas cumplen los requisitos para sus respectivas dosis del 3%, 5% y 7%. Por consiguiente, la incorporación de hormigón y CaO a la superficie de cantera mejora sus características físico-mecánicas, como la resistencia, la durabilidad y la rentabilidad.



RECOMENDACIONES

1. Antes de estabilizar la cimentación granular con un 7% de cemento en peso, se recomienda utilizar tierra de la cantera de Taparachi como base granular para carreteras de 1era y 2da clase. Además, es aconsejable incluir sólo un 5% de cemento en la base granular cuando se use en carreteras de tercera clase.
2. Si el material que requiere estabilización contiene una cantidad significativa de partículas diminutas y requiere una cimentación fuerte, se recomienda utilizar cemento portland como agente estabilizador. Al minimizar las fuerzas que llegan a la subrasante, la vida servible del pavimento aumenta con el tiempo.
3. A pesar de que la normativa EG-2013 (MTC, 2015) recomienda realizar el ensayo básico de compresión tanto para suelo como para cemento, se recomienda contrastar las cualidades de capacidad portante (CBR), como se hizo en la presente investigación.
4. En la provincia de San Román, se prevé que este estudio sirva como primer paso en el proceso de introducción de ideas de investigación con el propósito de estabilizar bases granulares. Este proyecto se lleva a cabo con la finalidad de desarrollar mejores materiales que sean adecuados para la ejecución de vías y calles, especialmente en el área de chotanas.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, H. (2017). *Estudio de la calidad de los agregados de las principales canteras de la ciudad de Andahuaylas y su influencia en la resistencia del concreto empleado en la construcción de obras civiles. (Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad Tecnológica de los Andes, Cusco-Perú. Recuperado de <https://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/100>*
- Aguila, A.O. y Márquez, P.J. (2021). *Análisis de estabilización con emulsión asfáltica y con cemento portland para el mejoramiento de las propiedades mecánicas de la base granular del pavimento. (Tesis de Pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima- Perú. Recuperado de <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/4650>*
- Alcántara, G.H. (2011). *Geomorfología Departamento de Cajamarca. Cajamarca: Gobierno Regional de Cajamarca.*
- Arangurí, G. (2015). *La importancia del uso de agregados provenientes de canteras de calidad. In Crescendo Ingeniería, 2(2).*
- Asencios, M.F. e Izarra, Y. (2021). *Nivel de mejoramiento de las propiedades mecánicas de la base del pavimento estabilizado con cemento portland y emulsión asfáltica. (Tesis de Pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima-Perú. Recuperado de <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/4649>*
- Ayre, V. (2020). *Determinación del tamaño de los residuos de la explotación industrial del travertino para la obtención optima de cal viva. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo-Perú. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12894/5861>*
- Baque Parrales, G. A. (2018). *Caracterización físico-mecánicas del suelo para cimentación en edificaciones de categoría baja, sector By Pass–John F. Kennedy, ciudad Jipijapa. (Tesis de Pregrado). Universidad Estatal del Sur de Manabí,*



Manabí- Ecuador. Recuperado de

<http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1055>

Barreto, J.M., y Taco, J.A. (2021). Estabilización de Base Granular con Aceite Sulfonado y Cemento Portland Tipo I del Camino Vecinal "Huasahuasi - Hacienda Calla", Tarma - Junin, KM 3+000 KM 4+000. (Tesis de grado). Universidad Ricardo Palma, Lima-Perú. Recuperado de <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/4934>

Briones Alva, M. E., & Irigoín Gonzales, N. U. (2015). Zonificación mediante el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) y la capacidad portante del suelo, para viviendas unifamiliares en la expansión urbana del anexo Lucmacucho Alto-Sector Lucmacucho, Distrito de Cajamarca. (Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil). Universidad Privada del Norte, Cajamarca-Perú. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11537/6679>

Carranza, K.J. (2021). Evaluación de una mezcla asfáltica adicionando residuos de neumáticos, Chota. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Autónoma de Chota, Chota-Perú.

Chalán, E.G. (2018). Análisis de la disminución del espesor de un pavimento rígido estabilizando la sub base con cemento. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca-Perú. Recuperado de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2549>

*Dhakal, B., & Chopra, A. (2022). Use of building demolition waste as lime treated base course in bituminous road. *Materials Today: Proceedings*, 48, 1545-1552. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.463>*

*Fernández, R. y Ticlla, T.N.R. (2020). Análisis de la condición de transitabilidad y nivel de intervención de las carreteras del distrito de Chota. *Revista Ciencia Nor@ndina*, 3(1), 24-29. Recuperado de <https://doi.org/10.37518/2663-6360X2020v3n1p24>*



- Fernandez, V. J. (2020). *Evaluación de las fallas estructurales del pavimento flexible de la avenida Francisco Vidal, Huacho. (Tesis de grado). Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Lima-Perú.*
- Florez, J.A. (2006). *Estabilización de suelos con biocemento. (Tesis de Pregrado). Universidad de Los Andes Huancayo-Perú.*
- García, A.L. (2022). *Estabilización de suelos con cal como una alternativa viable para la construcción y rehabilitación de caminos rurales en Colombia. (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Bogotá-Colombia. Recuperado de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/50824>*
- Godfrey, H. (2021). *Performance of Red Soil Stabilized with Gravel and Lime in Construction of Low-Volume Roads in Nyeri County, Kenya. (Thesis of Master of Science). Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology, Juja-Kenia. Recuperado de <http://localhost/xmlui/handle/123456789/5615>*
- Guevara, J.C. y Salazar, L.M. (2021). *Comparación técnica y económica de base granular estabilizada con cemento Portland tipo I y emulsión asfáltica para el camino de bajo volumen de tránsito de la ruta LI-113, distrito de Charat, Usquil, Huaranchal, Otuzco, La Libertad. (Tesis de grado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo-Perú. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12759/7742>*
- IMCYC. (2008). *Suelo – cemento 1ª parte. México: Federación interamericana del cemento FICEM. Recuperado de <https://www.imcyc.com/ct2008/mar08/ingenieria.htm>*
- Instituto Nacional de Calidad. (2019, 24 de octubre). *NTP 339.128. Suelos. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Ed. Lima-Perú: INACAL.*
- INACAL. (2019, 24 de octubre). *NTP 339.129. Suelos. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos, 1ª ed. Lima-Perú: INACAL.*



- INACAL. (2019, 23 de octubre). NTP 339.141. Suelos. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN- m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³)), 1^a ed. Lima-Perú: INACAL.
- INACAL. (2019, 23 de octubre). NTP 339.145. Suelos. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio, 1^a ed. Lima-Perú: INACAL.
- INACAL. (2019, 23 de octubre). NTP 339.146. Suelos. Método de ensayo normalizado para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino, 1^a ed. Lima-Perú: INACAL.
- INACAL. (2015, 26 de noviembre). NTP 339.152. Suelos. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y agua subterránea. Lima-Perú: INACAL.
- INACAL. (2020, 26 de noviembre). NTP 400.019. Agregados. Determinación de la resistencia al desgaste en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles. Método de ensayo. Lima-Perú: INACAL.
- INACAL. (2020, 26 de noviembre). NTP 400.040. Agregados. Método de ensayo para determinar partículas planas, partículas alargadas o partículas planas y alargadas en agregado grueso. 2a Ed. Lima-Perú: INACAL.
- INACAL. (2020, 11 de diciembre). NTP 334.009. Cementos. Cementos Pórtland. Requisitos. 7a Ed. Lima-Perú: INACAL.
- Instituto Mexicano del cemento y el concreto, Imcyc. (2010). Muestreo de agregados – segunda parte. México: Construcción y tecnología.
- Lopez, A., y Palacios, J. (2021). Comparación técnica y económica de la estabilización mecánica y química de la base en el pavimento de la ruta MO- 102, tramo del Km 40+667 al Km 47+185 provincia de Mariscal Nieto – Departamento Moquegua – Perú, 2021. (Tesis de Pregrado). Universidad Científica del Perú, Tarapoto-Perú. Recuperado de <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1388>



ANEXOS



Anexo 1: Matriz de consistencia

TIULO: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE BASES GRANULARES PARA SU ESTABILIZACIÓN EN PAVIMENTOS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
<p>Pregunta general:</p> <p>¿Cuál será la influencia de la adición del cemento portland en las propiedades mecánicas de bases granulares para su estabilización en pavimentos de la Provincia de San Román?</p> <p>Preguntas específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> •¿Cuál será las propiedades físicas y mecánicas del material de la cantera? •¿Cuál es la proporción optima de la base granular con cemento portland para mejorar las propiedades mecánicas de la cantera? •¿Como será diferentes proporciones adecuadas para las bases granulares con la aplicación del cemento portland? 	<p>Objetivo general:</p> <p>Analizar la influencia de la adición del cemento portland en las propiedades mecánicas de bases granulares para su estabilización en pavimentos de la Provincia de San Román.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Analizar las propiedades físicas y mecánicas del material de la cantera •Determinar la proporción optima de la base granular con cemento portland para mejorar las propiedades mecánicas de la cantera •Analizar las diferentes proporciones adecuadas para las bases granulares con la aplicación del cemento portland 	<p>Hipótesis general:</p> <p>La estabilización de bases granulares con cemento portland mejora las propiedades físicas y mecánicas del suelo de cantera, según los requerimientos de las, EG-2013</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Las propiedades físicas y mecánicas del suelo mejoran con la estabilización de bases granulares con cemento portland •La proporción optima de la aplicación del cemento portland con los materiales de cantera mejora el diseño de una base granular •La aplicación del cemento portland ciertos porcentajes mejora las propiedades mecánicas de una base granular 	<p>Variable independiente: Estabilización con cemento Portland</p> <p>Variable dependiente: Propiedades mecánicas de bases granulares</p>	<p>0.3%, 5% y 7%</p> <p>Propiedades mecánicas</p>	<p>Dosificación (kg)</p> <p>Contenido de humedad CBR Máxima densidad seca</p>	<p>Tipo: descriptivo</p> <p>Enfoque: Cuantitativo</p> <p>Diseño: Experimental</p> <p>Población: Probetas y vigas de concreto simple</p> <p>Muestra: No probabilística con 72 especímenes</p> <p>Muestreo: Por conveniencia</p>



Anexo 2:
Resultados de laboratorio



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



TESIS : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CEMENTO PORTLAND EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE BASES GRANULARES PARA SU ESTABILIZACIÓN EN PAVIMENTOS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN

SOLICITANTE : Bach. JHON ALEX APAZA MAMANI

UBICACIÓN : DISTRITO DE JULIACA

CANTERA : TAPARACHI

FECHA : 24 DE MAYO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	418.30
SUELO SECO + TARRO	gr	398.00
PESO DEL TARRO	gr	38.20
PESO DEL AGUA	gr	20.30
PESO DEL SUELO SECO	gr	359.80
HUMEDAD %	%	5.64

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

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		E	R
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	49.19	47.05
SUELO SECO + TARRO	gr	45.51	43.49
PESO DEL TARRO	gr	30.25	30.15
PESO DEL AGUA	gr	3.68	3.56
PESO DEL SUELO SECO	gr	15.26	13.34
HUMEDAD %	%	24.12	26.69
N° DE GOLPES		22	22

LÍMITE PLASTICO

1	6
20.63	18.96
18.38	16.77
6.35	6.60
2.25	2.19
12.03	10.17
18.70	21.53

LÍMITE LIQUIDO % : 25.01 **LÍMITE PLASTICO %** : 20.12

INDICE PLASTICO % : 04.89

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

UANCV - EICP
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 M.S.C. A. JEFATURA
 Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00296517



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

TESIS : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CEMENTO PORTLAND EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE BASES GRANULARES PARA SU ESTABILIZACIÓN EN PAVIMENTOS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN

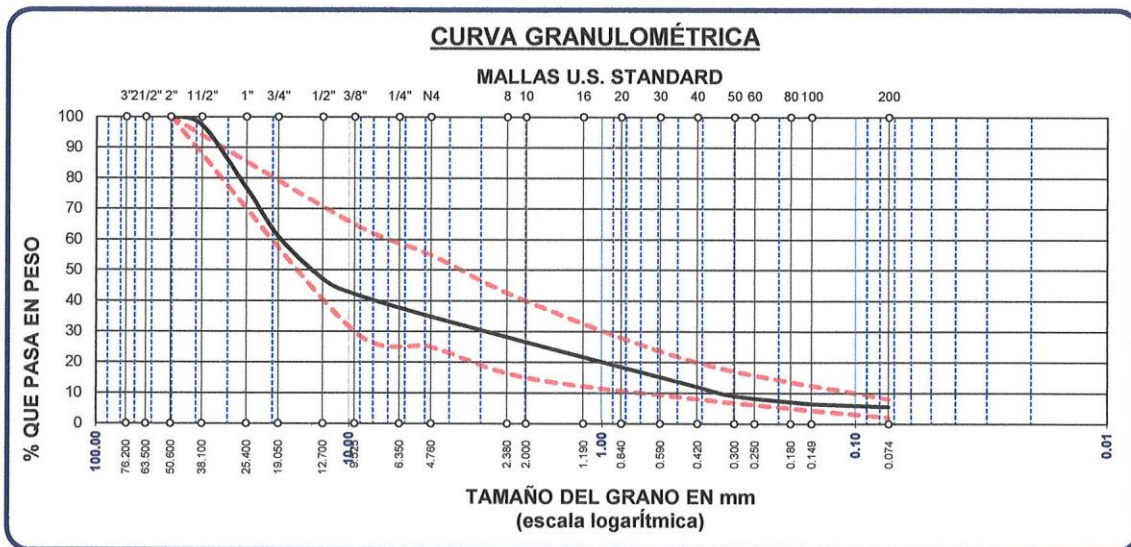
SOLICITANTE : Bach. JHON ALEX APAZA MAMANI

UBICACIÓN : DISTRITO DE JULIACA

CANTERA : TAPARACHI

FECHA : 24 DE MAYO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	76.200						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.500						P.I.= 5000.00
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	100%	P.L.= 4920.07
1 1/2"	38.100	138.00	2.76	2.76	97.24		P.P.= 79.93
1"	25.400	1029.00	20.58	23.34	76.66		% W = 5.64
3/4"	19.050	789.00	15.78	39.12	60.88		LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.700	689.00	13.78	52.90	47.10	30 - 65%	L.L.= 25.01
3/8"	9.525	248.00	4.96	57.86	42.14		L.P.= 20.12
1/4"	6.350						I.P.= 4.89
No4	4.760	367.00	7.34	65.20	34.80	25 - 55%	CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.380						D10= 0.339 Cu= 55
No10	2.000	119.20	23.84	73.50	26.50	15 - 40%	D30= 3.163 Cc= 1.58
No16	1.190						D60= 18.64
No20	0.840	116.03	23.21	81.57	18.43		CLASIFICACIÓN:
No30	0.590						I.G. =
No40	0.420	92.03	18.41	87.98	12.02	8 - 20%	SUSCS : GP
No 50	0.300	43.11	8.62	90.98	9.02		ASSTHO : A-1-a(0)
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.149	37.15	7.43	93.56	6.44		
No200	0.074	12.55	2.51	94.44	5.56	2 - 8%	
BASE		79.93	15.99	100.00	0.00		
TOTAL		5000.00	100.00				
% PERDIDA		1.60					



UANCV - FICP
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
M.S.C.A. JEFATURA
Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
CIP 103257

B. N° 006-00296517



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



TESIS : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CEMENTO PORTLAND EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE BASES GRANULARES PARA SU ESTABILIZACIÓN EN PAVIMENTOS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN

SOLICITANTE : Bach. JHON ALEX APAZA MAMANI

UBICACIÓN : DISTRITO DE JULIACA

MUESTRA : CON 3% DE CEMENTO PORTLAND

FECHA : 24 DE MAYO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	472.60
SUELO SECO + TARRO	gr	455.60
PESO DEL TARRO	gr	49.25
PESO DEL AGUA	gr	17.00
PESO DEL SUELO SECO	gr	406.35
HUMEDAD %	%	4.18

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

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		C	T
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	43.02	45.94
SUELO SECO + TARRO	gr	40.45	42.71
PESO DEL TARRO	gr	30.34	30.12
PESO DEL AGUA	gr	2.57	3.23
PESO DEL SUELO SECO	gr	10.11	12.59
HUMEDAD %	%	25.42	25.66
N° DE GOLPES		15	15

LÍMITE PLASTICO

5	9
20.74	20.05
18.46	17.77
6.32	6.22
2.28	2.28
12.14	11.55
18.78	19.74

LÍMITE LIQUIDO % : 24.01 **LÍMITE PLASTICO %** : 19.26

INDICE PLASTICO % : 04.75

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

Donde:

LL = Limite Liquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Numero de Golpes

UANCV - FICP
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 M.S.C.A. JEFATURA
 JULIACA - PERÚ
 Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00296517



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



TESIS : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CEMENTO PORTLAND EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE BASES GRANULARES PARA SU ESTABILIZACIÓN EN PAVIMENTOS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN

SOLICITANTE : Bach. JHON ALEX APAZA MAMANI

UBICACIÓN : DISTRITO DE JULIACA

MUESTRA : CON 5% DE CEMENTO PORTLAND

FECHA : 24 DE MAYO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	320.10
SUELO SECO + TARRO	gr	310.40
PESO DEL TARRO	gr	42.50
PESO DEL AGUA	gr	9.70
PESO DEL SUELO SECO	gr	267.90
HUMEDAD %	%	3.62

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

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		Q	W
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	20.24	21.43
SUELO SECO + TARRO	gr	19.01	20.15
PESO DEL TARRO	gr	13.64	13.79
PESO DEL AGUA	gr	1.23	1.28
PESO DEL SUELO SECO	gr	5.37	6.36
HUMEDAD %	%	22.91	20.13
N° DE GOLPES		25	25

LÍMITE PLASTICO

Y	T
16.09	15.59
14.71	14.19
6.18	6.25
1.38	1.40
8.53	7.94
16.18	17.63

LÍMITE LIQUIDO % : **21.52** **LÍMITE PLASTICO %** : **16.91**

INDICE PLASTICO % : **04.61**

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

UANCV - FICP
 INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 M.S.C.A.
 JEFATURA
 Ing. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00296517



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



TESIS : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CEMENTO PORTLAND EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE BASES GRANULARES PARA SU ESTABILIZACIÓN EN PAVIMENTOS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN

SOLICITANTE : Bach. JHON ALEX APAZA MAMANI

UBICACIÓN : DISTRITO DE JULIACA

MUESTRA : CON 7% DE CEMENTO PORTLAND

FECHA : 24 DE MAYO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	293.60
SUELO SECO + TARRO	gr	285.10
PESO DEL TARRO	gr	41.30
PESO DEL AGUA	gr	8.50
PESO DEL SUELO SECO	gr	243.80
HUMEDAD %	%	3.49

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

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		Y	H
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	36.12	34.91
SUELO SECO + TARRO	gr	33.00	32.44
PESO DEL TARRO	gr	20.17	19.50
PESO DEL AGUA	gr	3.12	2.47
PESO DEL SUELO SECO	gr	12.83	12.94
HUMEDAD %	%	24.32	19.09
N° DE GOLPES		20	20

LÍMITE PLASTICO

8	5
18.37	17.68
16.62	16.14
6.50	6.54
1.75	1.54
10.12	9.60
17.29	16.04

LÍMITE LIQUIDO % : 21.12 **LÍMITE PLASTICO %** : 16.67

INDICE PLASTICO % : 04.46

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

UANCV - FICP
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 JEFATURA
 MGR. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00296517



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

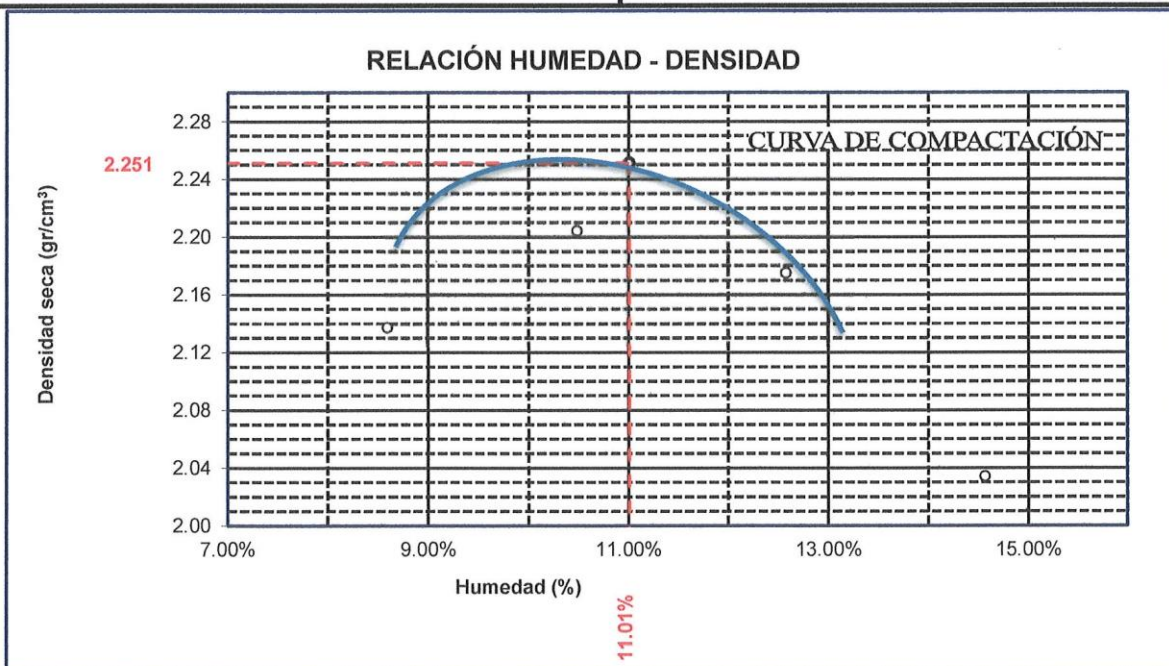
TESIS	: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CEMENTO PORTLAND EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE BASES GRANULARES PARA SU ESTABILIZACIÓN EN PAVIMENTOS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN
SOLICITANTE	: Bach. JHON ALEX APAZA MAMANI
MUESTRA	: CON 7% DE CEMENTO PORTLAND
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JULIACA
CANERA	: TAPARACHI
FECHA	: 24 DE MAYO DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2079 cm3
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10765	11003	11031	10785
Peso del Molde	gr.	5940	5940	5940	5940
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm3.	4825	5063	5091	4845
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	2.321	2.435	2.449	2.330

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	112.80	101.62	135.38	103.62	119.00	124.82	121.01	113.47
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	106.88	96.82	125.96	97.58	109.92	115.59	110.63	103.93
Peso del Agua	gr.	5.92	4.80	9.42	6.04	9.08	9.23	10.38	9.54
Peso de la Capsula	gr.	38.63	40.45	38.42	38.44	39.44	40.41	39.72	38.08
Peso del Suelo Seco	gr.	68.25	56.37	87.54	59.14	70.48	75.18	70.91	65.85
% de Humedad	%	8.67%	8.52%	10.76%	10.21%	12.88%	12.28%	14.64%	14.49%
Promedio de Humedad	%	8.59%		10.49%		12.58%		14.56%	
Densidad del Suelo Seco	%	2.137		2.204		2.175		2.034	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO C	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.251 gr/cm3
		HUMEDAD OPTIMA	: 11.01%



OBSERVACIONES: LOS DATOS FUERON OBTENIDOS POR EL SOLICITANTE

UANCV - FICE
 CAP INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO
 M.S.C.A.
 M. ANA LIDIA TORRES
 CIP: 103257

B. N° 006-00296517



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

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CEMENTO PORTLAND EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE BASES GRANULARES PARA SU ESTABILIZACIÓN EN PAVIMENTOS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN
SOLICITANTE	: Bach. JHON ALEX APAZA MAMANI
MUESTRA	: CON 7% DE CEMENTO PORTLAND
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JULIACA
CANTERA	: TAPARACHI
FECHA	: 24 DE MAYO DEL 2024

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

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10652	10410	10982	10826	11091	10971
Peso del Molde	gr.	6743	6743	6694	6694	6748	6748
Peso del Suelo Humedo	gr.	3909	3667	4288	4132	4343	4223
Volumen del Suelo	cc.	2098.60	2098.60	2098.60	2098.60	2116.88	2116.88
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.863	1.747	2.043	1.969	2.052	1.995

Capsula No	No											
Suelo Humedo + Capsula	gr.	341.59	321.45	248.25		311.79	278.43	332.40		315.28	320.45	319.16
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	295.69	279.23	227.86		277.02	246.17	305.27		282.84	287.79	292.23
Peso del Agua	gr.	45.90	42.22	20.39		34.77	32.26	27.13		32.44	32.66	26.93
Peso de la Capsula	gr.	38.45	36.91	39.72		38.44	38.08	39.44		40.41	38.63	40.45
Peso del Suelo Seco	gr.	257.24	242.32	188.14		238.58	208.09	265.83		242.43	249.16	251.78
% de Humedad	%	17.84%	17.42%	10.84%		14.57%	15.50%	10.21%		13.38%	13.11%	10.70%
Promedio de Humedad	%	17.63%		10.84%		15.04%	10.21%			13.24%	10.70%	
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.583		1.576		1.776	1.787			1.812	1.802	

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
20/05/2024	3:40: p.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
21/05/2024	3:40: p.m.	24:00:00	0.40	0.01	0.01	0.31	0.01	0.01	0.25	0.01	0.01
22/05/2024	3:40: p.m.	48:00:00	0.43	0.01	0.01	0.33	0.01	0.01	0.27	0.01	0.01
23/05/2024	3:40: p.m.	72:00:00	0.45	0.01	0.01	0.35	0.01	0.01	0.29	0.01	0.01
24/05/2024	3:40: p.m.	96:00:00	0.47	0.01	0.01	0.36	0.01	0.01	0.30	0.01	0.01

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		47.10	225	11.4		67.60	312	15.8		145.60	643	32.5	
1.27	01:00		75.80	347	17.5		147.20	650	32.9		250.40	1088	55.0	
1.91	01:30		101.50	456	23.0		184.20	807	40.8		310.60	1343	67.9	
2.54	02:00	70.31	120.80	538	27.2		220.00	959	48.5		348.00	1502	75.9	
3.81	03:00		155.00	683	34.5		271.80	1179	59.6		390.30	1682	85.0	
5.09	04:00	105.00	182.50	800	40.4		304.50	1318	66.6		429.30	1847	93.4	
6.35	05:00		198.80	869	43.9		335.60	1450	73.3		455.60	1959	99.0	
7.62	06:00		218.20	951	48.1		360.20	1554	78.6		475.30	2043	103.2	
8.84	07:00													
10.16	08:00													

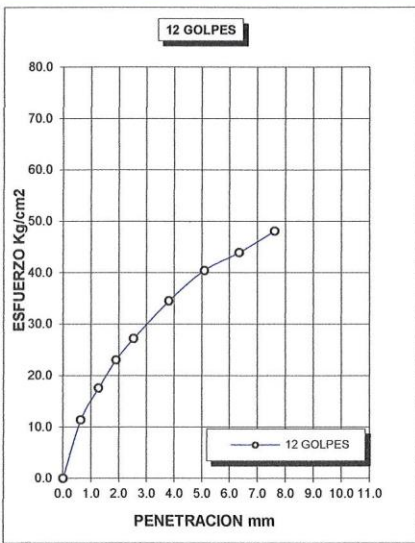
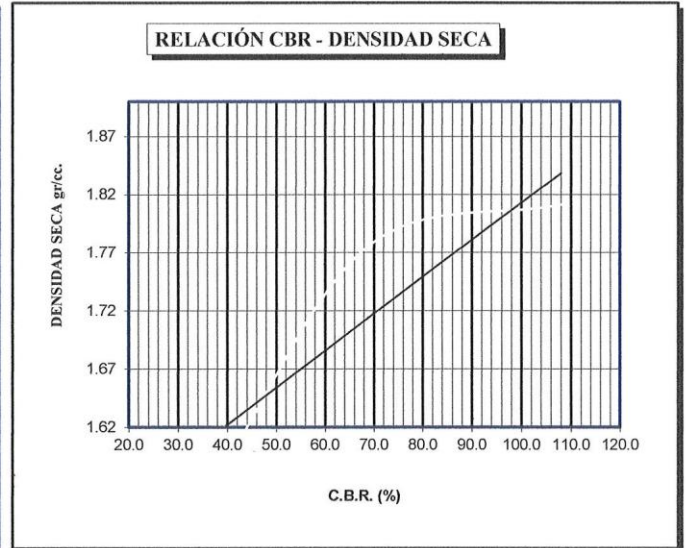
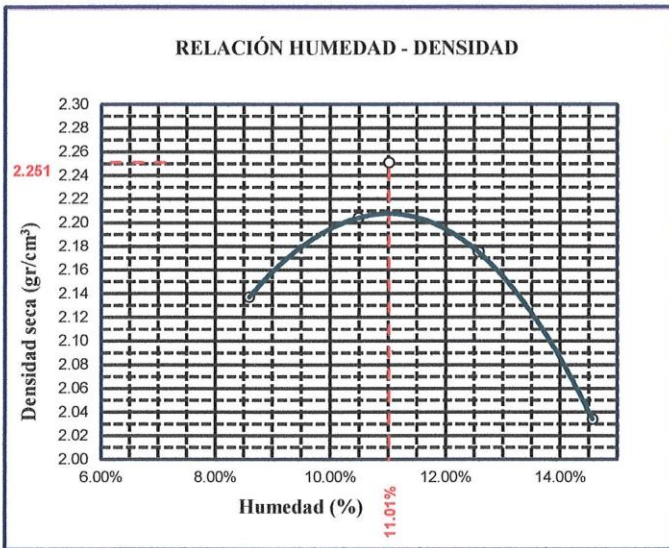
OBSERVACIONES: LOS DATOS FUERON OBTENIDOS POR EL SOLICITANTE

UANCV - FICP
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO N.S.C. JULIACA
 JEFEATURA
 Mgtr. ARNALDO YANATORRES
 CIP 103257

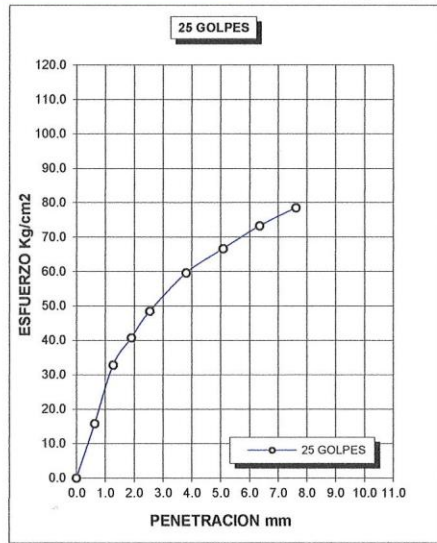
B. N° 006-00296517



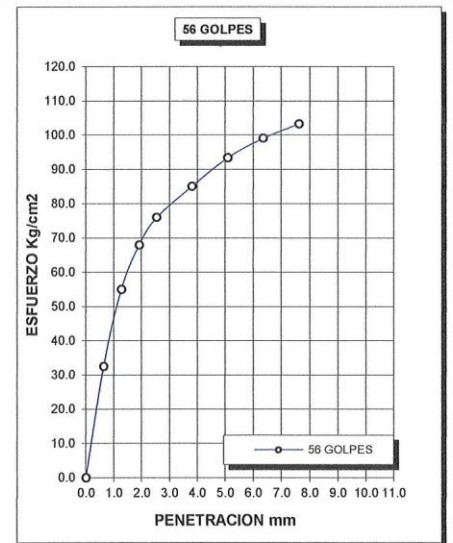
TESIS :	INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CEMENTO PORTLAND EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE BASES GRANULARES PARA SU ESTABILIZACIÓN EN PAVIMENTOS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	Bach. JHON ALEX APAZA MAMANI	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	2.251
MUESTRA :	CON 7% DE CEMENTO PORTLAND	HUMEDAD OPTIMA (%)	11.01%
UBICACIÓN :	DISTRITO DE JULIACA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	108.0
CANTERA :	CHINGORA	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	69
FECHA :	24 DE MAYO DEL 2024	CLASIFICACIÓN :	
		AASHTO :	
		EMBEBIDO :	4 DIAS



CBR 39



CBR 69



CBR 108

UANCV / FICP
INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A.
JEFATURA
Mgtr. ARNALDO YAMATO TORRES
CIP 103257

B. N° 006-00296517



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

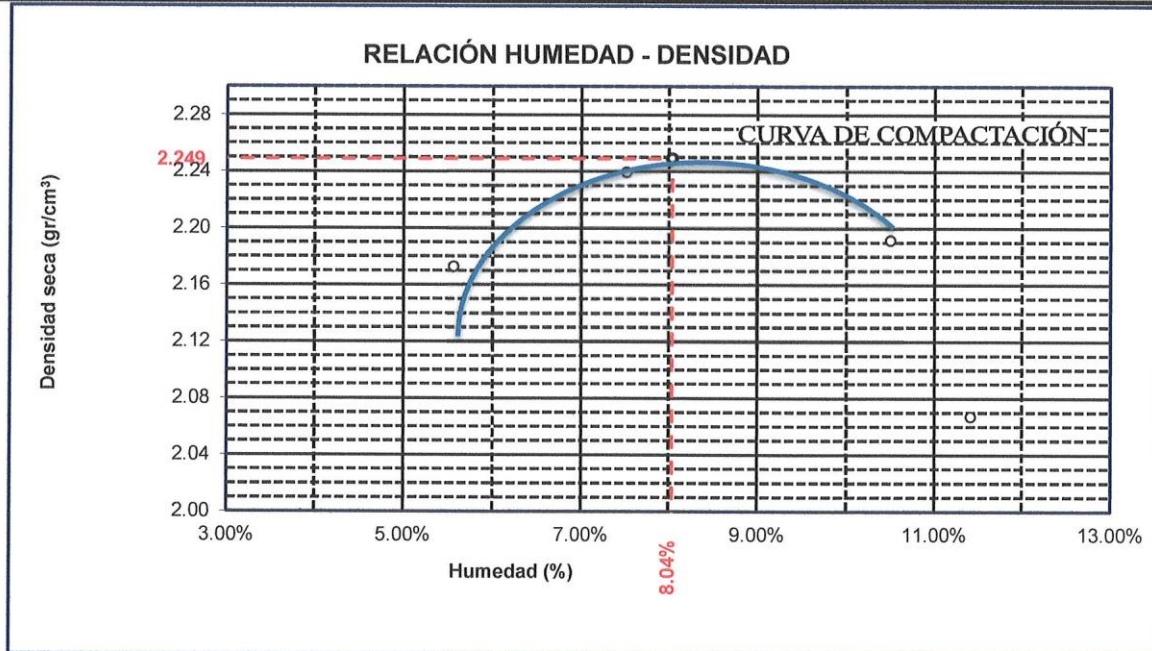
TESIS	: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CEMENTO PORTLAND EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE BASES GRANULARES PARA SU ESTABILIZACIÓN EN PAVIMENTOS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN
SOLICITANTE	: Bach. JHON ALEX APAZA MAMANI
MUESTRA	: CON 5% DE CEMENTO PORTLAND
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JULIACA
CANTERA	: TAPARACHI
FECHA	: 24 DE MAYO DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2079 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10708	10946	10974	10728
Peso del Molde	gr.	5940	5940	5940	5940
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4768	5006	5034	4788
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	2.293	2.408	2.421	2.303

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	110.20	99.55	133.62	101.22	117.20	122.03	119.06	111.06
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	106.55	96.33	125.10	98.10	108.55	115.63	110.47	104.01
Peso del Agua	gr.	3.65	3.22	8.52	3.12	8.65	6.40	8.59	7.05
Peso de la Capsula	gr.	38.60	40.40	38.38	38.25	39.40	40.20	39.70	38.06
Peso del Suelo Seco	gr.	67.95	55.93	86.72	59.85	69.15	75.43	70.77	65.95
% de Humedad	%	5.37%	5.76%	9.82%	5.21%	12.51%	8.48%	12.14%	10.69%
Promedio de Humedad	%	5.56%		7.52%		10.50%		11.41%	
Densidad del Suelo Seco	%	2.173		2.240		2.191		2.067	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO C	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.249 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	: 8.04%



OBSERVACIONES: LOS DATOS FUERON OBTENIDOS POR EL SOLICITANTE

UANCV - FICE
CAP INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO
M.S.C.A.
JEFATURA

MOL. ARNANDO YANATORRES
C.R. 03257

B. N° 006-00296517



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CEMENTO PORTLAND EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE BASES GRANULARES PARA SU ESTABILIZACIÓN EN PAVIMENTOS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN						
SOLICITANTE	Bach. JHON ALEX APAZA MAMANI						
MUESTRA	CON 5% DE CEMENTO PORTLAND						
UBICACIÓN	DISTRITO DE JULIACA						
CANTERA	TAPARACHI						
FECHA	24 DE MAYO DEL 2024						

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

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10842	10429	11018	10817	11015	10823
Peso del Molde	gr.	6743	6743	6694	6694	6748	6748
Peso del Suelo Humedo	gr.	4099	3686	4324	4123	4267	4075
Volumen del Suelo	cc.	2098.60	2098.60	2098.60	2098.60	2116.88	2116.88
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.953	1.756	2.060	1.965	2.016	1.925

Capsula No	No											
Suelo Humedo + Capsula	gr.	202.99	239.87	304.55	267.20	269.66	312.15	249.55	282.55	328.60		
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	176.10	219.55	293.06	233.60	239.50	291.06	221.10	245.03	306.09		
Peso del Agua	gr.	26.89	20.32	11.49	33.60	30.16	21.09	28.45	37.52	22.51		
Peso de la Capsula	gr.	37.50	37.00	38.00	37.00	38.00	38.60	38.10	38.00	37.00		
Peso del Suelo Seco	gr.	138.60	182.55	255.06	196.60	201.50	252.46	183.00	207.03	269.09		
% de Humedad	%	19.40%	11.13%	4.50%	17.09%	14.97%	8.35%	15.55%	18.12%	8.37%		
Promedio de Humedad	%	15.27%		4.50%	16.03%		8.35%	16.83%		8.37%		
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.695		1.681	1.776		1.813	1.725		1.776		

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
20/05/2024	3:40: p.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
21/05/2024	3:40: p.m.	24:00:00	0.54	0.01	0.01	0.52	0.01	0.01	0.50	0.01	0.01
22/05/2024	3:40: p.m.	48:00:00	0.63	0.02	0.01	0.59	0.01	0.01	0.63	0.02	0.01
23/05/2024	3:40: p.m.	72:00:00	0.75	0.02	0.02	0.66	0.02	0.01	0.70	0.02	0.02
24/05/2024	3:40: p.m.	96:00:00	0.80	0.02	0.02	0.77	0.02	0.02	0.78	0.02	0.02

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		45.30	217	11.0		75.10	344	17.4		143.50	634	32.1	
1.27	01:00		43.20	208	10.5		135.60	601	30.4		218.50	953	48.1	
1.91	01:30		99.80	449	22.7		170.20	748	37.8		268.10	1163	58.8	
2.54	02:00	70.31	117.40	523	26.5		204.00	891	45.0		311.00	1345	68.0	
3.81	03:00		153.60	677	34.2		251.30	1092	55.2		388.80	1675	84.7	
5.09	04:00	105.00	180.10	790	39.9		295.30	1279	64.6		427.10	1838	92.9	
6.35	05:00		196.30	858	43.4		333.20	1439	72.8		453.60	1950	98.6	
7.62	06:00		216.30	943	47.7		358.60	1547	78.2		473.60	2035	102.9	
8.84	07:00													
10.16	08:00													

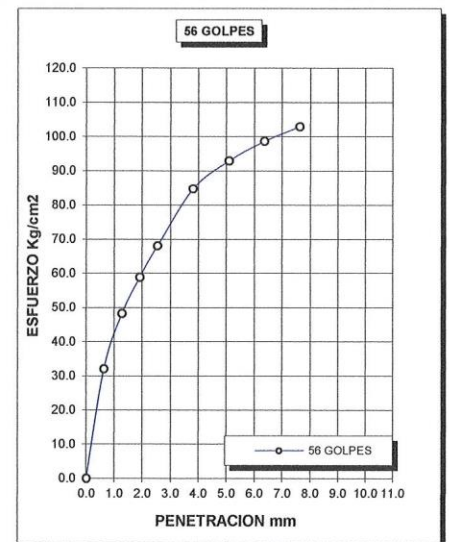
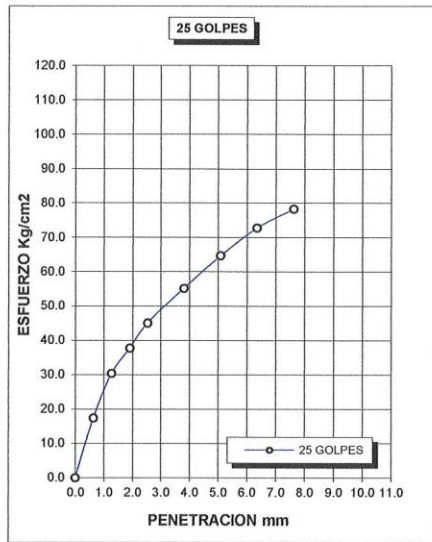
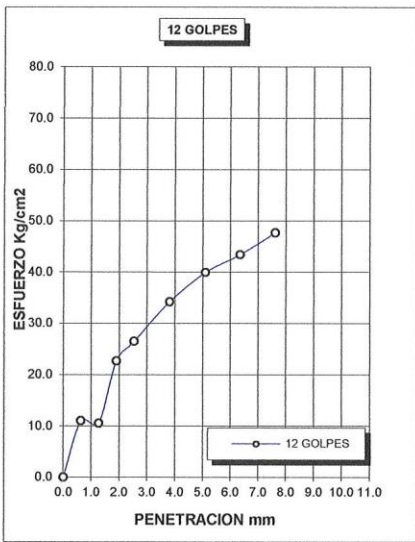
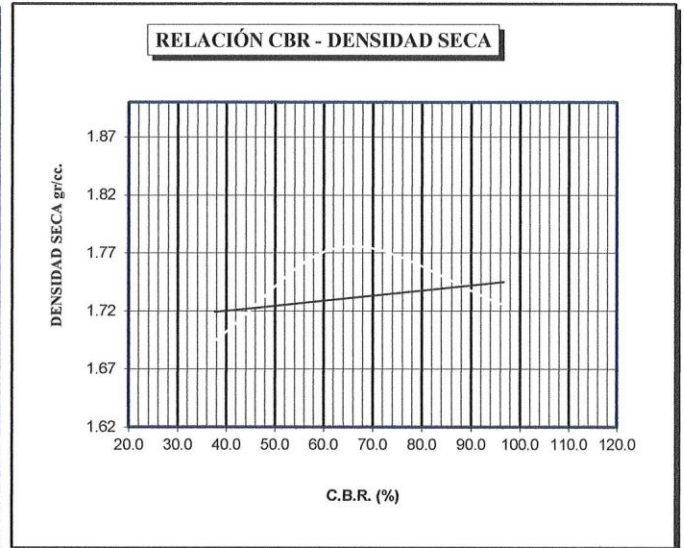
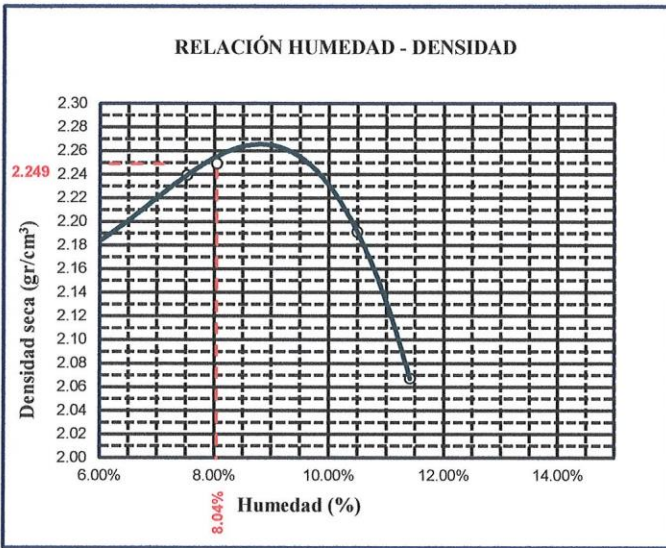
OBSERVACIONES: LOS DATOS FUERON OBTENIDOS POR EL SOLICITANTE


 UANCV FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO
 M.S.C.A.
 JEFATURA
 Mgr. ARNALDO YANATORRES
 CAP 103257

B. N° 006-00296517



TESIS :	INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CEMENTO PORTLAND EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE BASES GRANULARES PARA SU ESTABILIZACIÓN EN PAVIMENTOS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. JHON ALEX APAZA MAMANI	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 2.249
MUESTRA :	CON 5% DE CEMENTO PORTLAND	HUMEDAD OPTIMA (%) 8.04%
UBICACIÓN :	DISTRITO DE JULIACA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 96.7
CANTERA :	CHINGORA	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 64.1
FECHA :	24 DE MAYO DEL 2024	CLASIFICACIÓN :
		AASHTO :
		EMBEBIDO : 4 DIAS



UANCV - FCP
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
JEFATURA
Mtr. ARNALDO YAMA TORRES
CIP 103257

B. N° 006-00296517



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

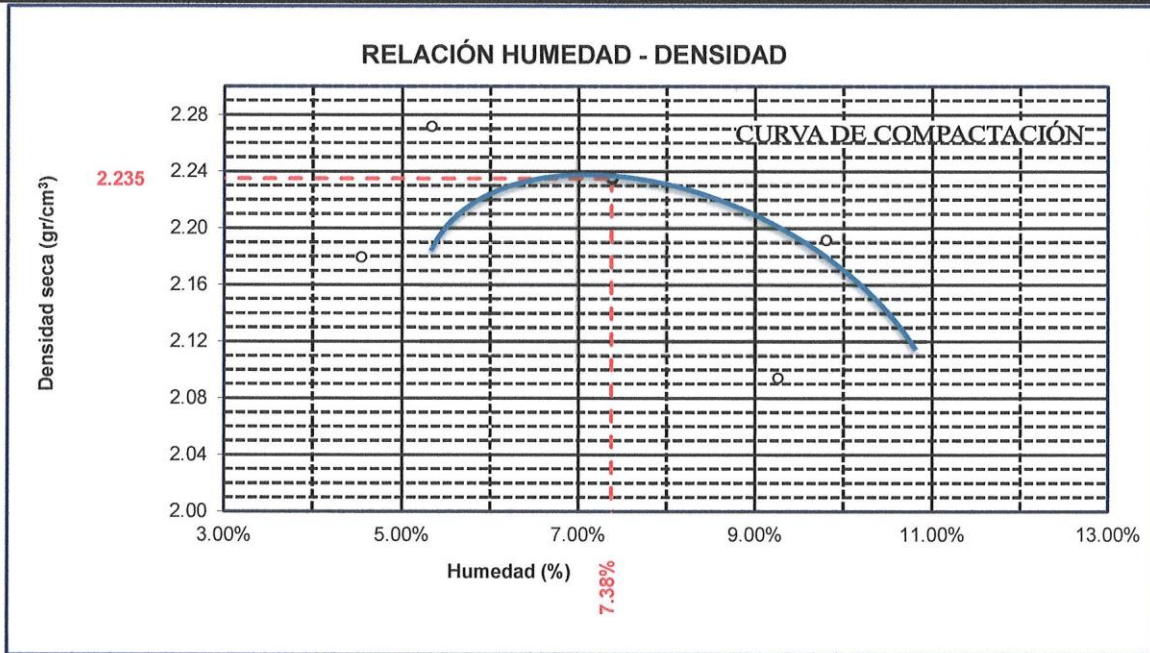
TESIS	: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CEMENTO PORTLAND EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE BASES GRANULARES PARA SU ESTABILIZACIÓN EN PAVIMENTOS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN
SOLICITANTE	: Bach. JHON ALEX APAZA MAMANI
MUESTRA	: CON 3% DE CEMENTO PORTLAND
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JULIACA
CANTERA	: TAPARACHI
FECHA	: 24 DE MAYO DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2079 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10675	10913	10941	10695
Peso del Molde	gr.	5938	5938	5938	5938
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4737	4975	5003	4757
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	2.278	2.393	2.406	2.288

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	109.33	98.55	132.10	100.06	116.20	121.30	118.10	110.06
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	106.33	96.00	124.10	99.30	107.44	116.33	109.55	105.74
Peso del Agua	gr.	3.00	2.55	8.00	0.76	8.76	4.97	8.55	4.32
Peso de la Capsula	gr.	39.00	41.00	39.00	39.60	40.10	41.00	39.06	38.20
Peso del Suelo Seco	gr.	67.33	55.00	85.10	59.70	67.34	75.33	70.49	67.54
% de Humedad	%	4.46%	4.64%	9.40%	1.27%	13.01%	6.60%	12.13%	6.40%
Promedio de Humedad	%	4.55%		5.34%		9.80%		9.26%	
Densidad del Suelo Seco	%	2.179		2.272		2.192		2.094	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO C	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.235 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	: 7.38%



OBSERVACIONES: LOS DATOS FUERON OBTENIDOS POR EL SOLICITANTE

UANCV - FCP
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
JEFE DE LABORATORIO
M. S. C. A. JEFATURA
M. ARNALDO YANA TORRES
M. P. 400257

B. N° 006-00296517



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

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CEMENTO PORTLAND EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE BASES GRANULARES PARA SU ESTABILIZACIÓN EN PAVIMENTOS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN
SOLICITANTE	: Bach. JHON ALEX APAZA MAMANI
MUESTRA	: CON 3% DE CEMENTO PORTLAND
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JULIACA
CANTERA	: TAPARACHI
FECHA	: 24 DE MAYO DEL 2024

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

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10817	10462	11012	10827	11018	10819
Peso del Molde	gr.	6743	6743	6694	6694	6748	6748
Peso del Suelo Humedo	gr.	4074	3719	4318	4133	4270	4071
Volumen del Suelo	cc.	2098.60	2098.60	2098.60	2098.60	2116.88	2116.88
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.941	1.772	2.058	1.969	2.017	1.923

Capsula No	No											
Suelo Humedo + Capsula	gr.	201.10	253.60	315.20	265.30	269.30	309.60	246.10	274.55	329.88		
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	173.11	215.20	289.33	229.50	239.60	288.00	219.50	244.55	305.70		
Peso del Agua	gr.	27.99	38.40	25.87	35.80	29.70	21.60	26.60	30.00	24.18		
Peso de la Capsula	gr.	38.00	37.50	38.60	39.00	39.20	38.00	38.50	39.30	38.60		
Peso del Suelo Seco	gr.	135.11	177.70	250.73	190.50	200.40	250.00	181.00	205.25	267.10		
% de Humedad	%	20.72%	21.61%	10.32%	18.79%	14.82%	8.64%	14.70%	14.62%	9.05%		
Promedio de Humedad	%	21.16%		10.32%	16.81%		8.64%	14.66%		9.05%		
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.602		1.606	1.762		1.813	1.759		1.763		

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
20/05/2024	3:40: p.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
21/05/2024	3:40: p.m.	24:00:00	0.64	0.02	0.01	0.52	0.01	0.01	0.54	0.01	0.01
22/05/2024	3:40: p.m.	48:00:00	0.70	0.02	0.02	0.59	0.01	0.01	0.61	0.02	0.01
23/05/2024	3:40: p.m.	72:00:00	0.83	0.02	0.02	0.64	0.02	0.01	0.67	0.02	0.01
24/05/2024	3:40: p.m.	96:00:00	0.88	0.02	0.02	0.67	0.02	0.01	0.71	0.02	0.02

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		41.50	201	10.2		76.30	349	17.6		143.50	634	32.1	
1.27	01:00		38.50	189	9.5		110.30	493	24.9		218.50	953	48.1	
1.91	01:30		94.50	426	21.5		144.30	638	32.2		268.10	1163	58.8	
2.54	02:00	70.31	112.70	503	25.5		168.00	738	37.3		296.00	1281	64.8	
3.81	03:00		148.60	656	33.2		205.60	898	45.4		360.20	1554	78.6	
5.09	04:00	105.00	175.30	769	38.9		240.10	1044	52.8		395.60	1704	86.1	
6.35	05:00		191.20	837	42.3		280.10	1214	61.4		430.20	1851	93.6	
7.62	06:00		211.50	923	46.6		315.60	1365	69.0		460.50	1980	100.1	
8.84	07:00													
10.16	08:00													

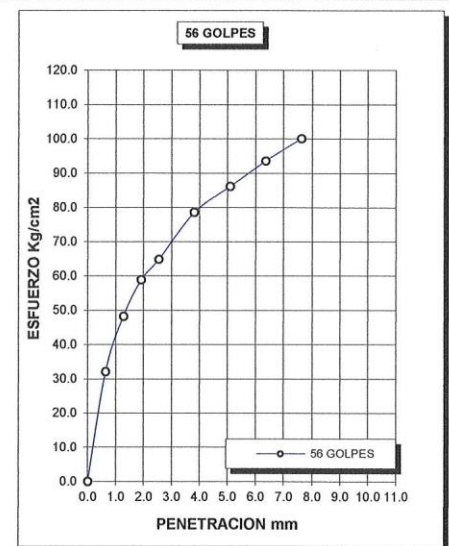
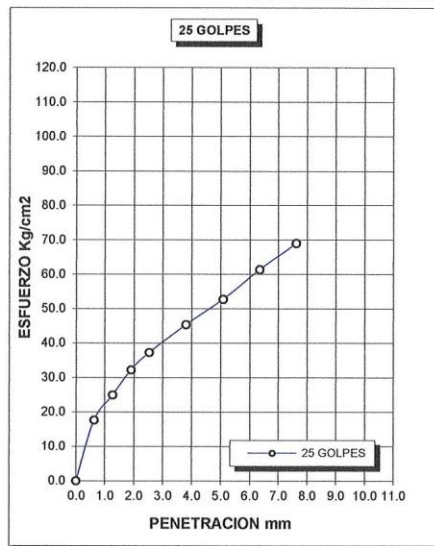
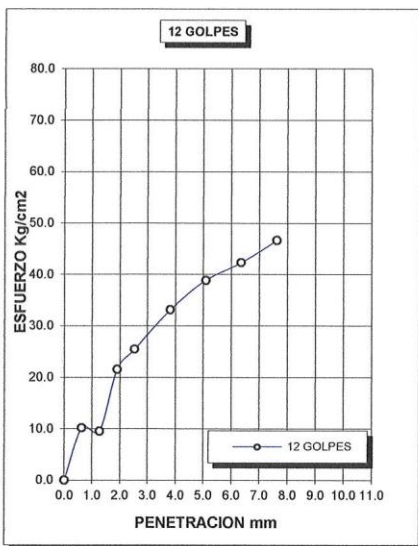
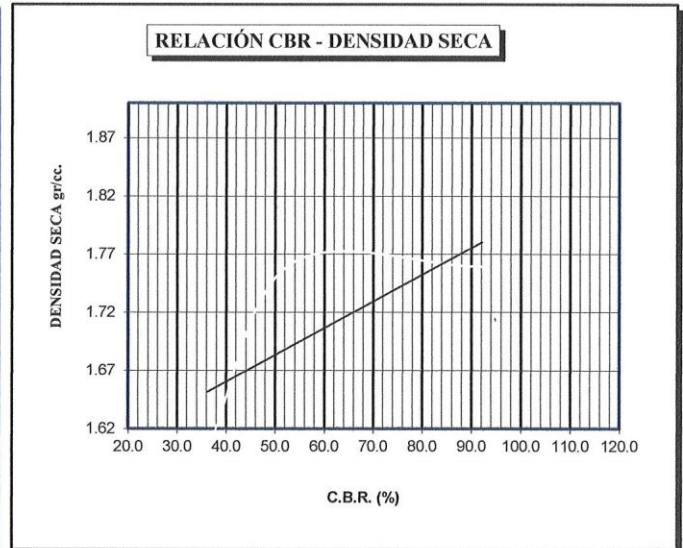
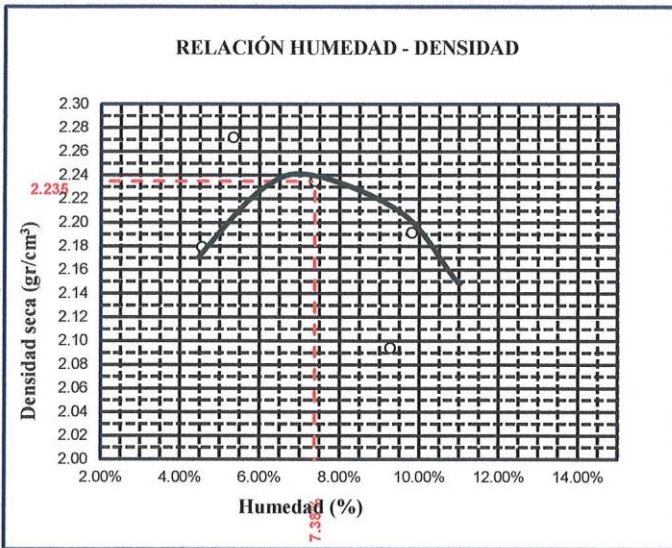
OBSERVACIONES: LOS DATOS FUERON OBTENIDOS POR EL SOLICITANTE


 UANCV - ICP
 CAP INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
 Mgr. ARNANDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00296517



TESIS	INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CEMENTO PORTLAND : EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE BASES GRANULARES PARA SU ESTABILIZACIÓN EN PAVIMENTOS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO	: Bach. JHON ALEX APAZA MAMANI	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)	2.235
MUESTRA	: CON 3% DE CEMENTO PORTLAND	HUMEDAD OPTIMA (%)	7.38%
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JULIACA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	92.1
CANTERA	: CHINGORA	CBR AL 95 DE M.D.S. (%)	53.1
FECHA	: 24 DE MAYO DEL 2024	CLASIFICACIÓN :	
		AASHTO	:
		EMBEBIDO	: 4 DIAS



UANCY - FICP
CIP INGENIERÍA CIVIL

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

Migr. ARNALDO YANA TORRES
CIP 103257

B. N° 006-00296517



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital [X]

Fecha de entrega: 05-11-2024

1. Datos del autor (es):

Formulario with fields for author information: Nombres y Apellidos, Dirección, DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°, Teléfono, email, Facultad y/o Escuela de Posgrado, Escuela Profesional o Mención, Título o Grado Académico a optar, Asesor, Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones, Trabajo de Investigación, Tesis, Trabajo de Suficiencia Profesional, Trabajo Académico, Título, Palabras claves, ¿Esta obra se desarrolló en la UANCV?, 1,2



2. Referencia de tesis:

Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

Sí autorizo
 No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE MATERIALES



05 - 11 - 2024

Firma de Autor

huella digital

Fecha