



Universidad de Guayaquil

**FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

INGENIERO CIVIL

VIAS

**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO
ENTRE UNA BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO Y UNA BASE
ESTABILIZADA CON CEMENTO MAS ADICIÓN DE FIBRAS
VEGETALES**

AUTOR: ARIANA MICHELL AGUILAR LOAIZA.

TUTOR: ING.GINO FLOR CHÁVEZ, MSc.

GUAYAQUIL, JUNIO 2020

Agradecimiento

Primero tengo que agradecer a Dios y mi Ángel por permitirme realizar con salud y sabiduría mi carrera profesional, dándome la fortaleza y la fe para hoy poder llegar a esta etapa culminante.

A mi alma mater la “Universidad de Guayaquil” y Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas por ser mi centro de enseñanza y lograr convertirme en un profesional competente y responsable en el ámbito laboral.

A mi familia que ha sido el eje fundamental en cada momento brindándome el apoyo condicional en las épocas buenas, malas y las peores, gracias a todos sus sacrificios realizados he podido en convertirme en la persona que soy ahora.

A mis docentes por tener la paciencia y conocimiento para guiarnos en este camino de aprendizaje constante tanto en la teoría como en la práctica en la ingeniería civil.

A mi tutor Ing. Gino Flor Chávez, por su apoyo y orientación que me ha ayudado a sacar adelante este trabajo de Titulación.

Gracias a GEOCIMENTOS S.A. por permitirme realizar los ensayos de experimentación en su laboratorio de suelos.

Dedicatoria

Este trabajo de titulación se lo dedico primero a Dios pues me ha dado la voluntad y salud para adquirir nuevos conocimientos y lograr culminar esta etapa.

A mis padres Luis Alberto Aguilar y Celia Rosa Loaiza Romero, gracias por su amor ilimitado, sus sacrificios que me han brindado la fortaleza para hoy ser una excelente profesional.

A mis hermanos Jennifer Pamela Aguilar Loaiza, Nathaly Yamileth Aguilar Loaiza y Jean Pierre Aguilar Loaiza por sus palabras de aliento y motivación en las situaciones más difíciles y demostrarme que soy muy valiente y capaz de lograr mis objetivos.

A mis docentes por enseñarme sus conocimientos acerca de la ingeniería civil y enseñarme a usar la herramientas adecuadas durante estos 5 años de estudio.

Declaración Expresa

Artículo XI.- del Reglamento Interno de Graduación de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil.

La responsabilidad de los hechos ideas y doctrinas expuestas en este Trabajo de Titulación corresponde exclusivamente al autor y al Patrimonio Intelectual de la Universidad de Guayaquil.



Ariana Michell Aguilar Loaiza

C.I. No.070622222-1



Universidad de Guayaquil
Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas
Escuela de Ingeniería Civil

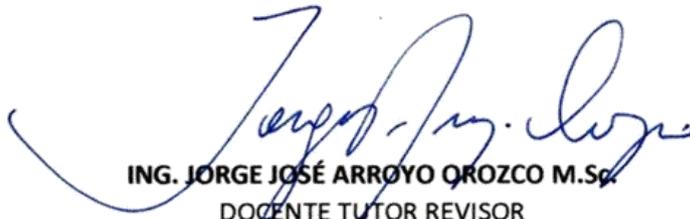
UNIDAD DE TITULACION
Telf.: 2283348

ANEXO 11

Guayaquil, 24 de marzo del 2020

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR REVISOR

Ing. Jorge José Arroyo Orozco Msc, habiendo sido nombrado tutor del trabajo de titulación **ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO ENTRE UNA BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO Y UNA BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO MAS ADICIÓN DE FIBRAS VEGETALES**, certifico que el presente elaborado por la estudiante: Aguilar Loaiza Ariana Michell con C.I 070622222-1, del núcleo estructurante VIAS , con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de **INGENIERO CIVIL**, en la Carrera de Ingeniería Civil, ha sido **REVISADO Y APROBADO** en todas sus partes, encontrándose apto para su sustentación.



ING. JORGE JOSÉ ARROYO OROZCO M.Sc.

DOCENTE TUTOR REVISOR

C.I 0911953321



Universidad de Guayaquil
Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas
Escuela de Ingeniería Civil

UNIDAD DE TITULACION
Tel.: 2283348

ANEXO 12

Guayaquil, 24 de Marzo 2020

LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS

Yo, **AGUILAR LOAIZA ARIANA MICHELL** con C.I. N.º **070622222-1**, certifico que los comentarios desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es **“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO ENTRE UNA BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO Y UNA BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO MAS ADICIÓN DE FIBRAS VEGETALES”**, son de mi absoluta propiedad y responsabilidad y según el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, autorizo el uso de una licencia gratuita intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la presente obra con fines académicos, en favor de la Universidad de Guayaquil, para que haga uso del mismo, como fuera pertinente.

Atentamente,

AGUILAR LOAIZA ARIANA MICHELL
C.I. No. 070622222-1

“CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN (Registro Oficial n. 899-Dic./2016) Artículo 114.- De los titulares de derechos de obras creadas en las instituciones de educación superior y centros educativos.- En el caso de las obras creadas en centros educativos, universidades, escuelas politécnicas, institutos superiores técnicos, tecnológicos, pedagógicos, de arte y los conservatorios superiores, e institutos públicos de investigación como resultado de su actividad académica o de investigación tales como trabajos de titulación, proyectos de investigación o innovación, artículos académicos, u otros análogos, sin perjuicio de que pueda existir relación de dependencia, la titularidad de los derechos patrimoniales corresponderá a los autores. Sin embargo, el establecimiento tendrá una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra con fines académicos.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



ING. JAVIER CÓRDOVA RIZO, MSc.
Presidente del Tribunal



ING. JORGE ARROYO OROZCO, MSc.
Vocal



ING. DAVID STAY COELLO, MSc.
Vocal

ÍNDICE GENERAL

Agradecimiento	ii
Dedicatoria	iii
Declaración Expresa	iv
Tribunal de Graduación.....	vii
Resumen	xv
Abstract	xvi

CAPITULO I

Plan de Investigación

1.1 Introducción.....	1
1.2 Presentación de problema	2
1.2.1 Situación Problemática.....	2
1.3 Hipótesis	3
1.4 Objetivos	3
1.4.1 Objetivo General	3
1.4.2 Objetivos Específicos.....	3
1.5 Delimitación del tema.....	3
1.6 Justificación.....	4

CAPITULO II

Marco Teórico

2.1 Pavimento	6
2.2 Tipos de Pavimento	6
2.2.1 Pavimentos Flexibles	6
2.2.2 Pavimentos Semi-Rígidos	6
2.2.3 Pavimentos Rígidos	7
2.2.4 Pavimentos Articulados.....	7

2.3 Función de la capas del Pavimento	7
2.4 Estabilización de Suelos	8
2.4.1 Métodos Físicos	8
2.4.2 Métodos Mecánicos	8
2.4.3 Métodos Químicos	9
2.4.4 Estabilización con Cemento	9
2.5 Tipos de mezclas de suelo tratadas con cemento	10
2.6 Propiedades de las mezclas de suelos tratados con cemento	10
2.7 Resistencia a la Compresión	11
2.8 Tipo de bases según el MTOP	11
2.9 Bases estabilizadas con Cemento	14
2.10 Dosificación Suelo-Cemento	15
2.11 Fibras	16
2.12 Clasificación de las Fibras	17
2.13 Fibras Vegetales	17
2.13.1 Refuerzo con Fibra	18
2.13.2 Longitud y diámetro de la Fibra	19
2.13.3 Cantidad de Fibras	19
2.14 Fibra Vegetal de Abacá	20
2.14.1 Clases de la Fibra Abacá	20
2.15 Aglomerante Químico	22
2.15.1 Ventajas de Holcim base vial	22
2.16 Clasificación de Suelos	23
2.16.1 AASHTO (American Association of State Highway Officials)	23

2.16.2 SUCS (Sistema Unificado para la clasificación de Suelos)	25
---	----

CAPITULO III

Desarrollo de Investigación

3.1 Caracterización de la Base	27
3.2 Desarrollo de los ensayos de Laboratorio	28
3.2.1 Granulometría	28
3.3 Límites de Atteberg	31
3.3.1 Límite Líquido	31
3.3.2 Límite plástico	32
3.4 Clasificación de Suelos	32
3.5 Ensayo Abrasión de los Ángeles.....	33
3.6 Ensayo de Pureza de los Agregados (Sulfato).....	35
3.7 Ensayo Proctor Modificado	37
3.8 CBR (California Bearing Ratio)	40
3.9 Caracterización Final	45
3.9.1. Porcentaje de cemento a utilizar	45
3.9.2. Metodología de la Fibra vegetal de Abacá	46
3.10. Metodología para elaboración de la bases.....	46
3.11 Vigas (Resistencia a la Flexión)	47
3.12 Cilindros – Bases Estabilizadas con Cemento	50
3.13 Cilindros – Bases Estabilizadas con Cemento - Fibra.....	54

CAPITULO IV

Análisis de los Resultados

4.1 Caracterización Final del material	55
4.2. Porcentaje Óptimo de Cemento	55

4.3 Vigas resistentes a la flexión -Módulo de Rotura	58
4.4 Análisis entre un Proctor Modificado	59
4.5 Análisis de los Índice de CBR	60

CAPITULO IV

Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones.....	62
5.2 Recomendaciones	63

Bibliografía

ANEXOS

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Distribución de cargas del tráfico en distintas bases.	15
Ilustración 2: Clasificación de las fibras.....	17
Ilustración 3: Refuerzos de alambres, fibras y whiskers.....	19
Ilustración 4: Fibra Vegetal de Abacá.....	20
Ilustración 6: Carta de Plasticidad	26
Ilustración 7: Muestras para ensayos.	27
Ilustración 8: Composición de los agregados según los distintos tamices	28
Ilustración 9: Tamices para realizar Granulometría.....	29
Ilustración 10: Máquina Vibratoria para Granulometría.	29
Ilustración 11: Granulometria Via Humedad	30
Ilustración 12: Granulometria Via Seca	30
Ilustración 13: Grafica Volumen de la masa de suelo vs Contenido de Agua	31
Ilustración 14: Máquina para realizar el degaste de los materiales.	34
Ilustración 16: Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad Suelo Natural ...	38
Ilustración 17: Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad 4% Cemento	39
Ilustración 18. Curva 4% Cemento + 0.5 fibra	39
Ilustración 19: Muestras para determinar la Humedad Proctor Modificado.	40
Ilustración 20: Medida de Expansión de la muestra.	41
Ilustración 21: Curva de Presión vs Penetración del Suelo en Estado Natural.	41
Ilustración 22: Grafica para determinar el CBR- Suelo en Estado Natural	42
Ilustración 23: Curva de Presión vs Penetración del Suelo.....	43
Ilustración 24: Grafica para determinar el CBR del Suelo	44
Ilustración 25: Aplicación de la Carga de Rotura de la Viga.....	49
Ilustración 26: Modelo de Falla	49

Ilustración 27: Esquema de BASE CEMENTADA al aplicar las cargas.	51
Ilustración 28: Espécimen a Ensayar	51
Ilustración 29: Modelo de Falla	52
Ilustración 30: Muestras de bases cementadas.	52
Ilustración 31: BAEC-F (Espécimen con fibra vegetal de Abacá)	54
Ilustración 32: Resultados de Bases Cementadas con distintos porcentajes.....	56
Ilustración 33: BAEC -F con porcentaje de Cemento del 4% y 0,5% fibra.	57
Ilustración 34: BAEC -F con porcentaje de Cemento del 4% y 0,5% fibra.	57
Ilustración 35: Resultados de Ensayo a la Flexión.....	58
Ilustración 36: Resultados del Contenido de Humedad óptimo.....	59
Ilustración 37: Resultados de la Densidad Seca Máxima.....	60
Ilustración 38: Valores del índice de CBR de los ensayos realizados.	61

Índice de Tablas

Tabla 1: Límites granulométricos para Bases Granulares según MTOP.	13
Tabla 2: Límites granulométricos para BAEC según MTOP	14
Tabla 3: Clasificación Fibras Vegetales.....	18
Tabla 4: Clasificación de Suelos- MÉTODO AASTHO	25
Tabla 5: Valores para obtener los coeficientes Cc y Cu.	33
Tabla 6: Coeficientes de Gradación.....	33
Tabla 7: Resultados de la Clasificación Final del Suelo.	33
Tabla 8: Métodos para el ensayo de Abrasión de los Ángeles.	34
Tabla 9: Porcentaje de Pérdida (%) por medio del Método B.....	35
Tabla 10: Tamices a Utilizarse en Ensayo Agregado a los sulfatos.	36
Tabla 11: Porcentaje de Pérdida debido al desgaste con sulfato (%).	36
Tabla 12: Métodos para realizar el Ensayo Proctor Modificado.....	38
Tabla 13: Tabla de Resultados del Ensayo Proctor Modificado- Estado Natural.....	38
Tabla 14: Tabla de Resultados del Suelo 4% de Cemento.....	39
Tabla 15: Tabla de Resultados del Suelo 4% de Cemento + 0.5% Fibra.	40
Tabla 16: Resultados del Ensayo de CBR- Suelo Estado Natural.....	42
Tabla 17: CBR 95% Y 100% del Suelo Natural	42
Tabla 18: Resultados del Ensayo de CBR del Suelo 4% Cemento + 0,5% Fibra....	43
Tabla 19: Valores del índice del CBR al 95% y 100% del Suelo	44
Tabla 20: Resultados de la Caracterización del Material.....	45
Tabla 21: Contenidos típicos recomendables en mezclas de Holcim Base Vial.....	46
Tabla 22: Carga de Rotura de los especímenes ensayados.	50
Tabla 23: Esfuerzo de Rotura de los especímenes ensayados - BAEC.....	53
Tabla 24: Esfuerzo de Rotura de los especímenes ensayados - BAEC-F.....	54

RESUMEN

Autor: Ariana Michell Aguilar Loaiza

Título Del Trabajo de Titulación: **ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO ENTRE UNA BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO Y UNA BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO MAS ADICIÓN DE FIBRAS VEGETALES.**

Esta investigación está orientada al análisis comparativo del comportamiento de una base cementada con fibra vegetal de abacá y una base cementada normal, para lo cual se realizó la selección del porcentaje óptimo de cemento a implementarse de acuerdo al tipo de material con ensayos de laboratorio, la investigación se inició con un caracterización del material de base de acuerdo a las especificaciones del MTOP. El cemento que se utilizó fue proporcionado por la empresa HOLCIM S.A, el cual fue de base vial Tipo MH (Baja calor de Hidratación), el cual se testeó en porcentaje de 3, 4, y 5% respectivamente y adicional la fibra vegetal de abacá en porcentajes del 0,5 al 1% del peso de la muestra con una longitud de 20 y 25 mm, valores referenciales de varios trabajos investigativos realizados. Se elaboró un muestro de 42 especímenes (30 cilindros y 12 vigas). Una vez realizadas las pruebas se evalúan la capacidad portante de soporte, mediante los ensayos de Proctor Modificado e índice de CBR y la resistencia a la flexión y compresión con las especificaciones de las normas ASTM – C39 y ASTM C78, comprobando con roturas a los especímenes a los 7, 14 y 28 días respectivamente. Se verificó que en las bases cementadas se logró sobrepasar la resistencia esperada en un 42% según los parámetros referenciales, en cambio las elaboradas con adición de fibra, la resistencia a la compresión y flexión disminuyeron, pero la matriz de sus partículas se mantuvo unida.

**PALABRAS CLAVES: ANÁLISIS – CAPACIDAD PORTANTE- BASE CEMENTADA
- FIBRA VEGETAL**

ABSTRACT

Author: Ariana Michell Aguilar Loaiza

Title of the Degree Work: **COMPARATIVE ANALYSIS OF THE MECHANICAL BEHAVIOR BETWEEN A BASE STABILIZED WITH CEMENT AND A BASE STABILIZED WITH CEMENT PLUS ADDITION OF VEGETABLE FIBRES.**

This research is oriented to the comparative analysis of the behavior of a cemented base with vegetable fiber of abaca and a normal cemented base, for which the selection of the optimal percentage of cement to be implemented according to the type of material with laboratory tests was made, the investigation started with a characterization of the base material according to the specifications of the MTOP. The cement that was used was provided by the company HOLCIM S.A, which was of Type MH (Low Heat Hydration) road base, which was tested in percentage of 3, 4, and 5% respectively and additional vegetable fiber abaca in percentages of 0, 5 to 1% of the weight of the sample with a length of 20 and 25 mm, reference values of various research works carried out. A sample of 46 specimens (30 cylinders and 16 beams) was made. Once the tests have been carried out, the supporting capacity is evaluated by means of the tests of Proctor Modified and CBR index and the resistance to bending and compression with the specifications of the ASTM standards C39 and ASTM C78, checking the specimens for breakage at 7, 14 and 28 days respectively. It was verified that in the cemented bases they were able to exceed the expected resistance by 42% according to the referential parameters, in which they had added with fiber the resistance to compression and bending, but the matrix of its particles remained united.

KEYWORDS: **ANALYSIS - BEARING CAPACITY- CEMENTED BASE - VEGETABLE FIBER**

CAPÍTULO I

Plan de Investigación

1.1 Introducción

En los Estados Unidos, el uso del suelo - cemento se incrementó a partir de la patente de Joseph Hay Amies en 1917, una mezcla de suelo con cemento llamada Soilamies. El esfuerzo conjunto de la Portland Cement Association (PCA), el Bureau of Public Roads y el Highway Department del Estado de Carolina del Sur contribuyó al desarrollo tecnológico de la estabilización de suelos con cemento, realizando diversos tramos experimentales de carreteras entre 1930 y 1940.

En 1938 el uso de bases tratadas con cemento en el Estado de California tuvo su inicio, usándose para carreteras con determinadas condiciones de tráfico. Según pasaba el tiempo la técnica fue mejorando los sistemas viales dando mayor seguridad a las vías e implementándose en más estados y países.

A partir de estas pruebas y con la aparición del cemento, se obtuvieron mejores resultados, dando inicio a la técnica del suelo-cemento. La Base estabilizada con cemento (BAEC) es ampliamente usada como capa intermedia para pavimentos de carreteras, caminos, calles y áreas de estacionamiento, aeropuertos y patios de almacenamiento o bodegas.

En Ecuador se puede apreciar que en varias provincias se cuenta con pavimentos deteriorados en constante mantenimiento, debido a que los materiales granulares disponibles para la construcción de pavimentos no satisfacen con los parámetros de resistencia y durabilidad. Por lo que mejorarlos es una alternativa que se plantea para alcanzar una obra vial segura y eficiente, el implemento de cemento y fibra puede de ser favorable para la optimización de las propiedades ya mencionadas.

Como se ha podido observar en los últimos años las bases estabilizadas con cemento han tenido un alto nivel de alcance en la construcción de pavimentos, su comportamiento ha permitido mejorar la resistencia mecánica, atenuar la plasticidad, degradación de los agregados y disminuir la susceptibilidad térmica. Al ser la base, una capa de la estructura del pavimento colocada debajo de la capa de rodadura, su principal función es soportar la mayor cantidad de esfuerzos verticales y su resistencia a la deformación producida por las cargas del tráfico, por lo que, incrementar su resistencia será un gran aporte a la vida útil de la estructura.

En esta investigación se tratará de hacer un enfoque desde el punto de vista analítico y comparativo con ensayos de suelos para comprobar si el aglomerante químico (cemento) y la fibra vegetal (abacá) mejoran las propiedades mecánicas de la base Tipo I y logran optimar la construcción de pavimentos.

1.2 Presentación de Problema

1.2.1 Situación Problemática

En los últimos años los pavimentos constantemente están sujetos a rehabilitación debido a las fallas provocadas por el mal diseño o mala calidad de las capas que lo conforman.

Se propone una alternativa de estabilización de una de sus capas como es la Base Tipo I, lo cual consiste en agregar cemento y fibra vegetal en porcentajes idóneos para mejorar las propiedades físicas y mecánicas para dar mayor seguridad y vida útil al pavimento.

1.3 Hipótesis

Estudiar el comportamiento del aglomerante químico y la fibra vegetal en una Base Tipo 1A, para comprobar si causa cambios en su comportamiento, de tal forma que mejore la resistencia y las propiedades de los materiales.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Analizar y comparar los resultados obtenidos, mediante las pruebas realizadas en laboratorio de los procesos de estabilización de base con cemento y la incorporación de las fibras naturales con distintos porcentajes.

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Caracterizar mediante ensayos de Laboratorio las propiedades físicas y mecánicas del material proporcionado como Base Tipo I.
2. Conocer la cantidad optima de conglomerante químico para el material a estabilizar.
3. Analizar la respuesta física- mecánica de los materiales estabilizados.
4. Encontrar la cantidad adecuada de fibra natural que se debe añadir a la base.
5. Comprobar si la mezcla de fibras naturales con cemento mejora el comportamiento del material estabilizado.

1.5 Delimitación del Tema

La investigación se limita a evaluar el comportamiento físico mecánico de materiales cribados y triturados mediante un análisis comparativo entre una base estabilizada con cemento y a la misma base adicionar fibra vegetal (abacá) para lograr encontrar la alternativa más viable y con mayores beneficios. Primeramente, se

realizará una caracterización para comprobar el tipo de la base según las Especificaciones Técnicas del Ministerio de Transporte y Obras Publica (MTOPE), con esos resultados se procede a realizar la Base Estabilizada con cemento (BAEC) y Base Estabilizada con cemento y fibra (BAEC-F) verificando tanto del aglomerante químico como de la fibra. El caso de estudio se limita a pruebas de laboratorio que nos permitirán realizar un análisis sistemático del comportamiento del material.

El material de la Base Tipo I fue extraído de la cantera "PROGECON" ubicada en la Vía a Daule - Guayaquil, la fibra vegetal de abacá y el aglomerante químico a emplear será un cemento tipo MH de moderado calor de Hidratación proporcionado por la empresa HOLCIM S.A, respecto a la fibra de abacá es obtenida en Ecuador del tallo del mismo árbol. Su producción se realiza de 18 a 24 meses en climas tropicales de 22° a 28° C con una cosecha cada dos a tres meses y se caracterizan por ser resistentes al agua salada y absorben elevadas cantidades de agua.

1.6 Justificación

Al hablar de las ventajas del uso de las bases estabilizadas con respecto al uso de una base granular convencional, se debe considerar el hecho de que la estabilización con cemento permite una mayor resistencia de la capa granular ante los agentes atmosféricos, dicho incremento en la durabilidad es un aspecto muy atractivo principalmente en países como el nuestro, donde las constantes precipitaciones en combinación con deficiencias en el sistema de drenaje de los pavimentos provocan que dichas estructuras estén expuestas a altos niveles freáticos provocando el deterioro de la misma.

Las ventajas se traducen en un aporte estructural considerable que permita reducir el espesor de la estructura de pavimento sin afectar su capacidad estructural, ayudando a disminuir los desniveles que comúnmente se presenta en la superficie de rodadura, viviendas y comercios aledaños.

En términos generales, una base estabilizada modifica la forma en la que un pavimento responde ante las cargas, es por esto que los pavimentos que cuentan con una base estabilizada en su estructura son denominados pavimentos semirrígidos, pues por su resistencia, la base estabilizada tiende a comportarse similar a una losa de concreto.

CAPÍTULO II

Marco Teórico

2.1 Pavimento

Un pavimento está conformado por un conjunto de capas colocadas una encima de otra entre sí, relativamente horizontales que se diseñan y se construyen técnicamente con material seleccionado y adecuadamente compactado. (Fonseca, 2006)

Un pavimento debe cumplir adecuadamente sus funciones y cumplir los requisitos:

- Recibir en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente.

- Debe ser durable y presentar condiciones adecuadas respecto al drenaje.

- Ser resistentes a los agentes a los agentes intemperismo.

2.2 Tipos de Pavimento

2.2.1 Pavimentos Flexibles

Están conformados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase. No es obligatorio el uso de las dos capas se puede omitir una según sea el caso de la obra. (Fonseca, 2006).

2.2.2 Pavimentos Semi-Rígidos

Tiene la misma composición de un pavimento flexible con la diferencia que una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con un aditivo puede ser: cal, cemento, emulsión, asfalto y químicos. (Fonseca, 2006).

2.2.3 Pavimentos Rígidos

Están conformados por una losa de concreto hidráulico, soportan y transmiten los esfuerzos provocados por la carga del tráfico en una zona más amplia debido a la alta rigidez y coeficiente de elasticidad del concreto. (Fonseca, 2006).

2.2.4 Pavimentos Articulados

Están conformados por una capa de rodadura que está compuesta por bloques de concretos prefabricados (adoquines), adicional va una capa de arena delgada la cual va apoyada en la base granular. (Fonseca, 2006)

2.3 Función de las Capas del Pavimento

Subrasante: Es el principal apoyo en la estructura, encargada de soportar la distribución adecuada de las cargas de cada capa del pavimento. (La subbase y la base)

Sub-base: Es la capa que se encarga fundamentalmente de soportar, transmitir y distribuir uniformemente las cargas aplicadas a la superficie de rodadura. Se coloca entre la subrasante y la capa de base.

Base: Es la capa más importante de la estructura, encargada de recibir la mayor parte de los esfuerzos producidos por el tránsito. Su estabilización es ideal para garantizar la durabilidad de la estructura.

Capa de rodadura: Es la capa superior del pavimento, la conforman mezclas bituminosas en frío o caliente, concreto hidráulico o articulado y soporta de forma directa al tráfico.

2.4 Estabilización de Suelos

La estabilización de un suelo consiste en la aplicación de métodos y procesos que modifican sus propiedades iniciales, se obtiene una mejora en sus características mecánicas, resistencia, capacidad de portante, drenaje entre otras. (Fratelli, 1993)

Un suelo debe ser capaz de resistir a las cargas que le impone una estructura, pero existen excepciones de algunos suelos débiles, sueltos o expansivos y los poseen un nivel freático superficial que son un problema en la construcción. Para lo cual se emplean alternativas de evaluar las características del material y verificar si un mejoramiento aporta a su estabilidad.

El mejoramiento de los suelos es una de las prácticas más comunes y antiguas en la Ingeniería Civil debido a la variedad de suelos que existen a nivel de varios países.

Se recomiendan aplicar métodos de estabilización los cuales son: físicos, mecánicos y químicos.

2.4.1 Métodos Físicos

Esta técnica se basa en la mezcla del suelo con dos o más suelos con propiedades complementarias que permitan lograr de manera eficaz una estabilidad de mayor calidad y durabilidad, si existe el caso que el método no alcance la mejora del material se lo puede acompañar de compactación.

2.4.2 Métodos Mecánicos

Este método se basa en la utilización de equipo mecánico que mejora las propiedades iniciales del suelo en esta técnica no se produce reacciones químicas. Los métodos más utilizados son:

Compactación

Vibro Flotación

Precarga

El uso de este método ayudara a incrementar la resistencia al corte, disminuir su compresibilidad para asentamientos futuros y contrarrestar la relación de vacíos así lograr la estabilidad de suelo.

2.4.3 Métodos Químicos

Esta técnica consistencia en añadir a la mezcla un componente químico el cual produce una reacción que modifica las propiedades del suelo ayudan a su estabilidad, las más utilizadas son:

- Estabilización con cal: Este tratamiento es muy utilizado en suelos arcillosos, ayuda a disminuir el índice de plasticidad y potencial de hinchamiento.
- Estabilización con cemento portland: Se utiliza por lo general en suelos granulares con presencia de arena, aumenta su resistencia.
- Estabilización con productos asfálticos: Se usa en material triturado que no tenga cohesión.
- Estabilización con Cloruros: Se hace uso especialmente del cloruro de sodio y cloruro de calcio, se lo emplea en arcillas y limos como método paliativo para el polvo.
- Estabilización con polímeros: Generalmente utilizado en carpetas asfálticas, ayudan a generar una mayor resistencia y brindan una mayor impermeabilización.

2.4.4 Estabilización con Cemento

En una mezcla de suelo y cemento combinados en forma íntima y compactados a máxima densidad con un contenido de humedad óptima antes de la hidratación de este.

Para endurecer el suelo y producir una mezcla uniforme se utiliza una adecuada cantidad de aglomerante y la humedad optima que es suficiente para obtener su

hidratación. Una dosis adecuada permite mejorar la resistencia estabilidad de cualquier suelo en un periodo a corto plazo.

2.5 Tipos de Mezclas de Suelo Tratadas con Cemento

Para elegir un porcentaje óptimo del agente estabilizador, se requiere conocer para que uso será destinado la mezcla.

Su porcentaje se determina mediante el empleo de ensayos de laboratorios los cuales tratan de representar las condiciones iniciales a las que se encuentran sometido el suelo y otros posibles problemas que afecten a su durabilidad .Su utilización es muy variada se implementa para mejorar las propiedades mecánicas de materiales de base, subbase y en algunos casos muy particulares, para capas de rodadura en pavimentos de carreteras, cubierta superficial para canales de irrigación o drenaje, protección de taludes de represas, etc.

Las variables principales que controlan la estabilización de suelos con cemento:

- La naturaleza del suelo.
- La proporción de cemento en la mezcla.
- El contenido de humedad en el momento de compactarla.
- La densidad obtenida en la compactación.
- El método de curado de la mezcla compactada.

2.6 Propiedades de las Mezclas de Suelos Tratados con Cemento

Las propiedades de las mezclas de suelo y cemento varían de acuerdo con los siguientes factores:

- a) La naturaleza del suelo, el cemento, el agua y las proporciones en que estos se encuentran en la mezcla compactada.
- b) Las condiciones existentes durante el período de hidratación del cemento.
- c) La edad de la mezcla.

La variedad de estos factores puede producirse de acuerdo a la mezcla, aunque existen valores típicos que hacen referencia a varios procesos de estabilizados.

2.7 Resistencia a la Compresión

Es una propiedad principal para verificar la resistencia a la compresión del suelo, se realiza en un periodo de 7 a 28 días, donde material ensayado obtiene su máximo valor.

2.8 Tipo de Bases según el MTOP

La clase y tipo de base que deba utilizarse en la obra estará especificada en los documentos contractuales. En todo caso, el límite líquido de la fracción que pase el tamiz N.º 40 deberá ser menor de 25 y el índice de plasticidad menor de 6. El porcentaje de desgaste por abrasión de los agregados será menor del 40% y el valor de soporte de CBR deberá ser igual o mayor al 80%. (MTOP, 2002)

Clase 1

Son bases constituidas por agregados gruesos y finos, triturados en un 100% y graduados uniformemente dentro de los límites granulométricos indicados para los Tipos A y B en la Tabla 1. (MTOP, 2002)

Clase 2

Son bases constituidas por fragmentos de roca o grava trituradas, cuya fracción de agregado grueso será triturada al menos el 50% en peso. Estas bases deberán hallarse graduadas uniformemente dentro de los límites granulométricos indicados en la Tabla 1. (MTOP, 2002)

Clase 3

Son bases constituidas por fragmentos de roca o grava trituradas, cuya fracción de agregado grueso será triturada al menos el 25% en peso. Estas bases deberán

hallarse graduadas uniformemente dentro de los límites granulométricos indicados en la Tabla 1. (MTOPI, 2002)

Si hace falta relleno mineral para cumplir las exigencias de graduación, se podrá completar con material procedente de trituración adicional, o con arena fina, que podrán ser mezclados en planta o en el camino.

Clase 4

Son bases constituidas por agregados obtenidos por trituración o cribado de piedras fragmentadas naturalmente o de grava y graduadas uniformemente dentro de los límites granulométricos indicados en la Tabla 1. (MTOPI, 2002)

Tabla 1: Límites granulométricos para Bases Granulares según MTOP.

CLASE 1		
TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada	
	Tipo A	Tipo B
2" (50.8 mm.)	100	--
1 1/2" (38.1 mm.)	70 – 100	100
1" (25.4 mm.)	55 – 85	70 – 100
3/4" (19.0 mm.)	50 – 80	60 – 90
3/8" (9.5 mm.)	35 – 60	45 – 75
Nº4 (4.76 mm.)	25 – 50	30 – 60
Nº10 (2.00 mm.)	20 – 40	20 – 50
Nº40 (0.425 mm.)	10 – 25	10 – 25
Nº200 (0.075 mm.)	2-12	2-12
CLASE 2		
TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada	
1" (25.4 mm.)	100	
3/4" (19.0 mm.)	70 – 100	
3/8" (9.5 mm.)	50 – 80	
Nº4 (4.76 mm.)	35 – 65	
Nº10 (2.00 mm.)	25 – 50	
Nº40 (0.425 mm.)	15 – 30	
Nº200 (0.075 mm.)	3 - 15	
CLASE 3		
TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada	
3/4" (19.0 mm.)	100	
Nº4 (4.76 mm.)	45 - 80	
Nº10 (2.00 mm.)	30 - 60	
Nº40 (0.425 mm.)	20 - 35	
Nº200 (0.075 mm.)	3 - 15	
CLASE 4		
TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada	
2" (50.8 mm.)	100	
1" (25.4 mm.)	60 - 90	
Nº40 (0.425 mm.)	20 – 50	
Nº200 (0.075 mm.)	0 - 15	

Fuente: (MTOP, 2002)

Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

2.9 Bases Estabilizadas con Cemento

En el Ecuador, el Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MTO) considera a las bases estabilizadas con cemento (BAEC) a la mezcla física de agregados pétreos, cantidades medidas de cemento portland y agua, que se endurece después de compactarse y curarse para formar un material de pavimento durable. Debe cumplir los requisitos de graduación de la Tabla 2.

Tabla 2: Límites granulométricos para BAEC según MTO

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada	
	Agregado Grueso	Agregado Fino
2" (50.8 mm.)	100	--
1 1/2" (38.1 mm.)	95 – 100	--
3/4" (19.0 mm.)	40 – 100	--
Nº4 (4.76 mm.)	0 – 5	80 – 100
Nº10 (2.00 mm.)	--	50 – 85
Nº40 (0.425 mm.)	--	15 – 45
Nº200 (0.075 mm.)	--	0 – 10

Fuente: (MTO, 2002)

Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

Las Bases de Agregados Estabilizados con Cemento son ampliamente usadas como base para pavimentos de carreteras de primer orden, caminos vecinales, áreas de estacionamiento aeropuertos y patos de almacenamiento o bodegas. El espesor de la BAEC es menor que el requerido para bases granulares que soporten el mismo tráfico, debido a que la rigidez de la capa estabilizada hace que las cargas de tráfico se distribuyan sobre un área mayor, haciendo disminuir los esfuerzos sobre la subrasante o sobre la subbase. (América, 2013)

Con la BAEC no se comporta como las bases granulares que pueden fallar cuando la interacción entre partículas se pierde. Esta falla puede ocurrir cuando las partículas de suelo de la subrasante, forzadas a subir por las cargas del tráfico, penetran en la

base. La BAEC es prácticamente impermeable por lo que es resistente a los ciclos de enfriamiento, de lluvia y a los daños causados por las variaciones climáticas. Además, como consecuencia del fenómeno de hidratación del cemento, continúa ganado resistencia con la edad. (MTO, 2002)

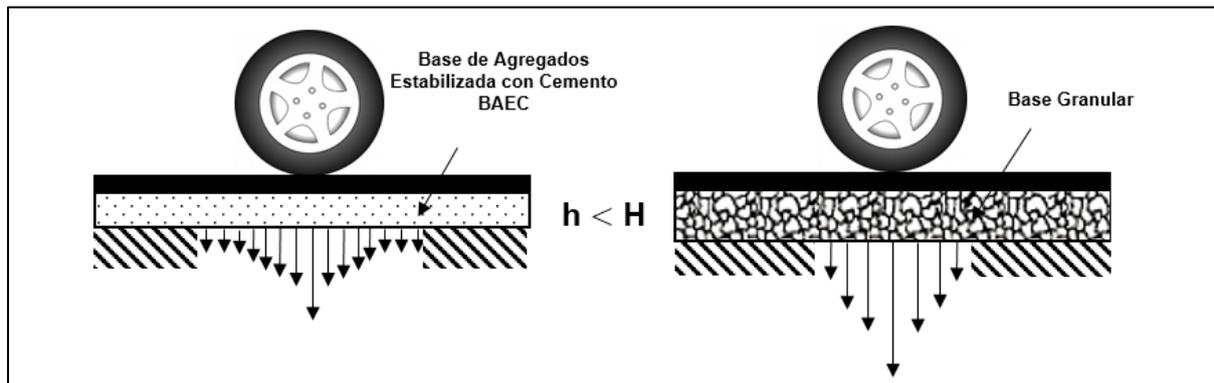


Ilustración 1: Distribución de cargas del tráfico en distintas bases.
Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

2.10 Dosificación Suelo-Cemento

Es necesario realizar un análisis acerca de la muestra del material a utilizar, con la finalidad de obtener propiedades fundamentales para su construcción.

El estado mínimo de compactación en que se debe encontrar el material para construir una base que cumpla las condiciones facultativas accidentales de resistencia y durabilidad se define por medio de una densidad, cuya medida le da un peso específico conjunto (peso de materiales sólidos por unidad de volumen, incluyendo todos los huecos y estando estos totalmente rellenos de aire), que se expresa en Kg/cm^3 se realizada mediante el ensayo Proctor modificado. (Rocci, 1964)

- La humedad óptima de compactación, por encima de la cual no es posible alcanzar el estado mínimo de compactación sin alterar las condiciones facultativas accidentales (resistencia y durabilidad) de la base. Esta

humedad se define como un porcentaje ponderal de agua respecto de sólidos y también es función de la energía de compactación. (Rocci, 1964)

- La dosificación mínima de cemento para que la base cumpla las condiciones necesarias y sea insusceptible al agua, y además en el estado mínimo de compactación cumpla las condiciones resistencia y durabilidad, debe determinarse al inicio en función al material que va a ser empleado para dicho proceso. (Rocci, 1964).

2.11 Fibras

Son disposiciones delgadas y largas, suelen doblarse fácilmente, incrustadas dentro de una matriz y su propósito es la creación de diferentes polímeros ya que, dependiendo de su longitud, cantidad, colocación dispersa o continua mejoran variablemente las propiedades de los materiales a realizar como: textiles, materiales de construcción, entre otros. (M.Ashby, 2011)

En la actualidad la aplicación de fibras en morteros y hormigones tienden a dar un mayor refuerzo con el objetivo de buscar materiales alternativos para la construcción que eviten la extracción y contaminación de ríos y canteras de utilizar materiales convencionales y evitar la destrucción del medio ambiente. (M.Ashby, 2011).

2.12 Clasificación de las Fibras

De acuerdo en su procedencia las fibras se clasifican:

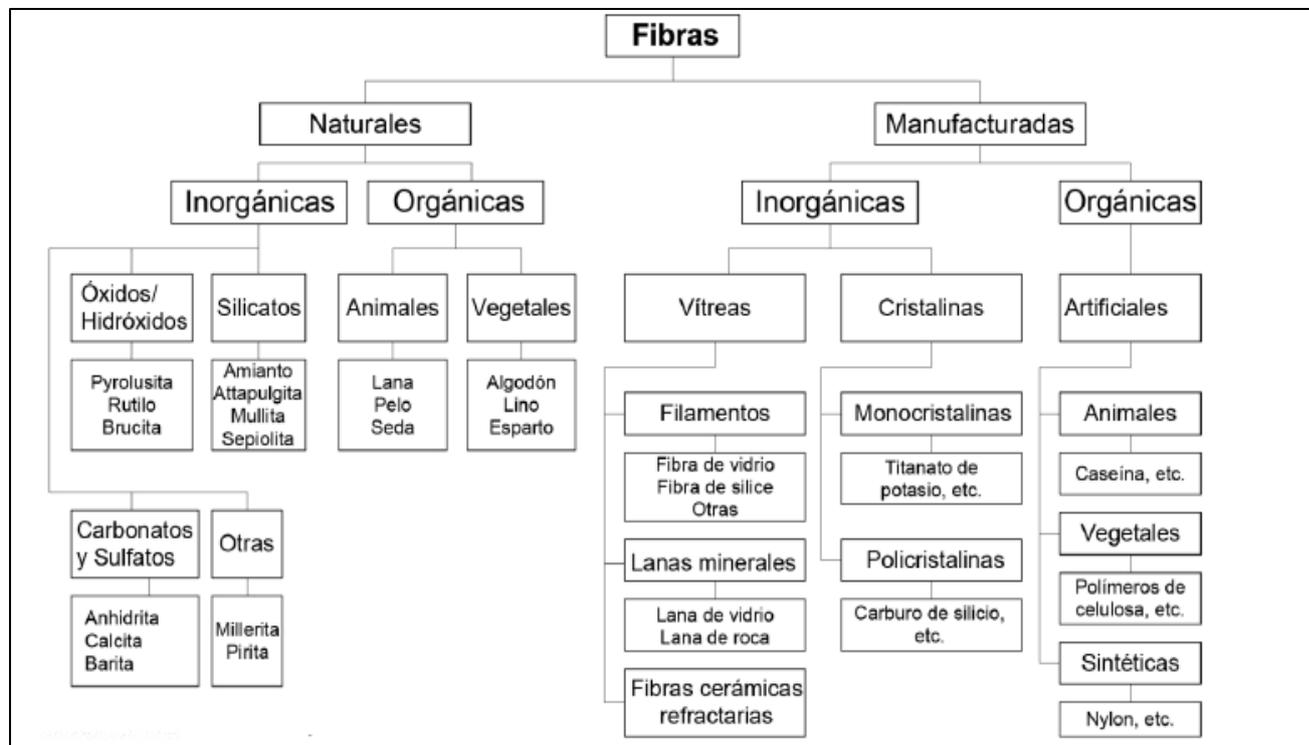


Ilustración 2: Clasificación de las fibras

Fuente: (Luzuriaga, 2017)

2.13 Fibras Vegetales

Las fibras vegetales se utilizan como refuerzo debido a que tiene un bajo costo, baja densidad, resistencia a la tracción, buenas propiedades térmicas, biodegradabilidad y su fácil obtención en el medio.

Las fibras blandas son aquellas que se encuentran en los tallos de las dicotiledóneas (plantas con dos cotiledones en la semilla); en este grupo se incluyen el lino, el yute o el cáñamo, en cambio las fibras duras se obtienen a partir de las hojas de las monocotiledóneas (plantas con un único cotiledón en la semilla), donde se disponen en forma de haces que se superponen unos con otros, lo que las hace más fuertes debido a su mayor grado de lignificación, esto es, que adquieren una mayor

consistencia al acumularse más celulosa. Los ejemplos de este tipo de fibras son las del esparto, la yuca o el sisal, entre otras. (Ver Tabla 3). (M.Ashby, 2011)

Tabla 3: Clasificación Fibras Vegetales

TIPO	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO
FIBRAS BLANDAS	La fibra se encuentra en el floema de los tallos; se presenta en las dicotiledóneas.	Lino Yute Cáñamo
FIBRAS DURAS	La fibra se encuentra en el floema de las hojas en forma de haces que se superponen unos con otros, lo que hace más fuertes por su mayor lignificación; se presenta en las monocotiledóneas.	Yuca Cabuya Abacá
FIBRAS DE SUPERFICIE	Corresponde a los pelos de la epidermis de la semilla.	Algodón

Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

Fuente: (Luzuriaga, 2017)

2.13.1 Refuerzo con Fibra

La mayoría de los compuestos fortificados permiten conseguir una mejor resistencia a la fatiga, mejor rigidez y relación resistencia – peso. Es importante que en un compuesto con fibra se considera desde la selección apropiada del tipo de fibra, la cantidad y su orientación ya que todos estos parámetros tienen relación directa con la matriz del material que es el encargo de transmitir la fuerza hacia las fibras, las cuales soportan la mayoría de los esfuerzos. (Compuestos reforzados con fibras, s.f.)

La presentación o configuración de fibras (cortas, largas, tejidos y otros) son las responsables de conferir propiedades mecánicas importantes al material (elevada resistencia a la tracción específica y elevado modulo específico). Además, características como: ligereza, resistencia térmica, compactibilidad con las resinas,

dureza, rigidez y adaptabilidad al proceso de fabricación. (Compuestos reforzados con fibras, s.f.)

Las fibras según sus propiedades y diámetro pueden ser: alambres, fibras y whiskers.

La regla de las mezclas en los materiales reforzados con fibra proporciona la densidad del compuesto reforzado.

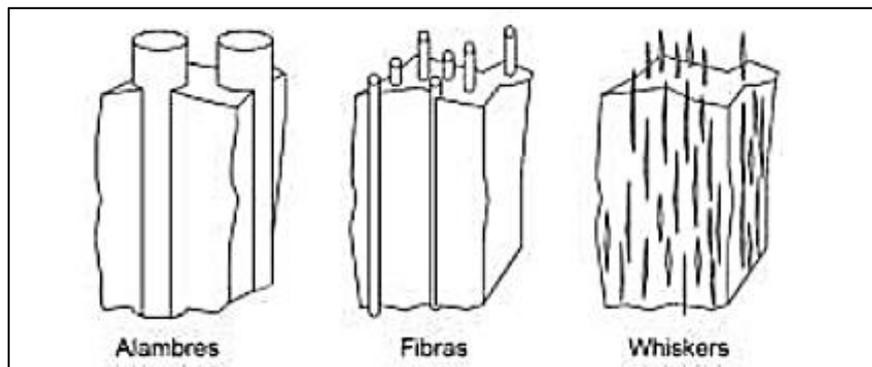


Ilustración 3: Refuerzos de alambres, fibras y whiskers.

Fuente: (Luzuriaga, 2017)

2.13.2 Longitud y Diámetro de la Fibra

Las fibras poseen diferentes tamaños desde longitudes muy cortas hasta muy extensas, sin embargo, a menudo se caracterizan en función de la relación de forma l/d , donde l es la longitud de la fibra y d su diámetro. Las fibras comunes tienen diámetros que varían desde $(10 \times 10^{-4} \text{ cm})$ hasta $(150 \times 10^{-4} \text{ cm})$. La resistencia del material compuesto se mejora cuando la relación de forma es grande, con frecuencia, las fibras se fracturan debido a defectos superficiales.

2.13.3 Cantidad de Fibras

Una fracción volumétrica de fibras mayor aumentará la resistencia y rigidez del material, como lo indica la regla de las mezclas. Cabe resaltar, que la fracción máxima

de volumen de fibras es aproximadamente 80%, más allá de la cual las fibras ya no pueden estar totalmente recubiertas o rodeadas por la matriz.

2.14 Fibra Vegetal de Abacá



*Ilustración 4: Fibra Vegetal de Abacá.
Fuente: HOLCIM S.A*

La fibra vegetal de Abacá es obtenida del tallo del mismo árbol, el cual se produce en Ecuador y en Filipinas. Las características que presentan son: resistencia al ambiente marino y de absorber porcentajes alto de agua. La longitud para su utilización en morteros, hormigones y trabajos investigativo esta alrededor de 20 a 25mm. Su utilización es enfocada a la fabricación de redes de pesca y sombreros, pero los últimos años ha tenido un impacto grande en la construcción. (Luzuriaga, 2017)

2.14.1 Clases de la Fibra Abacá

De esta planta se puede conocer cinco diferentes clases, que poseen su propia característica, de la que mencionaremos a continuación:

Clase I: Esta fibra nace de las vainas más cercanas al centro del tallo, su color varía entre un marfil claro y un ocre claro, frecuentemente entremezclado con un marfil blanco. (Ecuador, 2002)

Clase II: Igual que la calidad anterior, nace de las vainas más cercanas al tallo, pero su color se diferencia porque varía entre un amarillo y un marrón claros y brillante. (Ecuador, 2002)

Clase III: Esta fibra nace de las vainas próximas a las que se encuentran al centro del tallo, se las reconoce porque su color varía entre un ocre y un marrón claros con pequeño matiz de rojo a morado claro. (Ecuador, 2002)

Clase IV: Nace de las vainas más cercanas a las vainas externas, su color suele ser una mezcla de blanco sucio o marrón claro con manchas de verde claro a marrón opaco.

Clase V: Se encuentra en las vainas externas del tallo, su color puede ser un rojo oscuro, morado o marrón oscuro. (Ecuador, 2002)

Las propiedades de la fibra se detallan a continuación:

a. Propiedades Mecánicas y Físicas

- Esfuerzo ultimo a la tracción (MPa): 774,7 – 1261,3
- Módulo (GPa): 18,5 – 37,2
- Deformación Unitaria (%): 3,10 - 4,27
- Absorción de agua (%): 8 - 10
- Densidad (g/cm³):1,3

b. Propiedades Químicas

Químicamente las fibras de abacá están conformadas por:

- Celulosa (%): 63 - 70,1
- Hemicelulosa (%): 20 – 21,8
- Pectina (%): 0,6
- Lignina (%): 5,7 – 6

2.15 Aglomerante Químico



Ilustración 5: Cemento de Base Vial (Tipo MH).
Fuente: HOLCIM S.A

El cemento hidráulico MH de base vial, es uno de los más utilizados en la construcción de carreteras en el país. Sus componentes logran la estabilización y aportan significativamente en el campo de la ingeniería, el desarrollo de estructuras de pavimentos entre otros; su utilización es en casi todos los suelos en sitio como materiales de construcción (a pesar de no cumplir con la clasificación de subbase o mejoramiento). Esto permite el uso de suelos disponibles y disminuye el impacto ambiental por la explotación adicional de fuentes de materiales. (HOLCIM S.A, 2015)

2.15.1 Ventajas de Holcim Base Vial

- Mayor durabilidad en las estructuras de pavimentos con una superior capacidad de soporte y resistentes a los agentes atmosféricos que otros

materiales para pavimentos de similar o mayor costo debido a sus componentes químicos. (HOLCIM S.A, 2015)

- Las bases estabilizadas reducen el riesgo de bombeo de finos en las carreteras.
- Reducción de espesores de las capas de base en los pavimentos y reducción de costos de elaboración.
- Menor impacto ambiental, ya que utiliza los suelos existentes en el entorno siempre y cuando cumplan con las especificaciones técnicas.
- Pueden utilizarse en la fase constructiva equipos como: Escarificadora, Motoniveladora, Pulvi Mixer, Rodillo Liso o Rodillo pata de cabra.
- Ahorro en la inversión en las vías secundarias y caminos vecinales
- Mínimo consumo de recursos disminuyendo considerablemente la huella de carbono de estos procesos constructivos.
- Reducción del daño en las vías circundantes al proyecto que se destruyen con el transporte de material pétreo.

Su aplicación genera pocas molestias al tráfico por su reducido tiempo de ejecución, aproximadamente de 500 metros lineales por días. (HOLCIM S.A, 2015)

2.16 Clasificación de Suelos

2.16.1 AASHTO (American Association of State Highway Officials)

La clasificación utilizada en especial para la construcción de vías y para proyectos viales es la clasificación AASHTO, introducida en 1929 por el sistema del Departamento de Caminos de U.S.A y adoptado por la “American Association of State Highway Officials”. (ASTM D-2487 -03)

Los grupos de suelos son 7, subdivididos en otros más (para completar 12)

Grueso Granulares: 35% o menos pasa el T_{200} comprende:

- A-1, si menos del 20% pasa el T_{200} y menos del 50% pasa el T_{40}
- A-2, si menos del 35% pasa el T_{200} , (limoso o arcilloso).
- A-3, si menos del 10% pasa el T_{200} y 51% o más pasa el T_{40}

Suelos fino granulares (grupo limo arcilla): más del 35% pasa el T_{200} .

- A-4 si $IP \leq 10$ (limo) y $LL \leq 40\%$
- A-5 si $IP \leq 10$ (limo) y $LL \geq 41\%$
- A-6 si $IP \geq 11$ (arcilla) y $LL \leq 40\%$
- A-7 si $IP \geq 11$ (arcilla) y $LL \geq 41\%$

En consecuencia: A-1= cascajo y arena; A-3= arena fina; A-2= cascajos y arenas limosas o arcillosas; A-4 y A-5 suelos limosos, y A-6 y A-7 suelos arcillosos.

A-1 y A-3 son suelos excelentes y buenos, A-2 buenos y moderados, y A-6 y A-7 son suelos de moderados a pobres.

Tabla 4: Clasificación de Suelos- MÉTODO AASTHO

Recommended Practice AASHTO M 145-82 (Specifications - Parte 1, 1986)											
Clasificación General	Materiales Granulares (35% o menos pasa el tamiz N°200)							Materiales limo-arcillosos (más de 35% pasa el tamiz N°200)			
Clasificación de Grupo	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Análisis de tamizado (% pasa)											
2.00 mm (# N°10)	50 máx	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
0.425 mm (# N°40)	30 máx	50 máx	51 min	----	----	----	----	----	----	----	----
0.075 mm (# N°200)	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	36 min	36 min	36 min	36 min
Características de fracción pasa # N°40											
Límite Líquido (LL)	----	----	40 máx	41 min	40 máx	41 min	40 máx	41 min	40 máx	41 min	41 min
Índice Plástico (IP)	6 máx	NP	10 máx	10 máx	11 min	11 min	10 máx	10 máx	11 min	11 min	11 min
Materiales constituyentes significativos	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Clasificación general como subrasante	Excelente a buena							Regular a pobre			
El IP del subgrupo A-7-5 es igual o menor que LL menos 30. El IP del subgrupo A-7-6 es mayor que LL menos 30 (ver Gráfico siguiente). La casilla A-3 antes de la A-2 es debido al proceso de eliminación de izquierda a derecha. No indica superioridad de A-3 sobre A-2.											

Fuente: (Jurado Nohelia, 2019)

2.16.2 SUCS (Sistema Unificado para la Clasificación de Suelos)

La clasificación SUCS (Sistema Unificado para la clasificación de Suelos), se orienta que cuando más del 50% pasa el tamiz 200 (T_{200}), el suelo es denominado fino, sino ocurre, el material es "granular" y será grava o arena. Adicional verifica en base a la granulometría los coeficientes de uniformidad (C_u) y los coeficiente de Curvatura (C_c) para revisar la graduación del material.

Considerando que si menos del 5% pasa el T_{200} , el suelo granular es limpio, revisando el C_u y C_c ; si más del 12% pasa el T_{200} el material está contaminado con finos y en este caso tendrá doble clasificación.

Otro parametro a considerar tambien es en base a los limites a de atteberg para la fraccion que pasa el tamiz 40 y lo obtiene a partir de la carta de plasticidad.

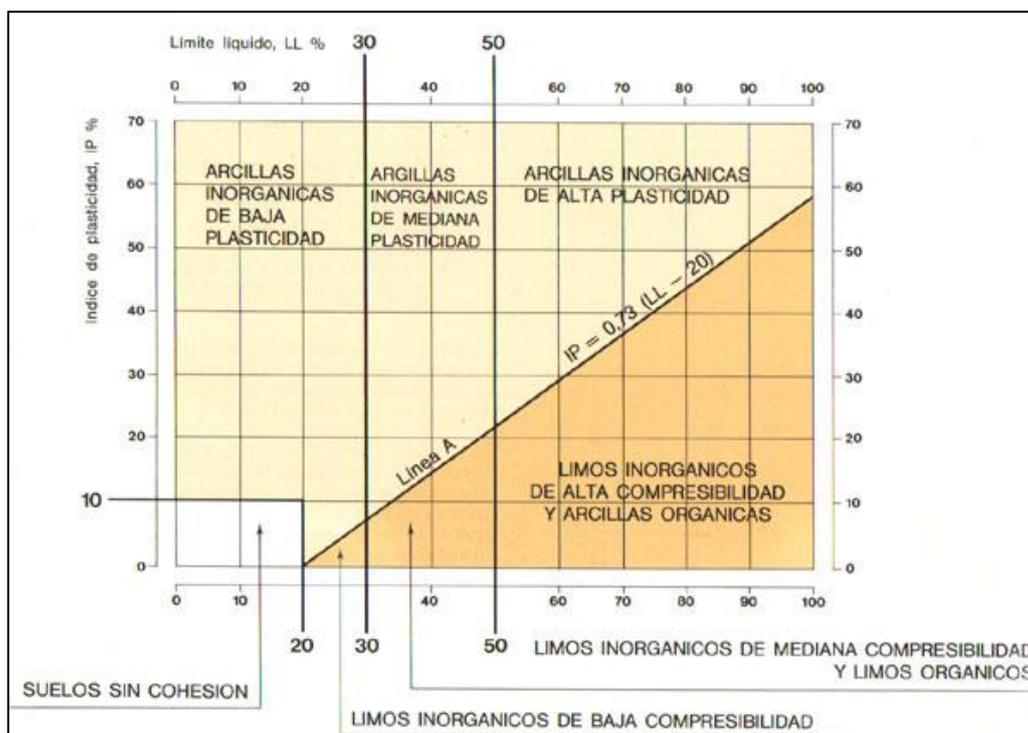


Ilustración 5: Carta de Plasticidad

Fuente: (ASTM D-2487 -03)

- GM (Debajo de la linea A o $IP < 4$)
- GC (sobre la linea A o $IP < 7$)

Sobre la linea A con $4 < IP < 7$ (Doble simbolo).

- SM (Debajo de la linea A o $IP < 4$)
- SC (Sobre la linea A o $IP < 7$)

En la zona sombreada $4 \leq IP \leq 7$ (Doble simbolo).

CAPÍTULO III

Desarrollo de la Investigación

3.1 Caracterización de la Base



Ilustración 6: Muestras para ensayos.
Elaborado por: Ariana Aguilar Loaiza

Las muestras fueron tomadas de la Cantera “**PROGECON**”, ubicada en el campamento la roca vía Daule, las mismas fueron secadas 24 horas al ambiente para homogeneizar el material y todo se encuentre en un mismo estado natural. Luego se procede a realizar la caracterización del material de Base Tipo I para verificar que cumpla con las especificaciones del MTOP (Ver Tabla 5). Los ensayos para la base deben hacerse cumpliendo las especificaciones de las normas ASTM que se muestra en la siguiente Tabla 5.

Tabla 5: Especificaciones para los ensayos.

TIPOS DE ENSAYOS	NORMAS A UTILIZAR
GRANULOMETRÍA	ASTM D-6913
LÍMITES DE ATTERBERG	ASTM D-4318
CLASIFICACIÓN DE SUELOS	Método SUCS ASTM D-2487 -03 Método AASHTO
PROCTOR MODIFICADO	ASTM D-1557
CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)	ASTM 1883-16
ABRASIÓN DE LOS ANGELES	ASTM C-131
DESGASTE A LOS SULFATOS	ASTM C-88 AASHTO T-104

Elaborado por: Ariana Aguilar Loaiza

3.2 Desarrollo de los Ensayos de Laboratorio

Se procede a realizar los ensayos especificados en la Tabla 5, siguiendo la normativa establecida.

3.2.1 Granulometría

El análisis granulométrico de un suelo permite realizar una distribución de las proporciones relativas de los diferentes tamaños de partículas presentes en una masa de suelo. El procedimiento consiste en pasar por diferentes tamices la muestra a ensayar, se inicia por una malla la cual procede a pasar una proporción de material y la siguiente se retiene en un tamiz cuya malla tiene diámetros ligeramente menores al anterior y al final se relaciona la cantidad total de la muestra con lo retenido en cada tamiz.

Esto nos permitirá realizar la clasificación de tipo de suelo, la cual servirá para la selección de materiales en muchos proyectos viales que requieren en muchas ocasiones tamaños específicos en base a la gradación del material.



Ilustración 7: Composición de los agregados según los distintos tamices
Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

En este caso se procedió a realizar granulometría vía humedad y seca, con 5000 gr de material, la vía seca se realizó con el material extraído de la cantera dejado 24 horas a temperatura ambiente secarse, luego de un día se procedió a pasar por los tamices correspondientes, la vía humedad se procedió a remojar la muestra con agua durante dos horas, luego se lavó el material y se lo dejó en el horno 18 horas y luego se sacó la muestra esperando que se enfrié y se procede a realizar el tamizado donde el material que se perdió en el lavado se le llama fondo.



Ilustración 8: Tamices para realizar Granulometría.
Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza



Ilustración 9: Máquina Vibratoria para Granulometría.
Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

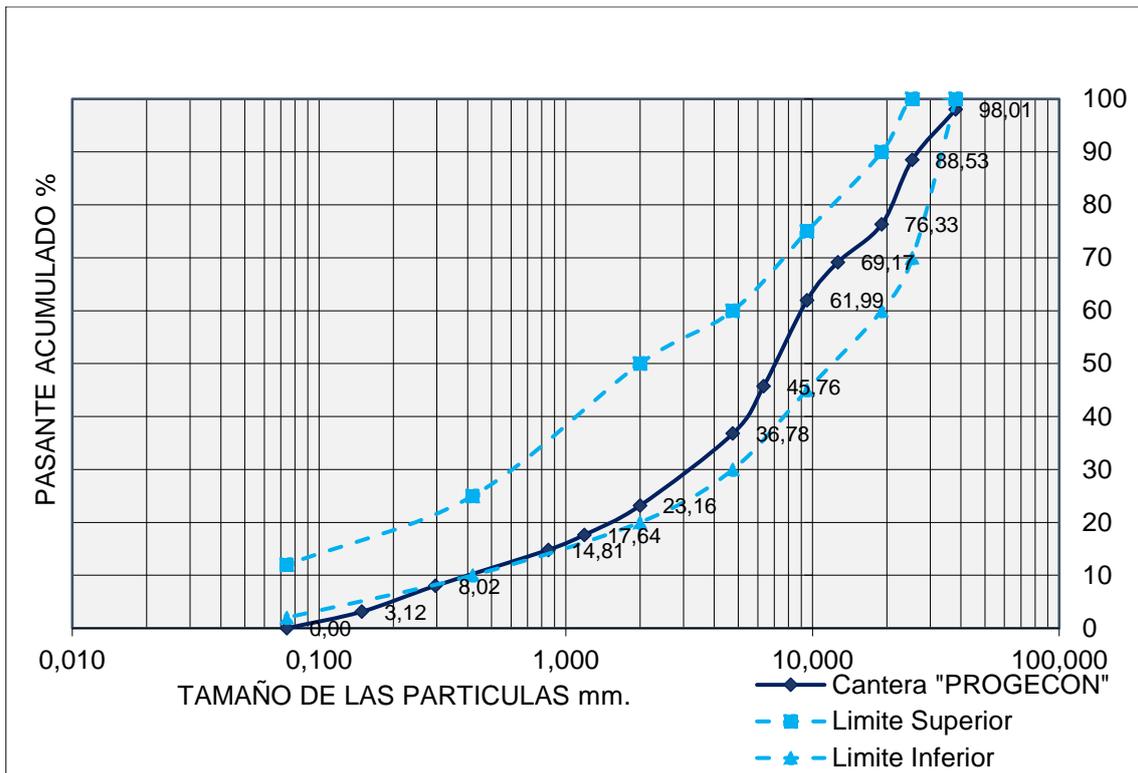


Ilustración 10: Gradación del Material de Base de la Cantera "PROGECON" – BASE TIPO 1B- Vía Humedad

Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

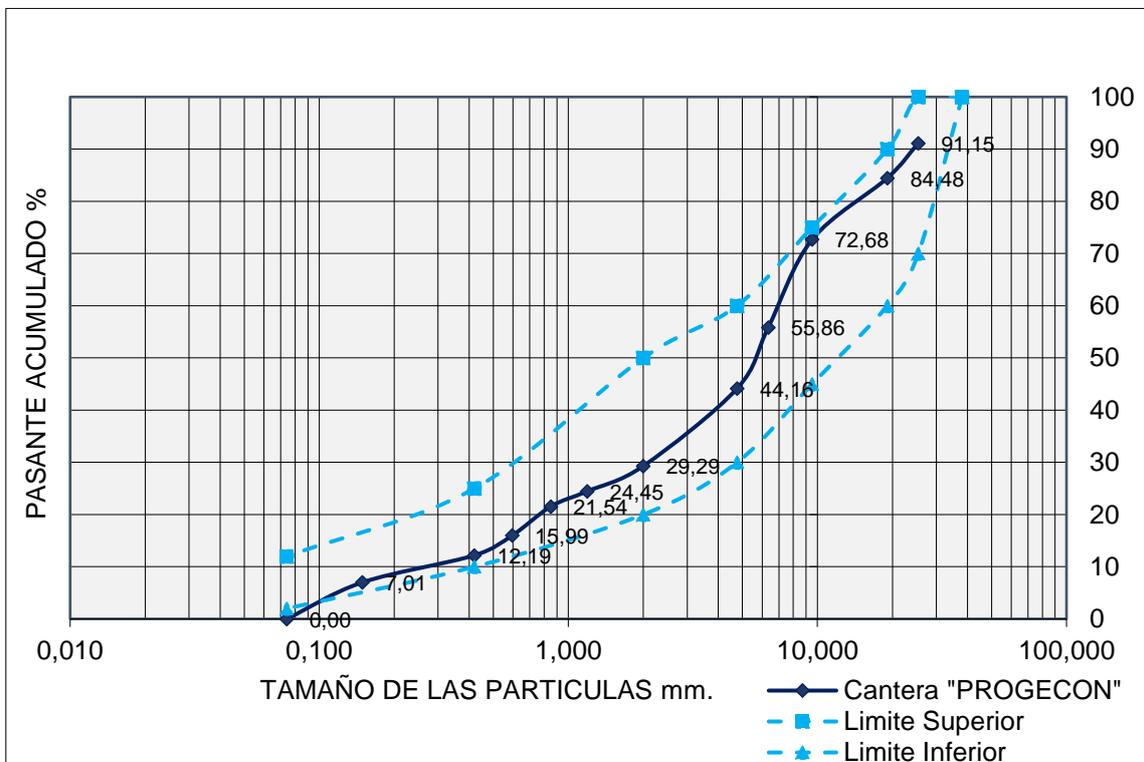


Ilustración 11: Gradación del Material de Base de la Cantera "PROGECON" – BASE TIPO 1B – Vía Seca

Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

3.3 Límites de Atteberg

Se realiza este ensayo a partir de pasante del tamiz N°40, pero en el caso al tener un material grueso (GW), el índice de plasticidad que se obtuvo fue NP (No Plástico), y cuando en un material dado no se puede determinar un límite el otro consecuentemente tampoco se logra determinar.

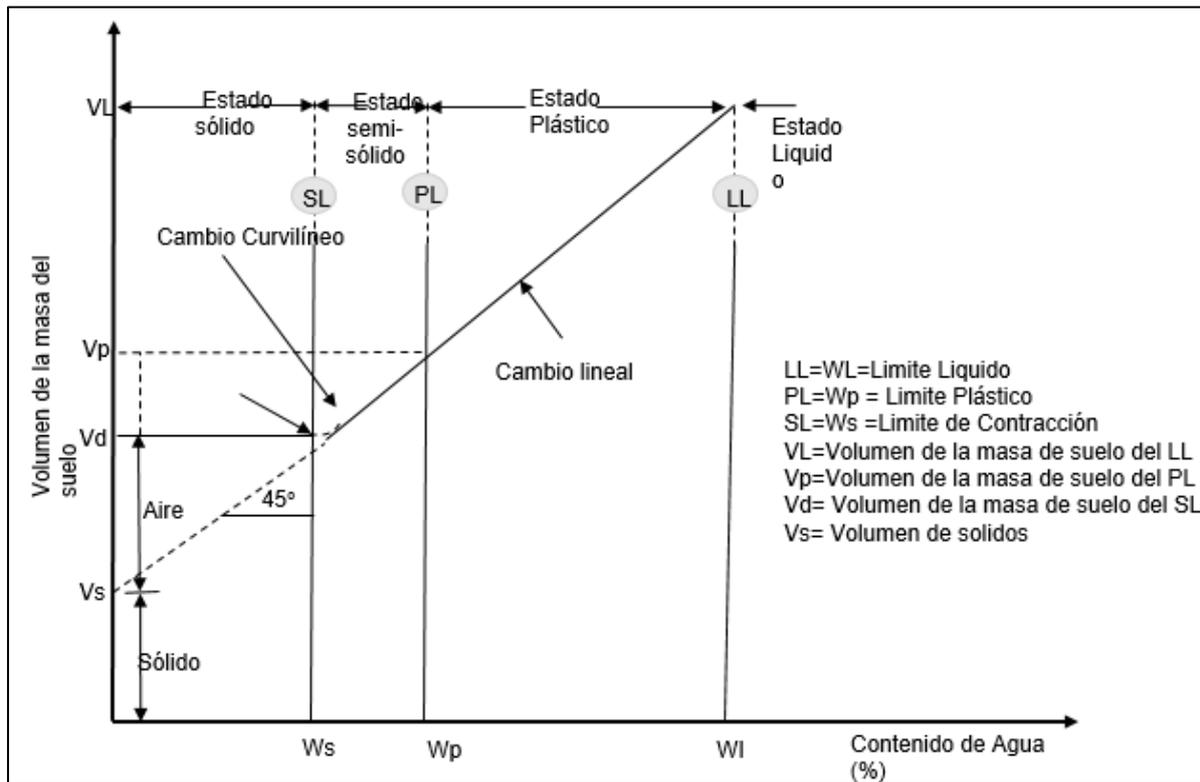


Ilustración 12: Gráfica Volumen de la masa de suelo vs Contenido de Agua

Fuente: (Fratelli, 1993)

Elaborado: Ariana Michell Aguilar Loaiza

3.3.1 Límite Líquido

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje del peso del agua entre el peso del suelo seco, es necesario para que la pasta de un suelo pueda fluir y unirse.

3.3.2 Límite Plástico

Es el contenido de humedad existente en un suelo, expresado en porcentaje es el límite entre el estado plástico y el estado sólido del mismo. Este límite se define arbitrariamente como el más bajo contenido de humedad con el cual el suelo, al ser moldeado en barritas cilíndricas de menor diámetro cada vez, comienza a agrietarse cuando las barritas alcanzan a tener 3 mm de diámetro.

3.4 Clasificación de Suelos

De acuerdo a la Clasificación de Suelos según SUCS y AASHTO se procede analizar la clasificación del material con los resultados obtenidos en el Ensayo de Granulometría y Límites de Atterberg.

- Porcentaje que pasa Tamiz 200 (T_{200})= 3,12 %
- Porcentaje del pasa Tamiz 4 (T_4)= 36,78%
- IP = NP

Pasante N °200 está dentro del intervalo de 5% al 12% ; se trata un material con doble símbolo, por lo que se procede a realizar la curva Granulométrica para encontrar los coeficientes de curvatura y uniformidad que nos permite la graduación del suelo.

Coeficiente de Uniformidad

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Coeficiente de Curvatura

$$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}}$$

Tabla 5: Valores para obtener los coeficientes Cc y Cu.

D10	0,44
D30	3,20
D60	9,00

Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

Tabla 6: Coeficientes de Gradación.

COEFICIENTE UNIFORMIDAD	22,50
COEFICIENTE CURVATURA	2,84

Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

CLASIFICACIÓN SEGÚN SUCS: GRAVA BIEN GRADUADA -GW

CLASIFICACIÓN SEGÚN AASTHO: A-1-a

Tabla 7: Resultados de la Clasificación Final del Suelo.

PARAMETROS DE COMPARACION	GRANULOMETRIA VIA SECA	GRANULOMETRIA VIA HUMEDAD
CLASIFICACION SUCS	GP	GP
CLASIFICACION AASTHO	A-1-a	A-1-a
Coeficiente de Curvatura	2,84	2,19
Coeficiente de Uniformidad	22,50	26,92

Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

3.5 Ensayo Abrasión de los Ángeles

Es el régimen de la degradación de un agregado mineral de graduación estándar, resultado de una combinación de acciones incluyendo la abrasión o desgaste. Se utiliza para averiguar la calidad del agregado grueso. Este método establece el procedimiento a seguir para determinar el desgaste, por abrasión del agregado grueso, menor de 1½" (38 mm), utilizando la máquina de Los Ángeles. (ASTM, s.f.)(Ver Ilustración 14)

El procedimiento para determinar el desgaste por abrasión de agregado grueso mayor a $\frac{3}{4}$ " (19 mm) utilizando la máquina de Los Ángeles, se describe en la ASTM C-535. El porcentaje de desgaste determinado en ambas condiciones (ASTM C 131 y ASTM C-535) no es el mismo. La muestra consistirá de agregado limpio y debe ser representativa del material que se vaya a ensayar.

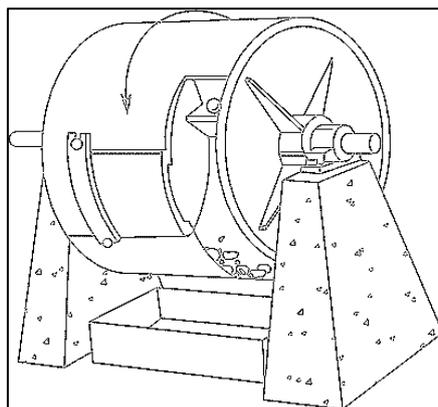


Ilustración 13: Máquina para realizar el desgaste de los materiales.
Fuente: (CUEVA DEL INGENIERO , s.f.)

De acuerdo a la granulometría o tamaño del material, este método presenta cuatro graduaciones, tal como se observa en la Tabla 9.

Tabla 8: Métodos para el ensayo de Abrasión de los Ángeles.

Tamaño de mallas(aberturas cuadradas)		Masa por tamaño indicado, g			
Pasando	Retenido	Graduación			
		A	B	C	D
37,5mm(1 1/2 pulg)	25,0 mm (1 pulg)	1250 ± 25	-	-	-
25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (3/4 pulg)	1250 ± 25	-	-	-
19,0 mm (3/4 pulg)	12,5 mm(1/2 pulg)	1250 ± 10	2500 ± 10	-	-
12,5 mm(1/2 pulg)	9,5 mm (3/8 pulg)	1250 ± 10	2500 ± 10	-	-
9,5 mm (3/8 pulg)	6,3 mm (1/4 pulg)	-	-	2500 ± 10	-
6,3 mm (1/4 pulg)	4,75 mm (No.4)	-	-	2500 ± 10	-
4,75 mm (No.4)	2,36 mm(No.8)	-	-	-	5000 ± 10
Total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

Una vez que se alcanza el número requerido de revoluciones del tambor, se tamiza el agregado para determinar el porcentaje de agregado que ha sido reducido hasta un tamaño menor que 1,7mm (tamiz N°12).

Tabla 9: Porcentaje de Pérdida (%) por medio del Método B

MALLAS		PESO ANTES DEL ENSAYO (gr)	PESO DESPUES POR TAMIZ No. 12 (gr)	% PÉRDIDA
PASA	RETIENE			
3/4	1/2	2500		
1/2	3/8	2500		
		5000	3575,1	28,50

Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

3.6 Ensayo de Pureza de los Agregados (Sulfato)

El ensayo para medir la pureza de los agregados se realiza mediante sulfato de sodio o magnesio y consiste en determinar cualitativamente la durabilidad de las rocas bajo condiciones de intemperismo. (CUEVA DEL INGENIERO , s.f.).

Los resultados de este ensayo, no son la única fuente para determinar la durabilidad de los agregados, se debe utilizar otras pruebas que permitan verificar y corroborar dichos análisis. Su método se basara en la norma ASTM D 4992, para rocas de minas, afloramiento, o campo. Hay que acotar que en ocasiones el método ha brindado resultados que en condiciones reales de campo son diferentes, y la desintegración del material ha ocurrido en el uso real manteniendo las condiciones iniciales la roca madre. (CUEVA DEL INGENIERO , s.f.)

Procedimiento:

- El ensayo se debe realizar con el porcentaje que es retenido en el tamiz N 4
- Las masas fraccionadas deben tener como mínimo el 5% de la masa tamizada.
- El tiempo en el que se tiene la muestra sumergida en la solución es de menor de 16 horas pero no mayor a 18 horas, de modo que el nivel quede a 0,5 pulg.
- Luego se procede a estar las muestras al horno y se tamiza según lo indicado en la tabla.

Tabla 10: Tamices a Utilizarse en Ensayo Agregado a los sulfatos.

Tamaño del Agregado	Tamiz Empleado
63mm (2 ½ pulg) a 37,5 mm (1 ½ pulg)	31,5 mm (1 ¼ pulg)
37,5 mm (1 ½ pulg) a 19mm (3/4 pulg)	16 mm (5/8 pulg)
19mm (3/4 pulg) a 9,5 mm (3/8 pulg)	8 mm (5/16 pulg)
9,5 mm (3/8 pulg) a 4,75 mm (N 4)	4mm (N 5)

Elaborado por: Ariana Aguilar Loaiza

- Luego se calcula el porcentaje de desgaste.

Tabla 11: Porcentaje de Pérdida debido al desgaste con sulfato (%).

Mallas		GRADUACIÓN de la Muestra Original % RETENIDO	Peso antes del Ensayo gr.	Peso después del Ensayo gr.	% de pérdida real	% de perdida Corregida
Pasa	Retiene					
1	3/4	27,9	1001,7	983,2	1,847	0,515
¾	1/2	29,41	752,6	748,6	0,531	0,156
½	3/8	8,32	502,9	487,7	3,022	0,251
3/8	4	34,37	300,1	278	7,364	2,531
						3,45%

Elaborado por: Ariana Aguilar Loaiza

3.7 Ensayo Proctor Modificado

El ensayo consiste en encontrar la humedad óptima para la cual se obtendrá la máxima densidad seca, utilizado en diferentes obras de la Ingeniería Civil como en terraplenes, bases de cimientos, base de caminos y carreteras. (Ver Tabla 13)

Para la investigación se realizó el ensayo Proctor Modificado al material de base, adicional para el material con el 4% de cemento debido a que era el porcentaje óptimo, y al mismo porcentaje se le adicionó fibra al 0,5% que se comprobó era la mejor alternativa, para con dichos resultados determinar el porcentaje óptimo de humedad de la muestra.



Ilustración 15: Desarrollo del ensayo de Proctor.
Elaborado: Ariana Michell Aguilar Loaiza

El contenido de agua a utilizar fue de 400 gr para estado Natural, 600 gr para la combinación más fibra y cemento y 500 gr para el suelo cemento.

Debido a que la fibra absorbe la mayor cantidad de agua se puede observar mayor densidad con respecto a la base granular y base granular más cemento. Así mismo se corrobora que las bases estabilizadas con cemento presentan una disminución de la densidad con respecto al material natural.

Tabla 12: Métodos para realizar el Ensayo Proctor Modificado

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557			
Martillo	10 lb		
Altura de Caída	18 pulg		
	Método A	Método B	Método C
Material	Pasante de tamiz No.4	Pasante de tamiz 3/8"	Pasante de tamiz 3/4"
Cantidad mínima de masa seca	16 kg	16 kg	29kg
Cantidad mínima de masa humedad	23 kg	23 kg	45 kg
Molde	4"	4"	6"
No. de Capas	5	5	5
No. de Golpes por capa	25	25	56
Volumen del molde(sin collar)	944 cm ³	944 cm ³	2123 cm ³
Energía de Compactación	2700 KN-m/m ³	2700 KN-m/m ³	2700 KN-m/m ³

Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

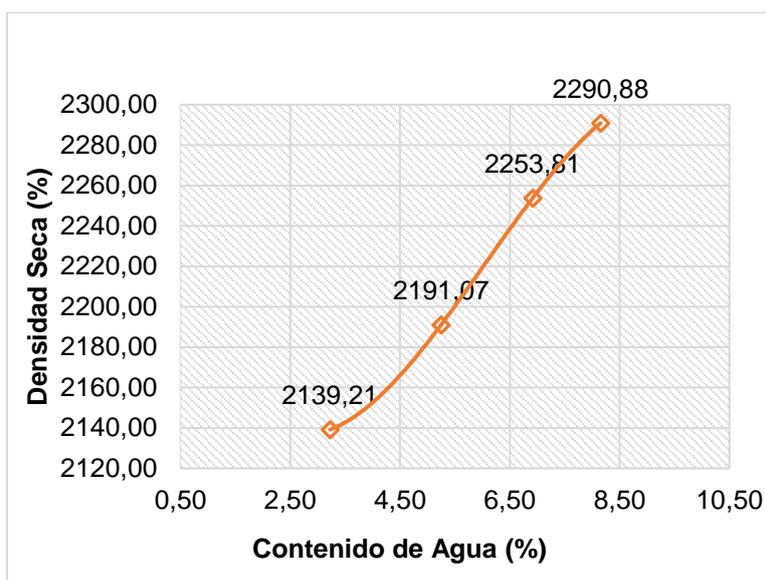


Ilustración 14: Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad – Suelo Estado Natural
Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

Tabla 13: Tabla de Resultados del Ensayo Proctor Modificado- Estado Natural.

Humedad Óptima	8,2 %
Densidad Seca Máxima	2291 kg/cm ³

Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

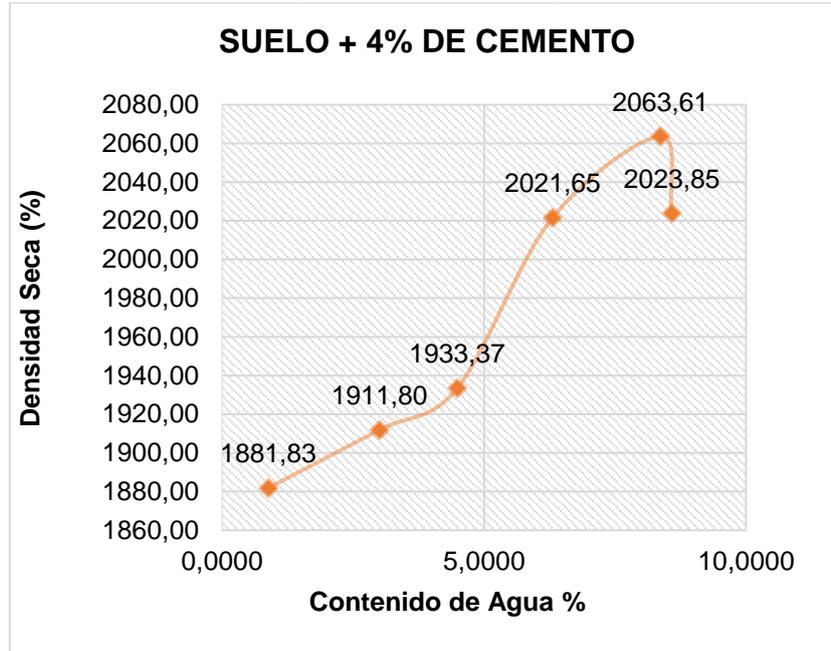


Ilustración 15: Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad – Suelo 4% Cemento
Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

Tabla 14: Tabla de Resultados del Ensayo Proctor Modificado –Suelo 4% de Cemento.

Humedad Óptima	8,40 %
Densidad Seca Máxima	2064 kg/cm3

Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

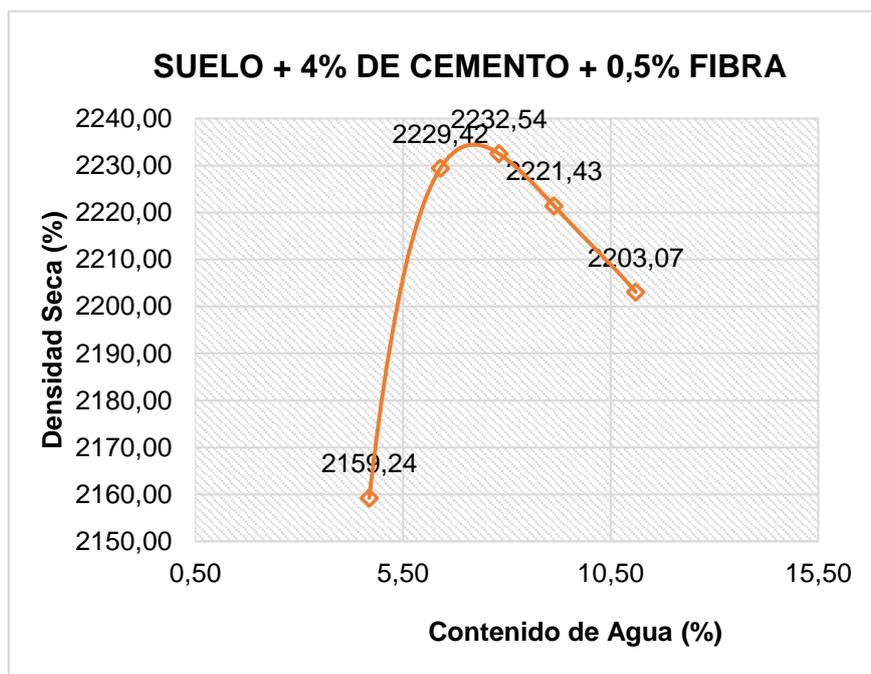


Ilustración 16. Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad – Suelo 4% cemento + 0.5 Fibra

Elaborado: Ariana Michell Aguilar Loaiza

Tabla 15: Tabla de Resultados del Ensayo Proctor Modificado – Suelo 4% de Cemento + 0.5% Fibra.

Humedad Óptima	7,81 %
Densidad Seca Máxima	2233 kg/cm ³

Elaborado: Ariana Michell Aguilar Loaiza



Ilustración 17: Muestras para determinar la Humedad tomadas en la realización del Ensayo Proctor Modificado.

Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

3.8 CBR (California Bearing Ratio)

El índice de CBR, es un ensayo el cual permite medir la capacidad portante del suelo, a través de las condiciones de humedad optima y densidad seca máxima obtenida en el ensayo Proctor modificado. Se expresa como una relación porcentual entre la carga unitaria del suelo y la carga patrón de la piedra picada, establecida por la penetración a una misma profundidad de un pistón de penetración. (VIALIDAD, 2003).

Por norma el valor del CBR se establece para penetraciones de 0,1 pulg (2,54mm) y 0,2 pulg (5,08mm), con un esfuerzo unitario patrón de 1000 psi (70,49 kg/cm²) y 1500 psi (105,68 kg/cm²). Luego se realiza la corrección y se obtiene los valores de CBR. En este trabajo de titulación en base a los ensayos de Proctor Modificado, analiza el ensayo de CBR para el suelo en estado natural y el suelo con cemento y fibra.

El ensayo consiste en la elaboración de 3 probetas de 5 capas con 10, 25 y 56 golpes respectivamente que deberán ser compactadas con un martillo de 10lb, luego sumergidas a un piscina de curado durante 96 horas para analizar la expansión del material ya que es el lapso en la que un material resiste su máxima fatiga, cada día se toma lecturas, una vez concluido el periodo se saca la muestra y se deja al ambiente hasta que elimine el exceso de agua, se realiza la penetración del material con un pistón de penetración, luego de acuerdo al dial del instrumento se calcula los esfuerzos, lo cual se obtiene dividiendo la carga para el área de la sección, se hace las correcciones y se bosquejan los resultados.



Ilustración 18: Medida de Expansión de la muestra.
Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

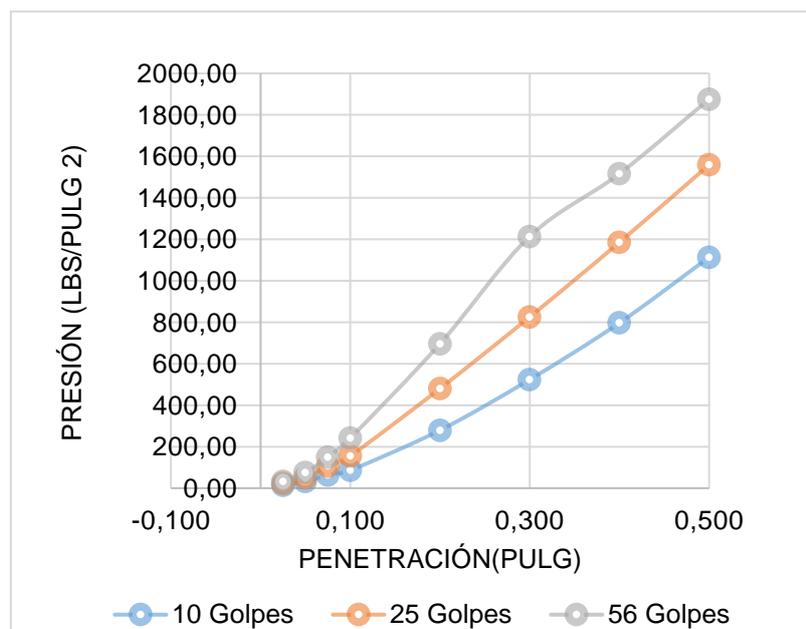
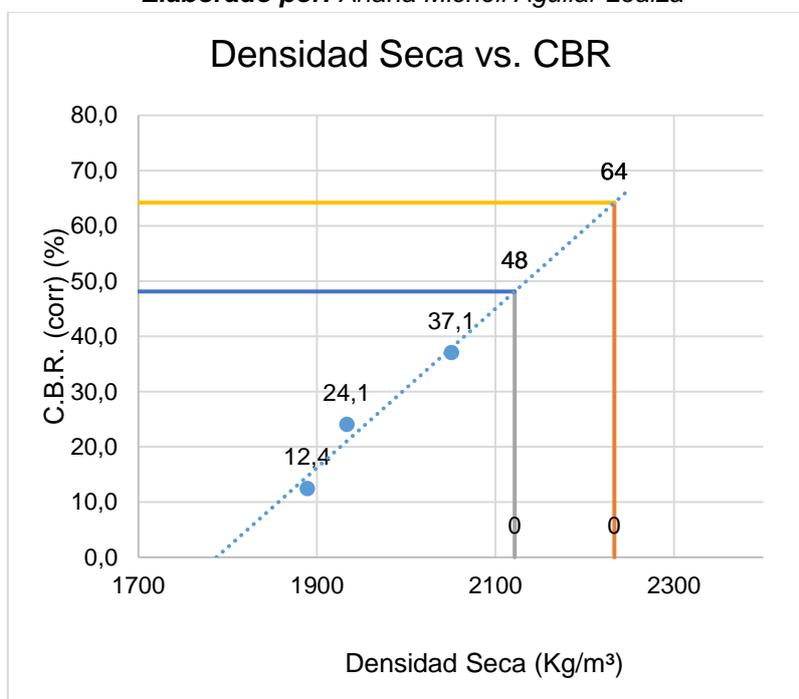


Ilustración 19: Curva de Presión vs Penetración del Suelo en Estado Natural.
Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

Tabla 16: Resultados del Ensayo de CBR- Suelo Estado Natural.

No. Golpes	Esfuerzo de Penetración	
	0,1 Pulg	0,2 Pulg
56	241,95	696,32
25	155,675	480,636
10	86,657	279,33
C.B.R.	%	%
56	24,19	46,42
25	15,57	32,04
10	8,666	18,62

Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

**Ilustración 20:** Grafica para determinar el CBR- Suelo en Estado Natural

Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

Tabla 17: CBR 95% Y 100% del Suelo Natural

GRÁFICA DE CBR					
REGRESIÓN LINEAL GENERAL					
	Promedio X	1958	m	0,143995923	
	Promedio Y	24,51377326	b	-257,385778	
DENSIDAD	100%	DENSIDAD	95%	DENSIDAD	0
0	0	0	0	0	0
2233	64	2122	48	0	0

Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

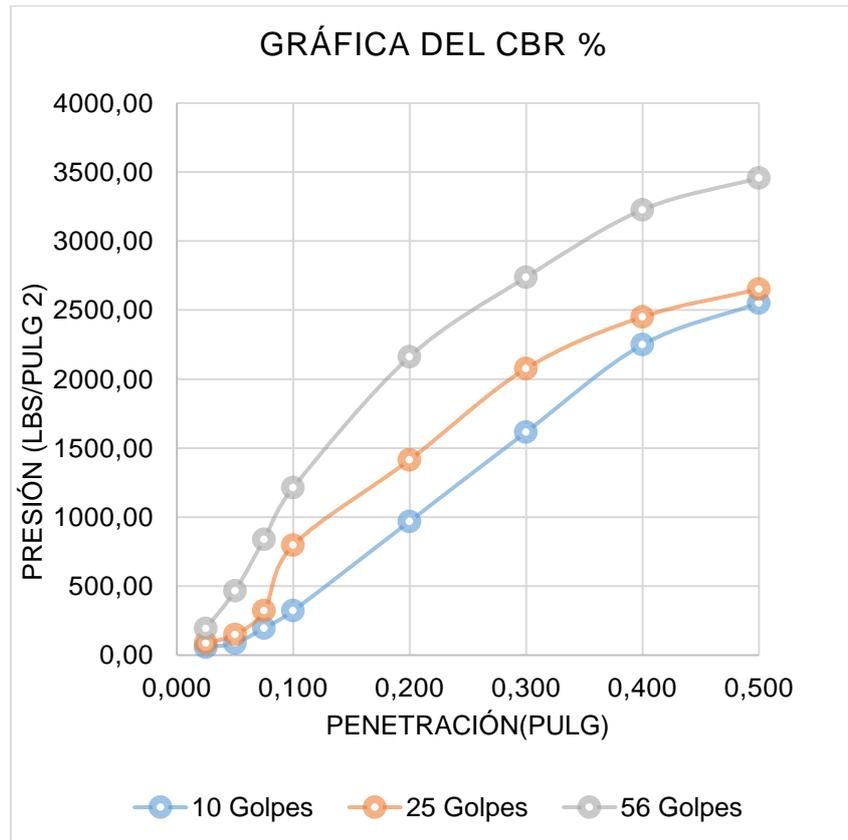


Ilustración 21: Curva de Presión vs Penetración del Suelo 4% Cemento + 0.5% Fibra
Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

Tabla 18: Resultados del Ensayo de CBR del Suelo 4% Cemento + 0,5% Fibra.

No. Golpes	Esfuerzo de Penetración	
	0,1 Pulg	0,2 Pulg
56	1213,96	2162,96
25	796,970	1415,259
10	322,469	969,52
C.B.R.	%	%
56	121,40	144,20
25	79,70	94,35
10	32,247	64,63

Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

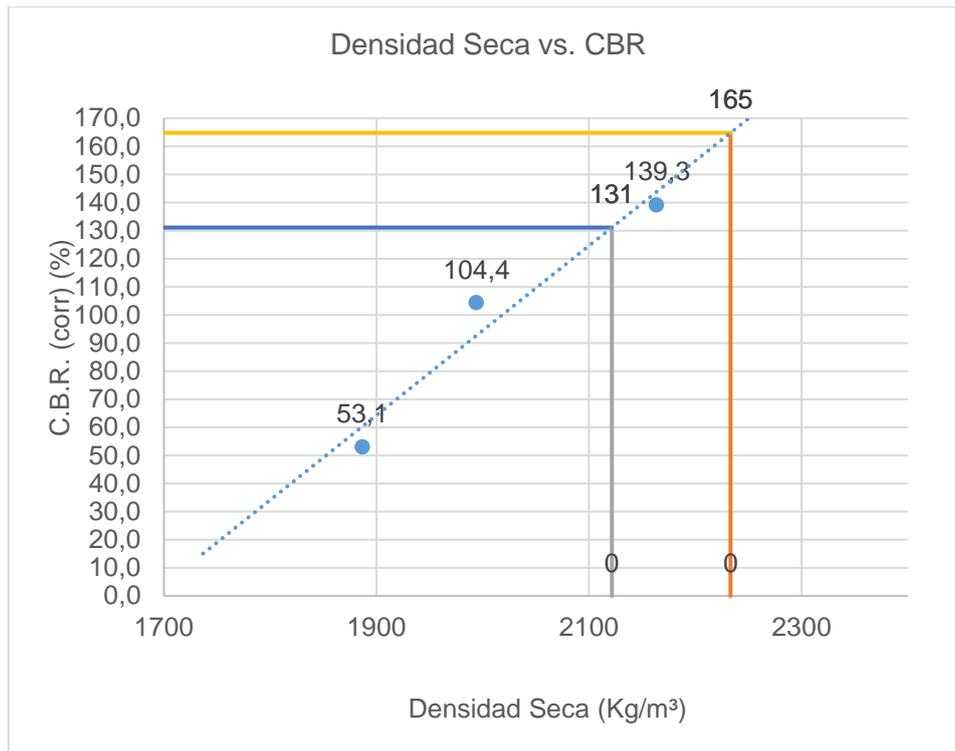


Ilustración 22: Grafica para determinar el CBR del Suelo 4% Cemento + 0,5% Fibra
Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

Tabla 19: Valores del índice del CBR al 95% y 100% del Suelo 4% Cemento + 0.5% Fibra

GRÁFICA DE CBR					
REGRESIÓN LINEAL GENERAL					
	Promedio X	2015	m	0,301704316	
	Promedio Y	98,93143988	b	-508,9376344	
DENSIDAD	100%	DENSIDAD	95%	DENSIDAD	0
0	0	0	0	0	0
2233	165	2122	131	0	0

Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

3.9 Caracterización Final

La caracterización del material a utilizar es una base TIPO 1B según las especificaciones del MTOP cumple con sus límites granulométricos. (Ver Ilustración 11 y 12). De acuerdo a la tabla 17 se observa que el Índice de CBR no cumple como material de base, pero se añade aglomerante químico (cemento HOLCIM BASE VIAL) las pruebas realizadas mostraron el incremento Índice de CBR > 100 %). El desgaste a los sulfatos que resiste el material es 3,45%, la Abrasión de los Ángeles de 28,50%.

Tabla 20: Resultados de la Caracterización del Material.

BASE TIPO 1B	RESULTADOS
CLASIFICACIÓN SEGÚN SUCS	GRAVA BIEN GRADUADA - GW
CLASIFICACIÓN SEGÚN AASTHO	A-1-a
INDICE DE PLASTICIDAD	NP
LIMITE LIQUIDO	-
DESGASTE DE LOS SULFATOS	3,45%
ABRASION DE LOS ANGELES	28,50%
INDICE DE CBR	48%

Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

Una vez realizada la caracterización del material, en donde se comprobó que cumpla con las especificaciones requeridas se procede a la elaboración de las bases cementadas (BAEC) y las bases cementadas con fibra (BAEC-F).

3.9.1. Porcentaje de Cemento Para Utilizar

De acuerdo a estudios realizados por HOLCIM S.A y el comité del American Concrete Institute (ACI), recomienda unos porcentajes mínimos requeridos de acuerdo a la clasificación de suelos AASHTO, a continuación (Ver tabla 21).

Tabla 21: Contenidos típicos recomendables en mezclas de Holcim Base Vial

AASHTO CLASIFICACIÓN DE SUELO.	ASTM CLASIFICACIÓN DE SUELO.	RANGOS TÍPICOS DEL PESO DEL CEMENTO REQUERIDO, POR %
A-1-a	GW,GP,GM,SW,SP,SM	3-5
A-1-b	GM,GP,SM,SP	5-8
A-2	GM,GC,SM,SC	5-9
A-3	SP	7-11
A-4	CL,ML	7-12
A-5	ML,MH,CH	8-13
A-6	CL,CH	9-15
A-7	MH,CH	10-16

Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

Fuente: Reporte del comité ACI

3.9.2. Metodología de la Fibra Vegetal de Abacá

En estudios realizados para distintos trabajos de titulación se ha podido observar que el porcentaje óptimo de fibra vegetal a utilizar esta entre el 0,5% y 1%, valores encima del límite tiende a disminuir las propiedades de los materiales.

Para la elaboración de la Base Cementada con fibra (BAEC-F), se empleará dichos porcentajes y una longitud del material de 20 y 25 mm. La fibra se colocara en estado natural teniendo en cuenta que en el proceso constructivo de una obra vial se lo realizara de igual forma.

3.10. Metodología para Elaboración de la Bases

El proceso constructivo de una base estabilizada con cemento es adaptado de acuerdo con los requerimientos en el campo de la ingeniería civil.

1. Homogenizar el material al ser utilizado para que todo posea la misma humedad esparciendo la muestra durante 24 horas en un ambiente de estado natural.

2. Seleccionar el porcentaje de aglomerante químico (cemento) a utilizar de acuerdo al tipo de material.
3. Seleccionar la dosis de agua de acuerdo a la prueba realizada al material mediante el ensayo Proctor Modificado (ASTM D - 1557).
4. Humedecer el material con agua y cemento hasta obtener una mezcla uniforme.
5. Realizar 4 capas en el molde cilíndrico, ejerciendo compactación con un martillo vibrador durante 20 segundos por capa.
6. Luego proceder a sellar y esperar 24 horas para desmoldar y cubrir con una funda el cilindro para mantener su humedad.
7. Proceder a elaborar las roturas de las muestras a ensayar, en sus respectivos días a los 7,14 y 28 días.

En las bases cementadas con fibra se realizará el mismo proceso pero adicional agregando un porcentaje de fibra del 0,5% y 1% de peso de la muestra total de cada espécimen a ensayar.

Adicional se eligió el porcentaje óptimo de cemento a utilizar que estaba en el rango del 3% al 5% para el material analizado, para lo cual se elaboró un muestro de 42 espécimen (30 cilindros y 12 vigas) para determinar la resistencia a la compresión y flexión con las especificaciones de las normas ASTM – C39 y ASTM C78, comprobando con roturas a los especímenes a los 7, 14, 28 días respectivamente.

3.11 Vigas (Resistencia a la Flexión)

Se elaboraron 12 vigas para calcular el módulo de rotura y realizar una comparación entre una viga con base cemento y adicional fibra cumpliendo las norma ASTM C78, la cual somete una carga aplicada en cada tercio de la luz. El módulo de

rotura es más bajo que en el caso de la carga en el punto medio y la tensión máxima en el tercio medio de la viga. (ASTM, s.f.)

El módulo de rotura de la viga se calcula de la siguiente manera:

- Si la fractura inicia en la superficie de tensión, dentro del tercio medio de la longitud entre apoyos, calcule el módulo ruptura como sigue: (ASTM, s.f.)

$$R = \frac{PL}{bd^2} \quad Ec. 1$$

Dónde: R= Modulo de Ruptura (psi ó Mpa)

P= Carga máxima aplicada, indicada por la máquina (lbf o N)

L= Longitud entre apoyos, (pulg. ó mm)

b= Ancho promedio del espécimen (pulg. ó mm), en la fractura.

d= Altura promedio del espécimen (pulg. ó mm), en la fractura.

Nota 1: El peso de la viga no está incluido en el cálculo.

- Si la fractura ocurre en la superficie a tensión por fuera del tercio medio de la longitud entre apoyos, pero a una distancia no mayor que el 5% de luz libre, calcule el módulo de ruptura con la siguiente formula:

$$R = \frac{3Pa}{bd^2} \quad Ec. 2$$

Dónde: a = Distancia promedio entre la línea de fractura y el apoyo más próximo, medido sobre la superficie a tensión (pulg. ó mm).

Nota 2: El peso de la viga no está incluido en el cálculo.

- Si la fractura ocurre en la superficie a tensión por fuera del tercio medio de la longitud entre apoyos, por más del 5% de la luz libre, descarte el resultado del ensayo.

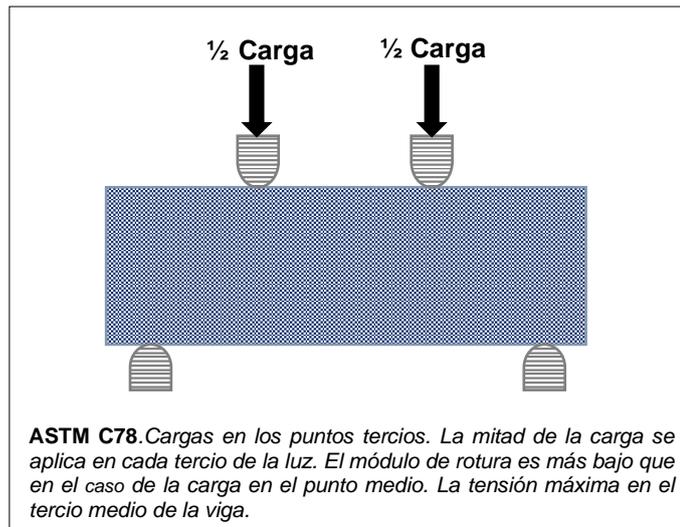


Ilustración 23: Aplicación de la Carga de Rotura de la Viga.
Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza



Ilustración 24: Modelo de Falla
Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

Para el porcentaje de cemento óptimo que es el 4%, se elabora 12 especímenes, 4 especímenes con solo cemento y adicional, 8 especímenes con fibra en porcentajes del 0,5 y 1%. Se realizaron las roturas a los 7 y 28 días promediando los resultados, donde se verificó que las muestras de vigas que contiene en su estructura fibra soportan menos carga a comparación que las muestras con solo cemento. Además

se comprueba que el porcentaje del 1% de fibras le ocasiona perdida de resistencia a la flexión. (Ver Tabla 23).

Tabla 22: Carga de Rotura de los especímenes ensayados.

VIGA No.	FECHA DE TOMA	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIMENSIONES DE SECCIÓN (mm)		LUZ ENTRE APOYOS (mm)	CARGA DE ROTURA(N)	MODULO DE ROPTURA (MPa)
				ANCHO	PROF.	LARGO		
VIGA 4% DE CEMENTO – 0,5 % FIBRA								
1	20/01/2020	27/01/2020	7	150	150	480	11550	1,64
2	20/01/2020	17/02/2020	28	150	150	480	15933	2,27
VIGA 4% DE CEMENTO - 1% FIBRA								
1	21/01/2020	28/01/2020	7	150	150	480	9862	1,40
2	21/01/2020	18/02/2020	28	150	150	480	12132	1,73
VIGA 4% DE CEMENTO								
1	23/01/2020	30/01/2020	7	150	150	480	10753	1,53
2	23/01/2020	20/02/2020	28	150	150	480	17488	2,49

Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

3.12 Cilindros – Bases Estabilizadas con Cemento

Los especímenes se elaboran en base a la Norma ASTM C-39, en este caso se emplea los moldes utilizados para la resistencia a compresión de cilindros, se realizó 30 cilindros, 18 cilindros con porcentajes de cemento del 3, 4 y 5% con la finalidad

de elegir el óptimo, con el porcentaje optimo se elabora 12 cilindros con adición de fibra del 0,5 y 1% respectivamente, una vez realizada las pruebas se constató que la fibra no genera el incremento de resistencia a las muestras.

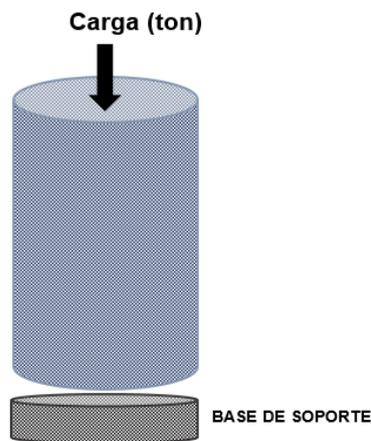


Ilustración 25: Esquema de Base cementada al aplicar las cargas.
Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza



Ilustración 26: Espécimen a Ensayar
Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

El modelo de falla se puede observar en la ilustración 29, en las bases cementadas se genera la rotura del espécimen en relación a las bases cementadas con fibra en la cual el material falla pero no se genera su rotura como se observa en la ilustración 31. Los resultados se pueden verificar en la tabla 23 y 24



Ilustración 27: Modelo de Falla
Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza



Ilustración 28: Muestras de bases cementadas.
Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza.

Tabla 23: Esfuerzo de Rotura de los especímenes ensayados - BAEC

CIL No.	FECHA DE TOMA	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIAMETRO (mm)	PESO(kg)	CARGA DE ROTURA (ton)	ESFUERZO DE ROTURA (kg/cm ²)	PROMEDIO
3 % DE CEMENTO - AGUA 500 gr								
1	20/01/20	27/01/20	7	152.40	12570	4,31	24,38	25,765
2	20/01/20	27/01/20		152.40	12427	4,80	27,15	
3	20/01/20	03/02/20	14	152.40	12590	6,08	34,41	33,365
4	20/01/20	03/02/20		152.40	12150	5,71	32,32	
5	20/01/20	17/02/20	28	152.40	12190	6,01	34,03	37,28
6	20/01/20	17/02/20		152.40	11838	7,16	40,53	
5% DE CEMENTO - AGUA 600 gr								
1	20/01/20	27/01/20	7	152.40	12759	7,05	39,87	34,415
2	20/01/20	27/01/20		152.40	12287	5,12	28,96	
3	20/01/20	03/02/20	14	152.40	13050	7,00	39,58	39,335
4	20/01/20	03/02/20		152.40	12145	6,91	39,09	
5	20/01/20	17/02/20	28	152.40	12538	9,05	51,21	56,915
6	20/01/20	17/02/20		152.40	13053	11,07	62,62	
4% DE CEMENTO - AGUA 500 gr								
1	22/01/20	29/01/20	7	152.40	13546	6,38	36,11	35,78
2	22/01/20	29/01/20		152.40	12145	6.45	35,45	
3	22/01/20	05/02/20	14	152.40	12768	6,76	37,45	38,10
4	22/01/20	05/02/20		152.40	12844	6,85	38,75	
5	22/01/20	19/02/20	28	152.40	13124	9,57	60,74	59,96
6	22/01/20	19/02/20		152.40	13375	10,46	59,18	

Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

3.13 Cilindros – Bases Estabilizadas con Cemento - Fibra



Ilustración 29: BAEC-F (Especimen con fibra vegetal de Abacá)
Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

Tabla 24: Esfuerzo de Rotura de los especímenes ensayados - BAEC-F.

CIL No.	FECHA DE TOMA	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIAMETRO (mm)	PESO (kg)	CARGA DE ROTURA (ton)	ESFUERZO DE ROTURA (kg/cm ²)	PROMEDIO
4 % DE CEMENTO - AGUA 600 gr - 1% FIBRA								
1	21/01/20	28/01/20	7	152.40	11690	3,23	18,26	20,41
2	21/01/20	28/01/20		152.40	11897	3,99	22,57	
3	21/01/20	04/02/20	14	152.40	12115	4,45	25,16	25,78
4	21/01/20	04/02/20		152.40	12353	4,67	26,40	
5	21/01/20	18/02/20	28	152.40	12183	3,91	22,15	23,29
6	21/01/20	18/02/20		152.40	12012	4,32	24,44	
4% DE CEMENTO - AGUA 500 gr - 0,5% FIBRA								
1	22/01/20	29/01/20	7	152.40	12540	4,73	26,76	25,79
2	22/01/20	29/01/20		152.40	12760	4,39	24,83	
3	22/01/20	05/02/20	14	152.40	12781	5,12	28,99	33,74
4	22/01/20	05/02/20		152.40	13265	6,80	38,50	
5	22/01/20	19/02/20	28	152.40	12728	7,16	40,53	38,91
6	22/01/20	19/02/20		152.40	12315	6,59	37,29	

Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

CAPITULO IV

Análisis de Resultados

4.1 Caracterización Final del Material

Al realizar la caracterización del material de base de la cantera PROGECON y revisar las especificaciones del MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas), se verifica que el índice de CBR no cumple con la normativa, motivo por el cual se realiza el mejoramiento del material incrementando un pequeño porcentaje de cemento según sea el requerimiento para cumplir con dichos parámetros y mejorar la capacidad portante del suelo. El MTOP indica que la mayoría de canteras del país no cumple con esta singular característica por lo que al realizar una proyecto vial siempre se mejora el suelo con una cantidad mínima de cemento a lo que se denomina “base cementada” esperando llegar a obtener resistencias mayor o igual a 25 kg/cm², para mejorar sus propiedades mecánicas.

4.2. Porcentaje Óptimo de Cemento

Para llegar tener mejoras en el material natural, se procedió a elaborar testeos con distintos porcentajes de cementos según el tipo de clasificación de suelos por el método SUCS o AASHTO para conocer el porcentaje óptimo de aglomerante. Los porcentajes de cemento adicionado fueron del 3, 4 y 5% donde se observaron un incremento de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días. Además, los testigos que presentan 4 y 5% de cemento mostraron mayor resistencia con valores cercanos entre ellos. Se optó trabajar con porcentaje de cemento del 4% debido a que presentaban resistencias parecidas y con finalidad de hacerlo viable económicamente se escogió el 4% de cemento. (Ver ilustración 30).

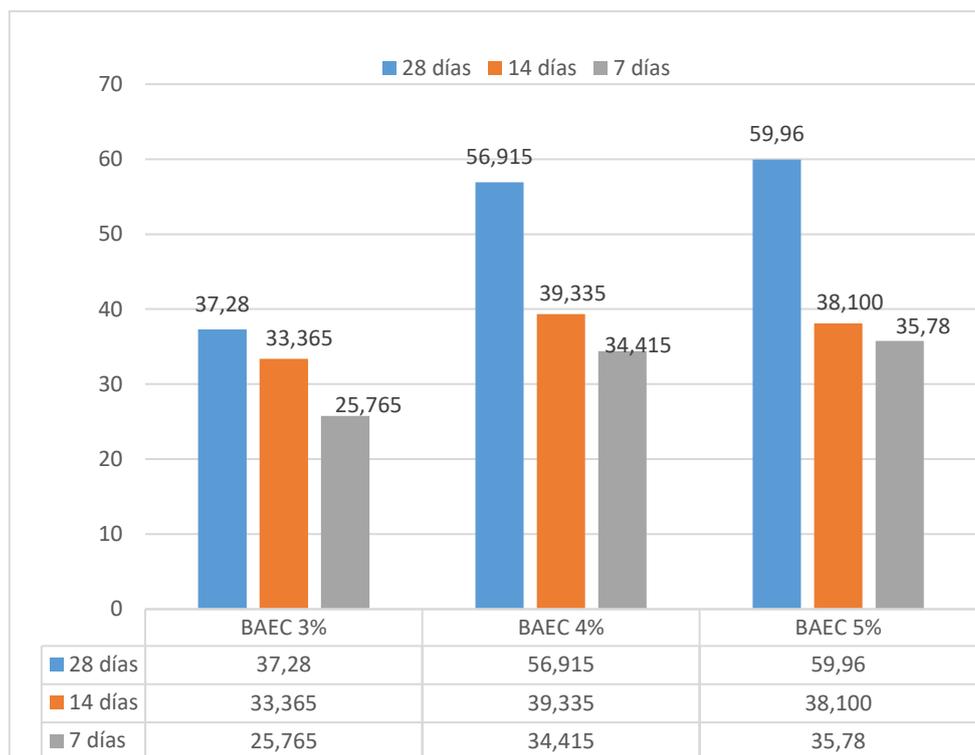


Ilustración 30: Resultados de Bases Cementadas con distintos porcentajes.
Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

Una vez obtenido el porcentaje óptimo de cemento, se elaboraron especímenes con diferentes porcentajes de fibra vegetal, 0,5 y 1% donde se encontraron disminuciones en la resistencia con ambos porcentajes de adición de fibras en comparación con la base estabilizada con solo cemento, y presentando mayor conflicto con los especímenes elaborados con porcentaje de 1%, debido a su dificultad para lograr homogenizar la muestra y lograr un espécimen uniforme.

La resistencia a la compresión de los especímenes elaborados con el 0,5% mostró mayor resistencia a la compresión con relación a los especímenes que se le agregó el 1%. Su incremento en el ensayo de esfuerzo a la compresión fue alrededor 40% a los 28 días donde se alcanza la máxima resistencia de los materiales. (Ver ilustración 31 y 32).

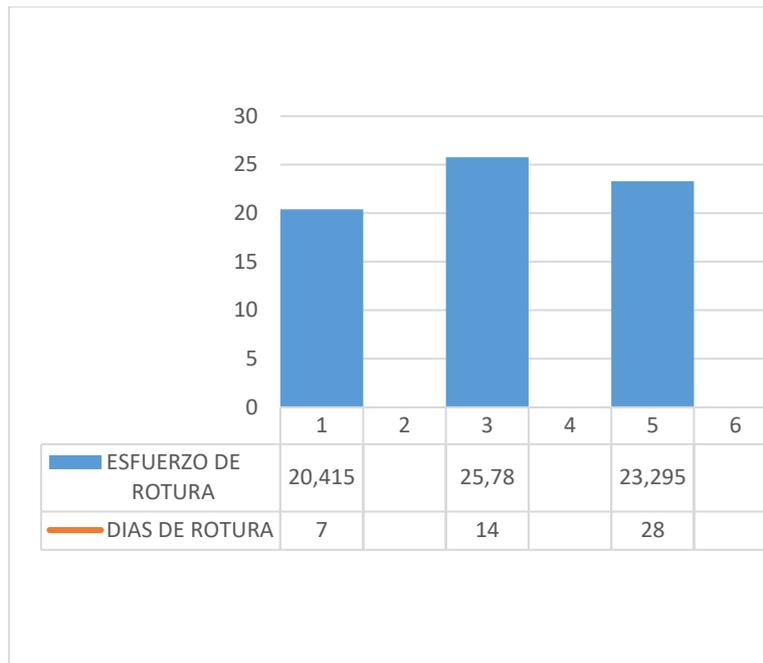


Ilustración 31: BAEC -F con porcentaje de Cemento del 4% y 0,5% fibra.
Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

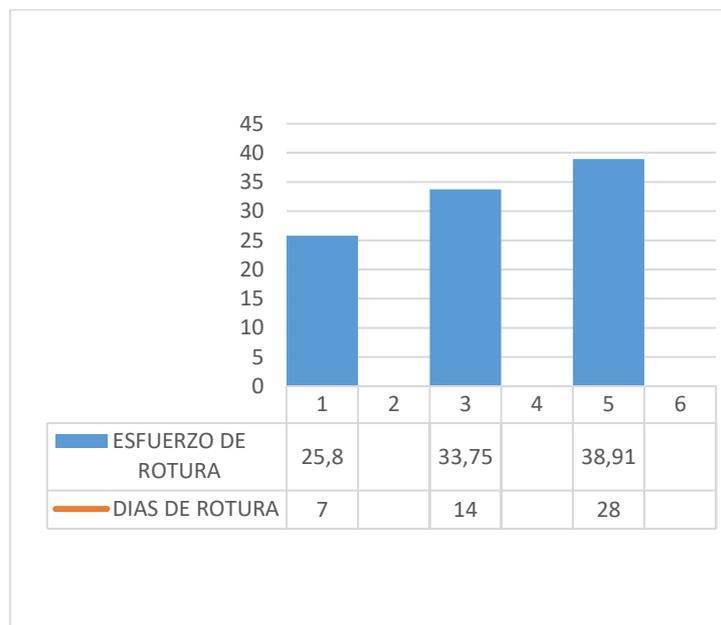


Ilustración 32: BAEC -F con porcentaje de Cemento del 4% y 0,5% fibra.
Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

Con las muestras elaboradas de las vigas cementadas y vigas cementadas con fibra para el ensayo de flexión se obtuvo los siguientes resultados: las vigas con el 4% de cemento actúan soportando más carga al iniciar la ruptura del espécimen en

relación con las vigas con presencia de fibra, las cuales fallan, pero no se realiza su fractura. La diferencia entre los incrementos es muy pequeña en la viga que posee el 1% de fibra en relación a la de 0,5% pero, sin embargo, decrecen un 30% con respecto al resultado obtenido a vigas con solo material granular y cemento. (Ver ilustración 33). La máquina que realiza el ensayo de resistencia a la flexión, implementa la carga en Newton(N) hasta producir la ruptura con aquel valor se calcula el módulo de ruptura se calcula de la siguiente manera:

4.3 Vigas Resistentes a la Flexión -Módulo de Rotura

La fractura se produce dentro del tercio medio, por lo que se utiliza la ecuación (1).

$$R = \frac{PL}{bd^2}$$

$$R = \frac{(11550N)(480mm)}{(150mm)(150mm)^2}$$

$$R = 1,642 \text{ N/mm}^2 = 1,64 \text{ MPa}$$

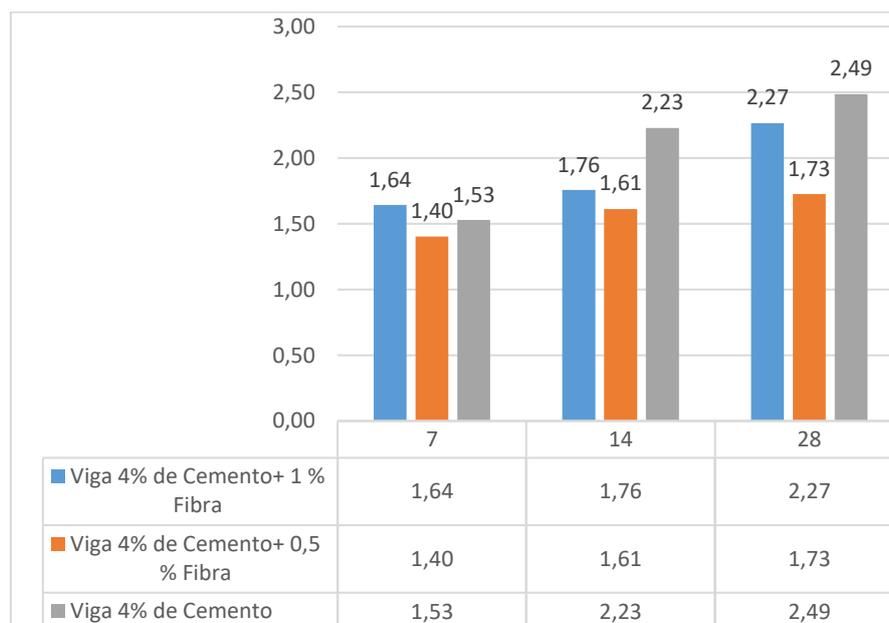


Ilustración 33: Resultados de Ensayo a la Flexión.
Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

4.4 Análisis entre un Proctor Modificado Suelo Natural y Suelo con Cemento más Adición de Fibra.

Se realizó 3 ensayos para determinar la densidad seca máxima y el contenido de humedad óptimo, obteniendo un mayor contenido de humedad para el suelo + cemento es 3% más que el suelo en estado natural y para la mezcla suelo cemento + fibra el incremento es 7% menos que en estado natural, esto se debe a que la fibra vegetal tiende la capacidad de absorber agua, por lo cual hasta para realizar la práctica se incrementó en 200 gr el agua a la mezcla. La densidad seca máxima fue mayor para el suelo + cemento con un valor de 2291 kg/cm^3 en relación con el suelo en estado natural es 10% menos con un valor de 2064 kg/cm^3 y el suelo + cemento y fibra es 3% menos con un valor de 2233 kg/cm^3 .

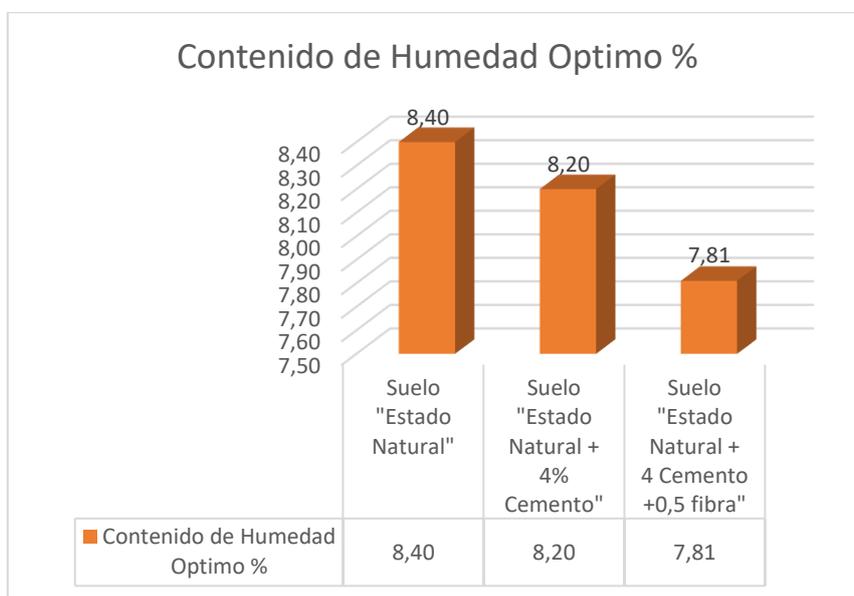


Ilustración 34: Resultados del Contenido de Humedad óptimo.
Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

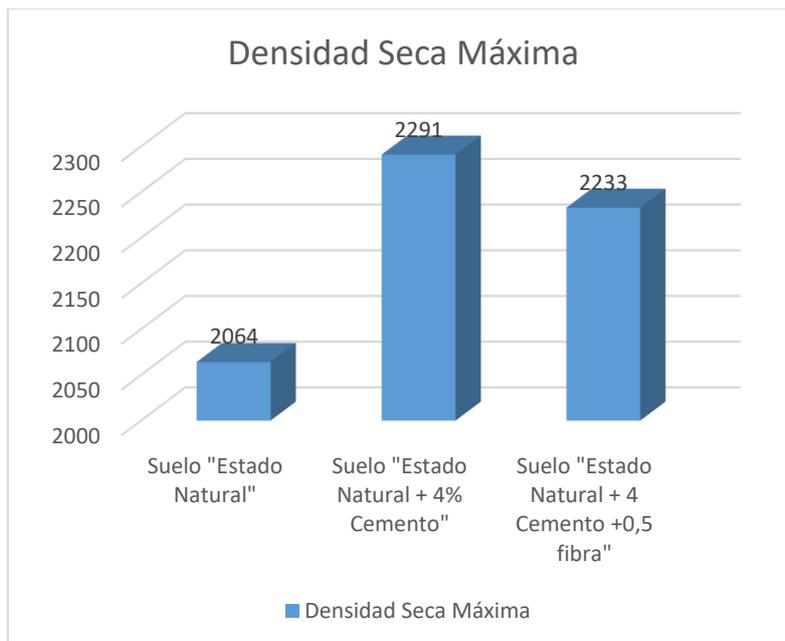


Ilustración 35: Resultados de la Densidad Seca Máxima
Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

4.5 Análisis de los Índice de CBR

Al iniciar el proceso constructivo de las BAEC Y BAEC-F, se inició realizando una caracterización al material de base según los requisitos del MOP, y se determinó que índice de CBR de la muestra era del 48% no cumplía la normativa vigente, por lo cual en procesos constructivos de carreteras siempre eligen la alternativa de elaborar bases cementadas de modo que se incremente sus resistencia al esfuerzo cortante del suelo, ya que un material de base debe tener un capacidad portante $\geq 80\%$, pero al realizar las pruebas en bases al ensayo Proctor Modificado se pudo verificar de manera empírica el incremento 27% de la resistencia, obteniendo un índice de CBR de 131% para suelo cemento + fibra.

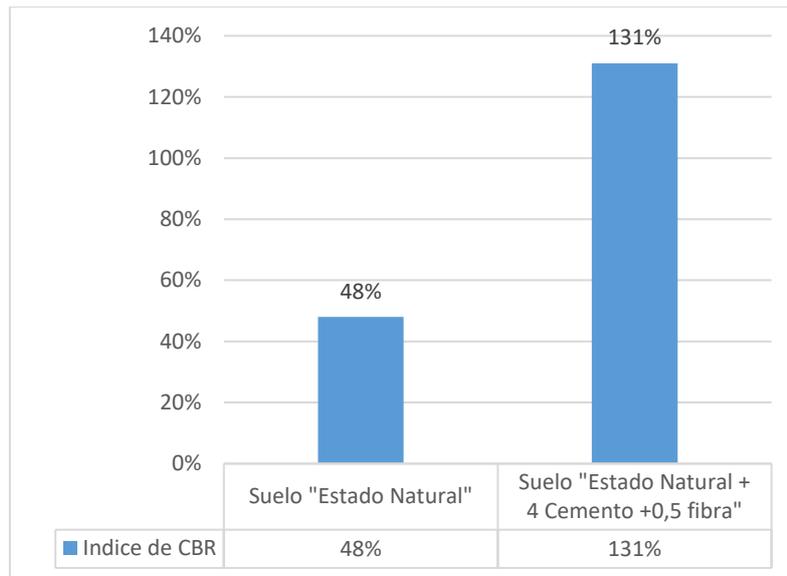


Ilustración 36: Valores del índice de CBR de los ensayos realizados.
Elaborado por: Ariana Michell Aguilar Loaiza

Esto se genera debido a que la fibra absorbe humedad al material combinado y la humedad óptima disminuye pero la densidad seca aumenta, al poseer mayor densidad seca máxima va existir incremento en el índice del CBR.

CAPITULO V

Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Al caracterizar el material proporcionado como Base Granular tipo 1B no cumplió con los requerimientos de la norma utilizada el índice del CBR cuyo valor encontrado de 48%.
- Se realizó un estudio testeando el material granular con 3, 4 y 5% de cemento constatando que a mayor cantidad de cemento se obtiene mayor capacidad portante. Se escogió como porcentaje óptimo el 4% por tener similitud de resultados con el material que poseía 5% de cemento.
- La respuesta mecánica de los materiales al agregarle cemento se ve influenciado en el aumento de la resistencia a la compresión y flexión. La resistencia obtenida en las muestras cementadas superaron la resistencia mínima especificada en la norma.
- Se constató que el porcentaje óptimo de fibra de abaca fue del 0,5% respecto al peso del cemento debido a que porcentajes mayores hacen inviable la elaboración de probetas.
- El incremento de la resistencia en los especímenes ensayados con los distintos porcentajes de cemento adicionando fibra son mucho menor en comparación con los valores obtenidos en la base cementada.
- La adición de fibra en la base estabilizada con cemento ayudó a que las probetas no se rompan, pues la fibra mantiene unido el material incluso después de llegar a su máxima carga, aportando adherencia a la matriz del material manteniendo su forma por tener unidas las partículas del suelo.

- Mayores porcentajes de fibras al óptimo reduce en un 20% la resistencia debido a un excesivo uso de material que no permite una adecuada distribución del mismo afecta directamente a su composición.
- Los resultados obtenidos no pueden asegurar que el cemento y la fibra vegetal puedan ser utilizados para incrementar la vida útil de un pavimento, debido a que en las pruebas realizadas se logró corroborar que su resistencia disminuye.

5.2 Recomendaciones

- Realizar una distribución uniforme en la mezcla de BASE+ CEMENTO para alcanzar la máxima resistencia.
- Aplicar la misma energía de compactación a las 4 capas en caso que se utilice el martillo vibrador.
- Mantener el espécimen con humedad hasta proceder a realizar las roturas y verificar los modelos de fallas.
- Realizar un curado a la fibra vegetal, logrando mantener sus propiedades físicas y químicas.
- Continuar los estudios de las fibras de abacá para conocer la durabilidad en bases cementadas.

Bibliografía

42-03, A. D. (s.f.). ASTM Designación C 42-03. En A. S. Material, *Obtención y Ensayo de Núcleos Taladrados y Vigas Aserradas de Concreto* (pág. 9).

América, J. J. (2013). *Bases de Agregados con Cemento de Canteras San Francisco*. Quito.

ASTM. (s.f.). ASTM-C 535-03. Obtenido de <http://ingenieriasalva.blogspot.com/2009/04/astm-designacion-c-535-03.html>

ASTM D-2487 -03. (s.f.). Clasificación de Suelos SUCS. En A. S. International.

Compuestos reforzados con fibras. (s.f.). Obtenido de https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm15/pfcm15_9_2.html

CUEVA DEL INGENIERO . (s.f.). Obtenido de <https://www.cuevadelcivil.com/2017/04/ensayo-de-durabilidad-con-sulfatos.html>

Ecuador, C. d. (2002). Ministerio de Turismo.

Fonseca, A. M. (2006). INGENIERIA EN PAVIMENTOS . En A. M. Fonseca, *INGENIERIA EN PAVIMENTOS* (pág. 635). Bogotá: Stella Valbuena Garcia. Obtenido de <http://suelosexpasiveosntic2.blogspot.com/>

Fratelli, M. (1993). Suelos, Fundación y Muros. Caracas .

Herra, I. (s.f.). Obtenido de <https://bloglanammeucr.wordpress.com/2019/04/09/bases-estabilizadas-con-cemento-y-su-importancia-en-el-desarrollo-vial-costarricense/>

HOLCIM S.A. (2015). Cemento Hidráulico Tipo MH - Base Vial para la estabilización de suelos. 20. Obtenido de www.holcim.com.ec

Ing. Jose Luis Dávala, Ing.Salome Galenas, Ing.Patricia Pontón, Nelly Maria Rosas, Veronica Sotomayos , Carla Valdiviezo. (2011). *NUEVOS MATERIALES - APLICACIONES ESTRUCTURALES E INDUSTRIALES*. (P. Victor Hugo Guerrero, Ed.) Quito, Ecuador: Inprefepp.

Jurado Nohelia, C. V. (2019). *Evaluación de la Aplicación de un Aglomerante Químico y Fibra de Abacá para el mejoramiento de subrasante del Cantón Zapotal*. Loja : Repositorio de la UG.

Luzuriaga, J. (2017). *Composite de matriz de cemento y refuerzo de Abacá*. Loja .

M.Ashby. (2011). *Materials Selection in Mechail Design*. Burligton, Estados Unidos.

Moscoso, J. C. (2017). *Obtencion de Composición de la Matriz - Refuerzo con fobra de Abacá*. Quito.

MTOP. (2002). *Especificaciones Generales para la construccion de Caminos y Puentes* (Vols. 001-F-2002). Quito, Pichincha, Ecuador: MTOP.

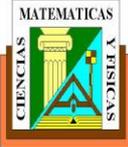
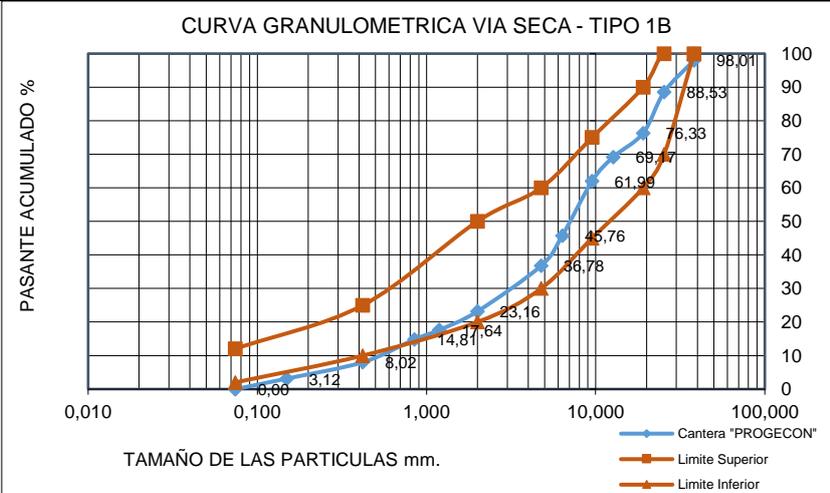
Rocci, S. (1964). *Bases Estabilizadas con Cemento*.

VIALIDAD, F. L. (2003). *Relación de Soporte del Suelo en el Labarotorio*. 15.

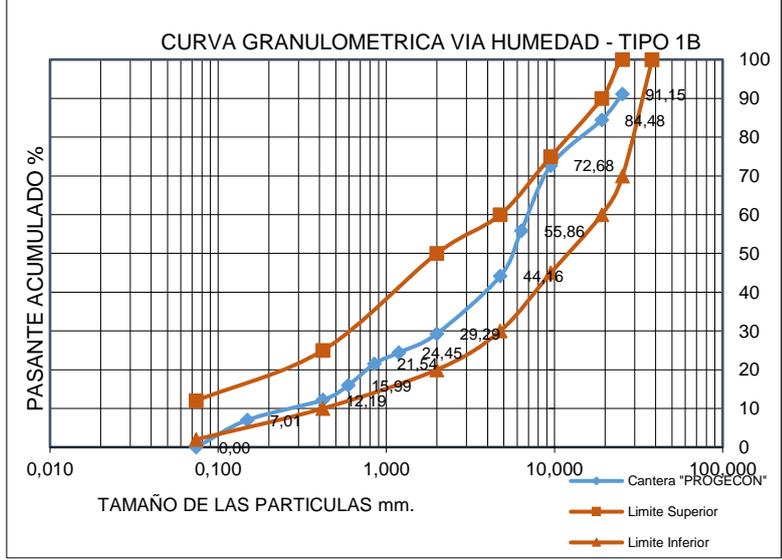
ANEXOS

ANEXOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Anexo 1: Ensayo de Granulometría Vía Seca.

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL					
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS					
TRABAJO DE TITULACIÓN					
CICLO II 2019-2020					
 Universidad de Guayaquil					
ANALISIS GRANULOMETRICO					
N TAMIZ"	MALLA mm	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
1 " 1/2 "	38,100	102	1,99	1,99	98,01
1 "	25,400	486	9,48	11,47	88,53
3/4 "	19,100	625	12,20	23,67	76,33
1/2 "	12,700	367	7,16	30,83	69,17
3/8"	9,520	368	7,18	38,01	61,99
1/4"	6,350	832	16,23	54,24	45,76
4	4,760	460,00	8,98	63,22	36,78
10	2,000	698,00	13,62	76,84	23,16
16	1,190	283,00	5,52	82,36	17,64
20	0,850	145,00	2,83	85,19	14,81
40	0,420	348,00	6,79	91,98	8,02
100	0,149	251,00	4,90	96,88	3,12
200	0,074	160,00	3,12	100,00	0,00
TOTAL		5125,00	100,00		
CURVA GRANULOMETRICA VIA SECA - TIPO 1B					
					
OBSERVACIÓN:					

Anexo 2: Ensayo de Granulometría Vía Humedad.

		UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS TRABAJO DE TITULACIÓN CICLO II 2019-2020				
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO						
N TAMIZ"	MALLA mm	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	
1 "	25,400	475,00	8,85	8,85	91,15	
3/4 "	19,100	358,00	6,67	15,52	84,48	
3/8"	9,520	633,00	11,79	27,32	72,68	
1/4"	6,350	903,00	16,83	44,14	55,86	
4	4,760	628,00	11,70	55,84	44,16	
10	2,000	798,00	14,87	70,71	29,29	
16	1,190	260,00	4,84	75,55	24,45	
20	0,850	156,00	2,91	78,46	21,54	
30	0,595	298,00	5,55	84,01	15,99	
40	0,420	204,00	3,80	87,81	12,19	
100	0,149	278,00	5,18	92,99	7,01	
200	0,074	376,00	7,01	100,00	0,00	
TOTAL		5367,00	100,00			
						
OBSERVACIÓN:						

Anexo 3: Ensayo de los Limites de Atterberg.

 Universidad de Guayaquil	UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL						
	FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICA						
	ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL						
	LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO						
Trabajo de Titulación							
LIMITE LIQUIDO							
PASO No.		1	2	3	4	5	6
Recipiente No.							
Peso en gr.	Recipiente + peso húmedo						
	Recipiente + peso seco						
	Agua	W					
	Recipiente						
	Peso Seco	W					
Contenido de humedad		W					
Número de golpes							
LIMITE PLASTICO						Contenido de Humedad Natural	
Paso N.		1	2	3	4		5
Recipiente N.							
Peso en gr.	Recipiente + peso húmedo						
	Recipiente + peso seco						
	Agua	W					
	Recipiente						
	Peso Seco	W					
Contenido de humedad		W					
Limite Plástico							
						WL	-
						WP	-
						IP	NP
OBSERVACIÓN:							
Al realizar los limites se dificultad la creación de los especímenes a ensayar razón por la cual se determinó que el material era NP (No Plástico).por lo cual si no es posible determinar un límite solo se indica el índice de plasticidad.							

Anexo 4: Ensayo de Abrasión de los Ángeles.

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL					
Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas					
PROYECTO DE TITULACIÓN					
ABRASIÓN DE LOS ÁNGELES					
Elaborado por:		Ariana Michell Aguilar Loaiza			
	MALLAS		PESO ANTES DEL ENSAYO (gr)	PESO DESPUES POR TAMIZ No. 12 (gr)	% PÉRDIDA
	PASA	RETIENE			
	3/4	1/2	2500		
	1/2	3/8	2500		
			5000	3575,1	
	% PÉRDIDA	PI - PF	X 100		
		PI			
	% PÉRDIDA	5000 - 3575,1	X 100	28,498	%
		5000			
	OBSERVACION				
	PORCENTAJE DE ABRASIÓN DE LOS ANGELES DEBE SER MENOR AL 40%, CUMPLE				
	UTILIZO 11 CARGAS ABRASIVAS EN TIEMPO DE 15 MIN				

Anexo 6: Ensayo de Proctor Modificado en Estado Natural.

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL												
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICA												
TRABAJO DE TITULACIÓN												
PROCTOR MODIFICADO												
VOLUMEN DEL CILINDRO:		0,002104		m ³		PROYECTO:						
PESO DEL CILINDRO:		6425,0000		kg		UBICACIÓN:						
NÚMEROS DE GOLPES POR CAPA:			56			SOLICITA:						
NÚMERO DE CAPAS:			5			FECHA:						
CANT.	R	PESO TIERRA HÚMEDA + RECIPIENTE	PESO TIERRA SECA + RECIPIENTE	PESO DE RECIPIENTE	PESO DE AGUA	PESO SECO	w	PESO TIERRA HÚMEDA + CILINDRO	PESO TIERRA HÚMEDA Wh	1 + w/100	PESO TIERRA SECA	DENSIDAD SECA
cm ³	Nº	grs	grs	grs	grs	grs	%	gr	gr		gr	gr/cm ³
100	A-21	175,00	170,30	24,20	4,70	146,10	3,2170	11071,000	4646,0000	1,032	4501,198	2139,35
	A-22	209,30	203,50	24,00	5,80	179,50	3,2312	11071,000	4646,0000	1,032	4500,577	2139,06
200	A-31	197,20	189,00	31,50	8,20	157,50	5,2063	11277,000	4852,0000	1,052	4611,889	2191,96
	A-32	177,20	169,50	24,00	7,70	145,50	5,2921	11277,000	4852,0000	1,053	4608,133	2190,18
300	A-41	203,20	191,50	23,50	11,70	168,00	6,9643	11495,000	5070,0000	1,070	4739,900	2252,80
	A-42	207,80	196,00	24,20	11,80	171,80	6,8685	11495,000	5070,0000	1,069	4744,150	2254,82
400	A-51	215,40	201,30	31,20	14,10	170,10	8,2892	11638,000	5213,0000	1,083	4813,959	2288,00
	A-52	225,60	211,20	31,60	14,40	179,60	8,0178	11638,000	5213,0000	1,080	4826,056	2293,75

PROCTOR - BASE

Contenido de Agua (%)	Densidad Seca (%)
3,2170	2139,21
5,2063	2191,07
5,2921	2253,81
6,9643	2290,88

CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD:	
1,0829	%
CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD:	
8,2	%
DENSIDAD SECA MÁXIMA:	
2.291	gr/cm ³

OBSERVACIONES:

Anexo 7: Ensayo de Proctor Modificado con 4% de Cemento y 0,5% Fibra.

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL													
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICA													
TRABAJO DE TITULACIÓN													
PROCTOR MODIFICADO													
VOLUMEN DEL CILINDRO:		0,002104		m ³		PROYECTO:							
PESO DEL CILINDRO:		6425,0000		kg		UBICACIÓN:							
NÚMEROS DE GOLPES POR CAPA:			56			SOLICITA:							
NÚMERO DE CAPAS:			5			FECHA:							
CANT.	De	R	PESO TIERRA HÚMEDA + RECIPIENTE	PESO TIERRA SECA + RECIPIENTE	PESO DE RECIPIENTE	PESO DE AGUA	PESO SECO	w	PESO TIERRA HÚMEDA + CILINDRO	PESO TIERRA HÚMEDA Wh	1 + w/100	PESO TIERRA SECA	DENSIDAD SECA
cm ³	Nº	grs	grs	grs	grs	grs	grs	%	gr	gr		gr	gr/cm ³
200	A-21		165,50	158,80	15,80	6,70	143,00	4,6853	11181,000	4756,0000	1,047	4543,140	2159,29
	A-22		161,30	154,80	16,20	6,50	138,60	4,6898	11181,000	4756,0000	1,047	4542,947	2159,20
300	A-31		173,00	163,50	15,90	9,50	147,60	6,4363	11416,000	4991,0000	1,064	4689,189	2228,70
	A-32		179,80	170,00	16,10	9,80	153,90	6,3678	11416,000	4991,0000	1,064	4692,211	2230,14
400	A-41		163,20	152,60	15,70	10,60	136,90	7,7429	11489,000	5064,0000	1,077	4700,079	2233,88
	A-42		177,60	165,80	15,90	11,80	149,90	7,8719	11489,000	5064,0000	1,079	4694,456	2231,21
500	A-51		212,30	196,00	15,90	16,30	180,10	9,0505	11526,000	5101,0000	1,091	4677,648	2223,22
	A-52		199,90	184,40	16,40	15,50	168,00	9,2262	11526,000	5101,0000	1,092	4670,125	2219,64
600	A-51		168,60	152,70	12,50	15,90	140,20	11,3409	11575,000	5150,0000	1,113	4625,432	2198,40
	A-52		220,10	200,10	16,10	20,00	184,00	10,8696	11575,000	5150,0000	1,109	4645,098	2207,75
										CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD:			
										1,0774		%	
										CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD:			
										7,81		%	
DENSIDAD SECA MÁXIMA:													
2.233		gr/cm ³											
OBSERVACIONES:													

Anexo 8: Ensayo de Proctor Modificado con 4% de Cemento.

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL												
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICA												
TRABAJO DE TITULACIÓN												
PROCTOR MODIFICADO												
VOLUMEN DEL CILINDRO:		0,000944		m ³		PROYECTO:						
PESO DEL CILINDRO:		4283,2000		kg		UBICACIÓN:						
NÚMEROS DE GOLPES POR CAPA:			25			SOLICITA:						
NÚMERO DE CAPAS:			5			FECHA:						
CANT.	R	PESO TIERRA HÚMEDA + RECIPIENTE	PESO TIERRA SECA + RECIPIENTE	PESO DE RECIPIENTE	PESO DE AGUA	PESO SECO	w	PESO TIERRA HÚMEDA + CILINDRO	PESO TIERRA HÚMEDA Wh	1 + w/100	PESO TIERRA SECA	DENSIDAD SECA
cm ³	Nº	grs	grs	grs	grs	grs	%	kg	kg		kg	kg/m ³
EN	M	383,60	380,80	63,00	2,80	317,80	0,8811	6075,300	1792,1000	1,009	1776,448	1881,83
60	A2	193,90	190,20	66,90	3,70	123,30	3,0008	6142,100	1858,9000	1,030	1804,743	1911,80
120	x	290,90	281,40	69,70	9,50	211,70	4,4875	6190,200	1907,0000	1,045	1825,099	1933,37
180	E	176,20	167,90	36,30	8,30	131,60	6,3070	6312,000	2028,8000	1,063	1908,435	2021,65
220	H	234,10	220,80	61,80	13,30	159,00	8,3648	6394,200	2111,0000	1,084	1948,050	2063,61
240	I	357,00	333,80	63,50	23,20	270,30	8,5831	6357,700	2074,5000	1,086	1910,519	2023,85

Contenido de Humedad (%)	Densidad (kg/m³)
1,0	1881,83
3,0	1911,80
4,5	1933,37
6,3	1981,83
8,4	2063,61
8,6	2023,85

CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD:
%

CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD:
8,4 %

DENSIDAD SECA MÁXIMA:
2.064 kg/m³

OBSERVACIONES:

Anexo 9: Índice de CBR del suelo en estado Natural.

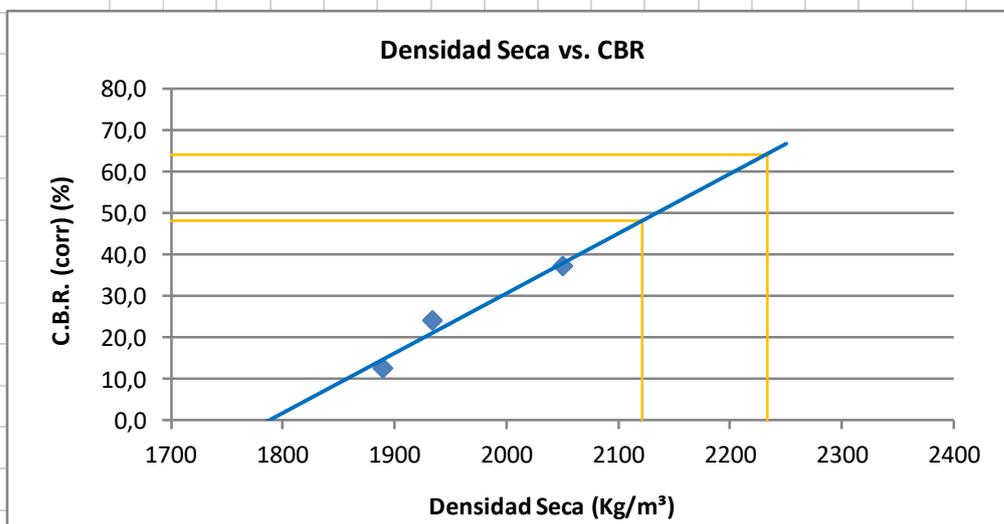
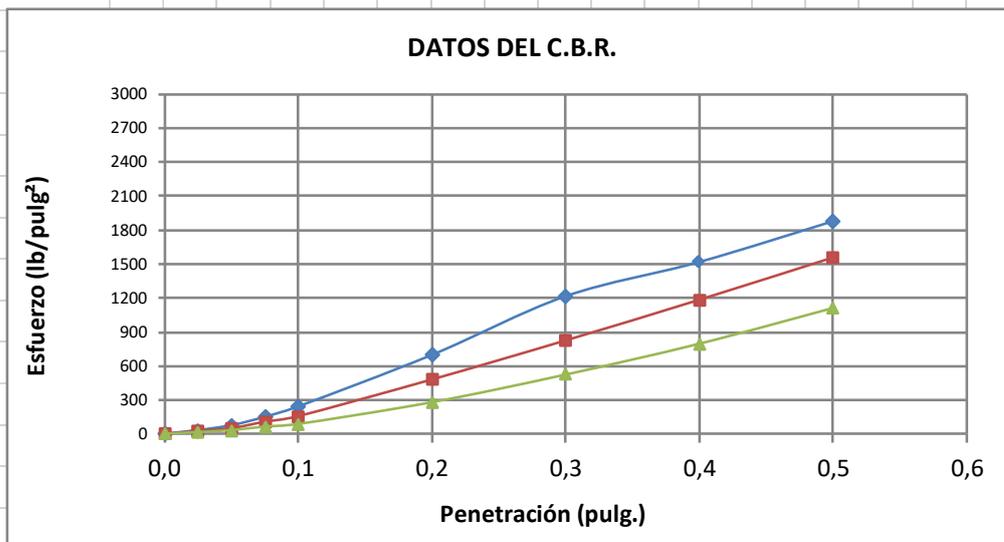
ENSAYO C.B.R. (VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS)										
ASTM D 1883										
PROYECTO :	TRABAJO DE TITULACIÓN									
UBICACIÓN :										
CONTRATISTA :										
FISCALIZADOR :	ORDEN No. : 0									
MATERIAL :	DENSIDAD MÁXIMA : 2291 Kg/m ³									
MUESTRA :	HUMEDAD ÓPTIMA : 8,2 %									
FECHA :										
OBSERVACIONES :										
CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO DE LA MUESTRA DE ENSAYO										
Molde No.	4			80			19			
No. de Capas	5			5			5			
No. de Golpes por capas	56			25			12			
DATOS DE DENSIDADES HÚMEDAS										
Estado de la Muestra	Antes de remojar	Después de remojar	Antes de remojar	Después de remojar	Antes de remojar	Después de remojar	Antes de remojar	Después de remojar	Antes de remojar	Después de remojar
Peso muestra húmeda+Molde (Kg)	13133	13191	12643	12756	13278	13340				
Peso del Molde (Kg)	8408	8408	8194	8194	8846	8846				
Peso de Muestra Húmeda (Kg)	4725	4783	4449	4562	4432	4494				
Volumen de la muestra (m ³)	0,002142	0,002142	0,002142	0,002142	0,002142	0,002142				
Densidad húmeda (Kg/m ³)	2206	2233	2077	2130	2069	2098				
DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD										
	Fondo	Arriba	f° de arriba	Fondo	Arriba	f° de arriba	Fondo	Arriba	f° de arriba	
Peso de muestra húmeda+Tara (g)	178,9	166,1	120,7	159,5	168,0	99,6	185,6	179,2	123,3	
Peso de muestra seca+Tara (g)	167,8	156,1	113,3	149,2	157,6	93,8	174,0	167,3	117,7	
Peso del agua (g)	11,1	10,0	7,4	10,3	10,4	5,8	15,7	12,4	16,0	
Peso de la Tara (g)	23,2	22,0	15,8	12,4	15,8	16,0	15,7	31,8	16,3	
Peso de la muestra seca (g)	144,6	134,1	97,5	136,8	141,8	77,8	158,3	135,5	101,4	
Cont. de Humedad Promedio (%)	7,7	7,5	7,6	7,5	7,3	7,5	9,9	9,2	15,8	
Densidad Seca (Kg/m ³)	2049	2052,80	2075	1932	1935	1982	1882	1896	1812	
DATOS DE ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO)										
	MOLDE No. 4			MOLDE No. 80			MOLDE No. 19			
	Lectura Indicador	Esponjamiento		Lectura Indicador	Esponjamiento		Lectura Indicador	Esponjamiento		
		Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%	
Dia 1	0+000	0,000	0,00	0+000	0,000	0,00	0+000	0,000	0,00	
Dia 2	0+000	0,000	0,00	0+000	0,000	0,00	0+000	0,000	0,00	
Dia 3	0+000	0,000	0,00	0+000	0,000	0,00	0+000	0,000	0,00	
Dia 4	0+000	0,000	0,00	0+000	0,000	0,00	0+000	0,000	0,00	

Anexo 10: Índice de CBR del suelo con 4% de Cemento y 0,5% Fibra.

ENSAYO C.B.R. (VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS)										
ASTM D 1883										
PROYECTO :	TRABAJO DE TITULACIÓN									
UBICACIÓN :										
CONTRATISTA :										
FISCALIZADOR :	ORDEN No. : 0									
MATERIAL :	DENSIDAD MÁXIMA : 2233 Kg/m ³									
MUESTRA :	HUMEDAD ÓPTIMA : 7,4 %									
FECHA :										
OBSERVACIONES :										
CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO DE LA MUESTRA DE ENSAYO										
Molde No.	4			80			19			
No. de Capas	5			5			5			
No. de Golpes por capas	56			25			12			
DATOS DE DENSIDADES HÚMEDAS										
Estado de la Muestra	Antes de remojar	Después de remojar	Antes de remojar	Después de remojar	Antes de remojar	Después de remojar	Antes de remojar	Después de remojar	Antes de remojar	Después de remojar
Peso muestra húmeda+Molde (Kg)	13300	13463	12913	13206	12699	13049				
Peso del Molde (Kg)	8341	8341	8336	8336	8385	8385				
Peso de Muestra Húmeda (Kg)	4959	5122	4577	4870	4314	4664				
Volumen de la muestra (m ³)	0,002142	0,002142	0,002142	0,002142	0,002142	0,002142				
Densidad húmeda (Kg/m ³)	2315	2391	2137	2274	2014	2177				
DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD										
	Fondo	Arriba	1° de arriba	Fondo	Arriba	1° de arriba	Fondo	Arriba	1° de arriba	
Peso de muestra húmeda+Tara (g)	134,8	172,1	55,6	182,5	140,0	86,0	181,8	225,3	85,8	
Peso de muestra seca+Tara (g)	126,7	162,2	53,0	172,8	132,5	81,7	171,2	213,2	79,2	
Peso del agua (g)	8,1	9,9	2,6	9,7	7,5	4,3	10,6	12,1	6,6	
Peso de la Tara (g)	15,2	15,5	15,7	31,8	31,7	15,8	15,7	31,8	16,3	
Peso de la muestra seca (g)	111,5	146,7	37,3	141,0	100,8	65,9	155,5	181,4	62,9	
Cont. de Humedad Promedio (%)	7,3	6,7	7,0	6,9	7,4	6,5	6,8	6,7	10,5	
Densidad Seca (Kg/m ³)	2158	2169	2235	1999	1989	2134	1885	1888	1971	
DATOS DE ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO)										
	MOLDE No. 4			MOLDE No. 80			MOLDE No. 19			
	Lectura Indicador	Esponjamiento		Lectura Indicador	Esponjamiento		Lectura Indicador	Esponjamiento		
		Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%	
Dia 1	0+000	0,000	0,00	0+000	0,000	0,00	0+000	0,000	0,00	
Dia 2	0+000	0,000	0,00	0+000	0,000	0,00	0+000	0,000	0,00	
Dia 3	0+000	0,000	0,00	0+000	0,000	0,00	0+000	0,000	0,00	
Dia 4	0+000	0,000	0,00	0+000	0,000	0,00	0+000	0,000	0,00	

Anexo 9: Índice de CBR del suelo en Estado Natural.

PENETRACIÓN pulg.	MOLDE No. 4			MOLDE No. 80			MOLDE No. 19		
	Carga de Ensayo		CBR corr.	Carga de Ensayo		CBR corr.	Carga de Ensayo		CBR corr.
	lb.	lb/pulg ²	lb/pulg ²	lb.	lb/pulg ²	lb/pulg ²	lb.	lb/pulg ²	lb/pulg ²
0,000	0,0	0,0		0,0	0,0		0,0	0,0	
0,025	96,1	32,0		70,2	23,4		44,3	14,8	
0,050	225,5	75,2		147,8	49,3		96,1	32,0	
0,075	449,8	149,9		320,4	106,8		191,0	63,7	
0,100	725,8	241,9	371	467,0	155,7	241	260,0	86,7	124
0,200	2089,0	696,3		1441,9	480,6		838,0	279,3	
0,300	3641,9	1214,0		2477,2	825,7		1571,3	523,8	
0,400	4547,7	1515,9		3555,6	1185,2		2390,9	797,0	
0,500	5626,1	1875,4		4677,1	1559,0		3339,9	1113,3	
PENETRACIÓN			CBR (%)			CBR (%)			CBR (%)
0,100			37,1			24,1			12,4

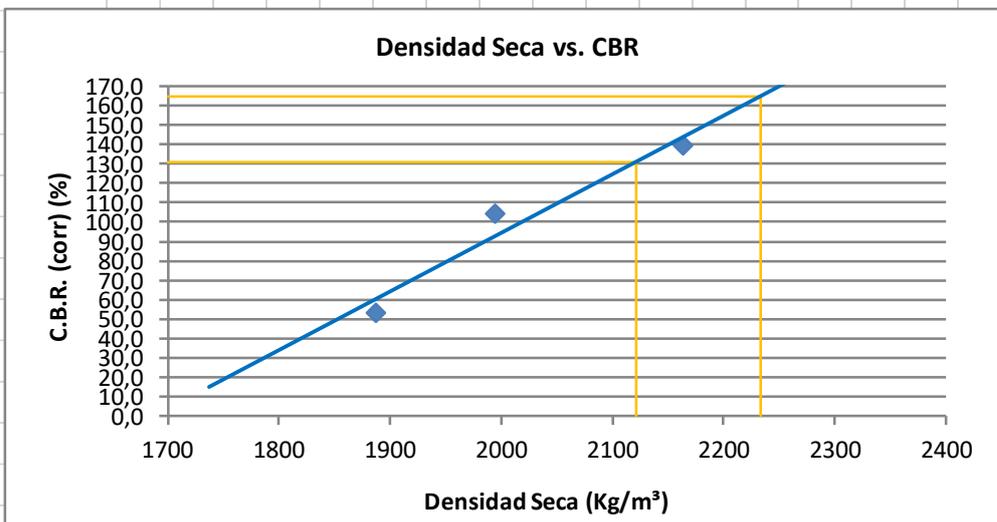
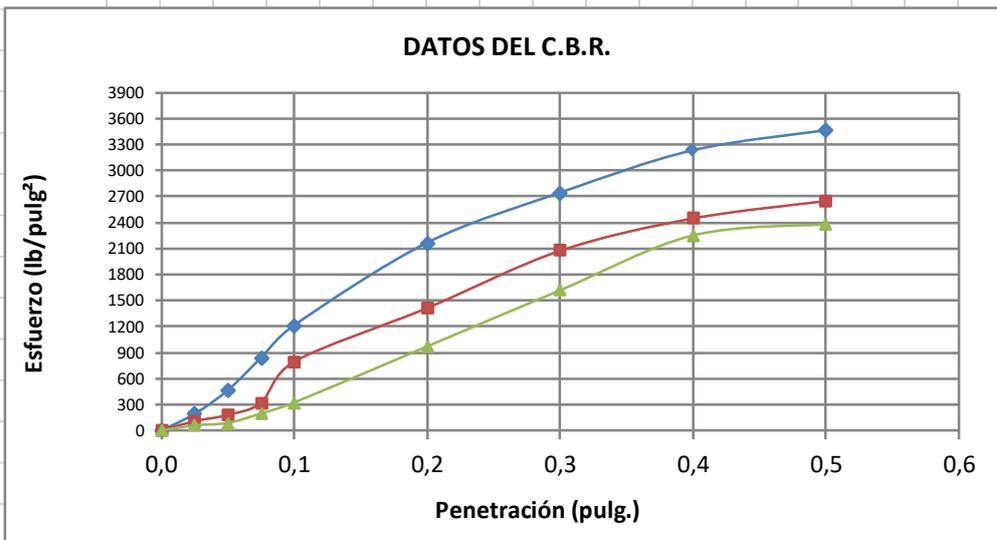


C.B.R. (100%) = 64 %

C.B.R. (95%) = 48 %

Anexo 9: Índice de CBR del suelo con 4% de Cemento y 0,5% Fibra.

PENETRACIÓN pulg.	MOLDE No. 4			MOLDE No. 80			MOLDE No. 19		
	Carga de Ensayo		CBR corr.	Carga de Ensayo		CBR corr.	Carga de Ensayo		CBR corr.
	lb.	lb/pulg ²	lb/pulg ²	lb.	lb/pulg ²	lb/pulg ²	lb.	lb/pulg ²	lb/pulg ²
0,000	0,0	0,0		0,0	0,0		0,0	0,0	
0,025	579,2	193,1		320,4	106,8		173,7	57,9	
0,050	1398,8	466,3		536,0	178,7		260,0	86,7	
0,075	2520,3	840,1		967,4	322,5		587,8	195,9	
0,100	3641,9	1214,0	1393	2390,9	797,0	1044	967,4	322,5	531
0,200	6488,9	2163,0		4245,8	1415,3		2908,5	969,5	
0,300	8214,3	2738,1		6230,1	2076,7		4849,7	1616,6	
0,400	9681,0	3227,0		7351,6	2450,5		6747,7	2249,2	
0,500	10371,1	3457,0		7955,5	2651,8		7135,9	2378,6	
PENETRACIÓN			CBR (%)			CBR (%)			CBR (%)
0,100			139,3			104,4			53,1



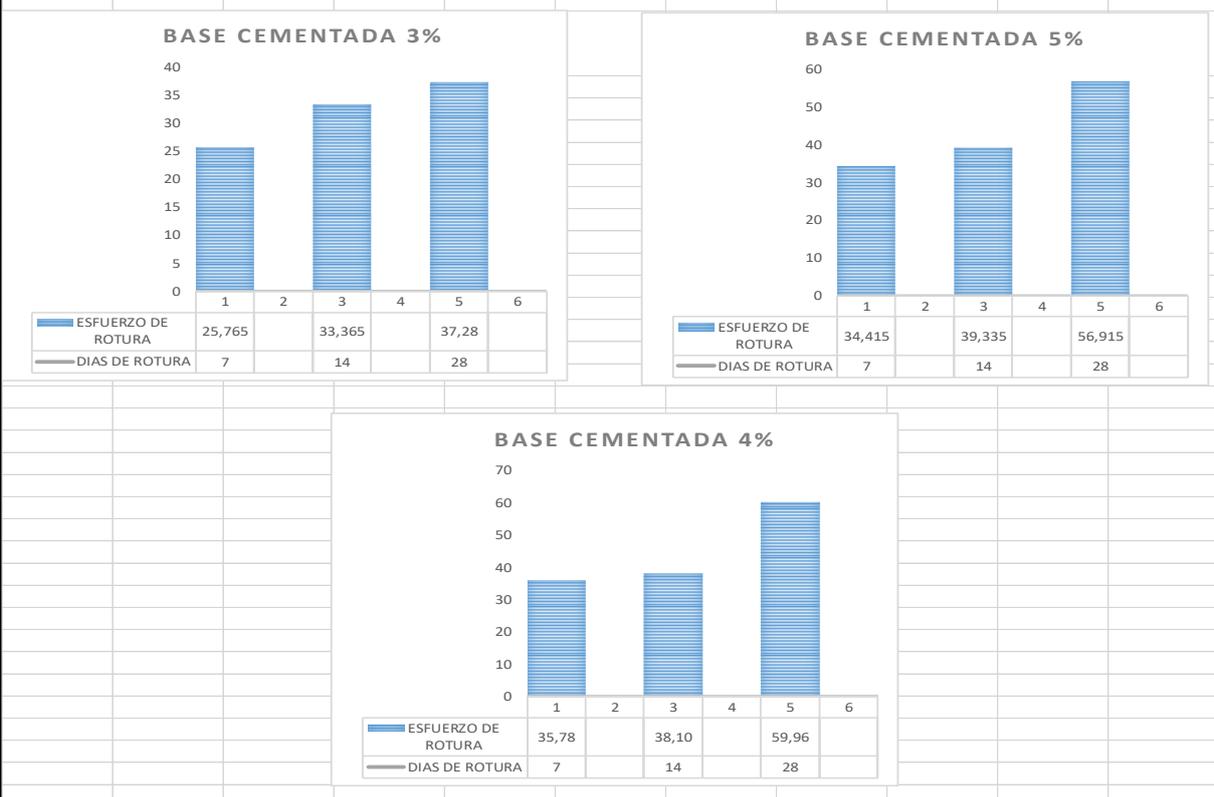
C.B.R. (100%) = 165 %

C.B.R. (95%) = 131 %

Anexo 10: Gráficas de los especímenes ensayados con 3,3 y 5% de cemento.

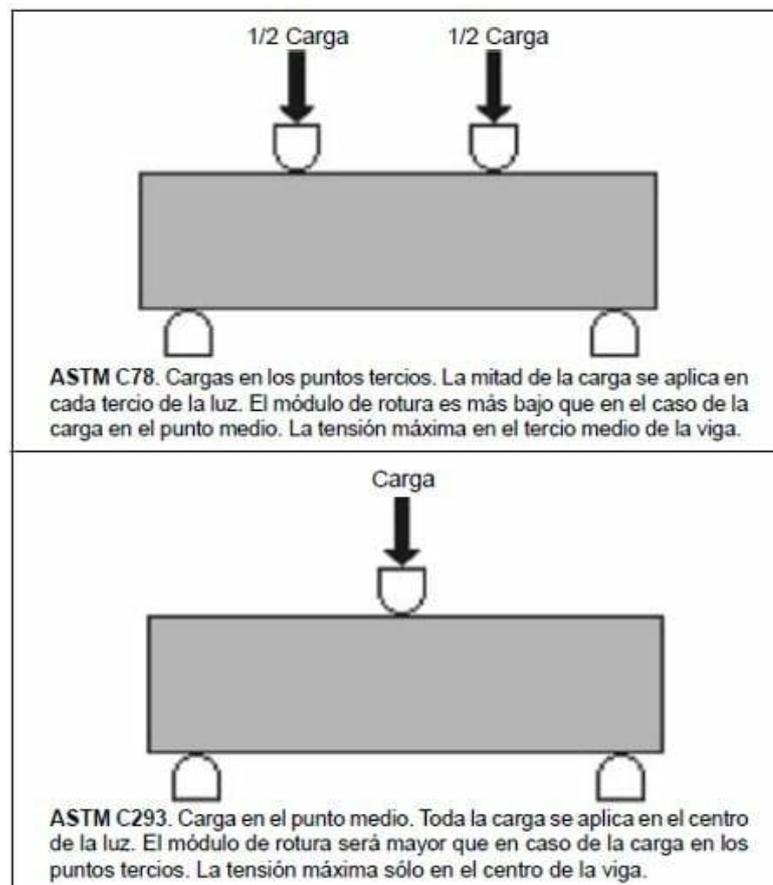
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BASES CEMENTADAS								
ASTM - C39 / ASTM - C 39M								
PROYECTO:		TRABAJO DE TITULACIÓN			FECHA:		20/01/2020	
FUENTE DEL MATERIAL:		CANTERA PROGECON CAMPEMENTO "LA ROCA"						
CIL No.	FECHA DE TOMA	FECHA DE ROTURA	EDAD(dias)	DIAMETRO(mm)	PESO(kg)	CARGA DE ROTURA(ton)	ESFUERZO DE ROTURA (kg/cm2)	PROMEDIO
3 % DE CEMENTO - AGUA 500 gr								
1	20/01/2020	27/01/2020	7	152.40	12570	4,31	24,38	25,765
2	20/01/2020	27/01/2020		152.40	12427	4,80	27,15	
3	20/01/2020	03/02/2020	14	152.40	12590	6,08	34,41	33,365
4	20/01/2020	03/02/2020		152.40	12150	5,71	32,32	
5	20/01/2020	17/02/2020	28	152.40	12190	6,01	34,03	37,28
6	20/01/2020	17/02/2020		152.40	11838	7,16	40,53	
5% DE CEMENTO - AGUA 600 gr								
1	20/01/2020	27/01/2020	7	152.40	12759	7,05	39,87	34,415
2	20/01/2020	27/01/2020		152.40	12287	5,12	28,96	
3	20/01/2020	03/02/2020	14	152.40	13050	7,00	39,58	39,335
4	20/01/2020	03/02/2020		152.40	12145	6,91	39,09	
5	20/01/2020	17/02/2020	28	152.40	12538	9,05	51,21	56,915
6	20/01/2020	17/02/2020		152.40	13053	11,07	62,62	
4% DE CEMENTO - AGUA 500 gr								
1	22/01/2020	29/01/2020	7	152.40	13546	6,38	36,11	35,78
2	22/01/2020	29/01/2020		152.40	12145	6,45	35,45	
3	22/01/2020	05/02/2020	14	152.40	12768	6,76	37,45	38,10
4	22/01/2020	05/02/2020		152.40	12844	6,85	38,75	
5	22/01/2020	19/02/2020	28	152.40	13124	9,57	60,74	59,96
6	22/01/2020	19/02/2020		152.40	13375	10,46	59,18	

GRÁFICAS



Anexo 11: Informe de Resistencia a la flexión de vigas cementadas y adición con fibras.

INFORME DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGÓN						
ASTM C 78						
PROYECTO:		FECHA:	20/01/2020			
FUENTE DEL MATERIAL:						
VIGA No.	EDAD(días)	DIMENSIONES DE SECCIÓN (mm)		LUZ ENTRE APOYOS (mm)	CARGA DE ROTURA(N)	MODULO DE ROTURA (MPa)
		ANCHO	PROF.	LARGO		
VIGA 4% DE CEMENTO -0,5%						
1	7	150	150	480	11550	1,64
2	14	150	150	480	12354	1,76
3	28	150	150	480	15933	2,27
VIGA 4% DE CEMENTO - 1% FIBRA						
1	7	150	150	480	9862	1,40
2	14	150	150	480	11342	1,61
3	28	150	150	480	12132	1,73
VIGA 4% DE CEMENTO						
1	7	150	150	480	10753	1,53
2	14	150	150	480	15678	2,23
3	28	150	150	480	17488	2,49



ANEXOS FOTOGRAFICOS



Mezcla Suelo -Cemento (4%) + fibra (0,5%).



Rodillo Vibrador para aplicar compactación al compuesto.



Toma del peso de la Base Cementada a los 7 días.



Mezcla Uniforme para la realización de pruebas.



Realización las pruebas de Laboratorio.



Falla del espécimen con 3% de cemento en la rotura de 7 días.



Tomando el peso de las muestras extraídas del horno dejadas enfriar.



Medición de la expansión de la muestra.



Mezclando fibra en la muestra.



Máquina para realiza la resistencia a la compresión.



Espécimen con 4% de cemento y 0,5% de Fibra



Falla de Viga con 4% de cemento dentro del 1/3 medio.



Carga aplicada para los especímenes sometidos a la resistencia a la flexión.



Universidad de Guayaquil
Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas
Escuela de Ingeniería Civil
UNIDAD DE TITULACION
Telf.: 2283348



REPOSITORIO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE GRADUACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Análisis comparativo del comportamiento mecánico entre una base estabilizada con cemento y una base estabilizada con cemento mas adición de fibras vegetales.		
AUTOR(ES)	Aguilar Loaiza Ariana Michell		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Gino Flor Chávez, M.Sc / Ing. Jorge Arroyo Orozco, M.Sc		
INSTITUCIÓN:	Universidad de Guayaquil		
UNIDAD/FACULTAD:	Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas		
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:			
GRADO OBTENIDO:			
FECHA DE PUBLICACIÓN:	2020	No. DE PÁGINAS:	63
ÁREAS TEMÁTICAS:	Estudio de la Influencia de fibra vegetal en		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	< ANÁLISIS – CAPACIDAD PORTANTE- BASE CEMENTADA - FIBRA VEGETAL >		
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>Esta investigación está orientada al análisis comparativo del comportamiento de una base cementada con fibra vegetal de abacá y una base cementada normal, para lo cual se realizó la selección del porcentaje óptimo de cemento a implementarse de acuerdo al tipo de material con ensayos de laboratorio, la investigación se inició con un caracterización del material de base de acuerdo a las especificaciones del MTOP.El cemento que se utilizó fue proporcionado por la empresa HOLCIM S.A, el cual fue de base vial Tipo MH (Baja calor de Hidratación), el cual se testeó en porcentaje de 3, 4, y 5% respectivamente y adicional la fibra vegetal de abacá en porcentajes del 0,5 al 1% del peso de la muestra con una longitud de 20 y 25 mm, valores referenciales de varios trabajos investigativos realizados. Se elaboró un muestro de 46 especímenes (30 cilindros y 16 vigas).Una vez realizadas las pruebas se evalúan la capacidad portante de soporte, mediante los ensayos de Proctor Modificado e índice de CBR y la resistencia a la flexión y compresión con las especificaciones de las normas ASTM – C39 y ASTM C78, comprobando con roturas a los especímenes a los 7, 14 y 28 días respectivamente. Se verificó que en las bases cementadas se logró sobrepasar la resistencia esperada en un 42% según los parámetros referenciales, en cambio las elaboradas con adición de fibra, la resistencia a la compresión y flexión disminuyeron pero la matriz de sus partículas se mantuvo unida.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0980156642	E-mail: michellal_96@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS		
	Teléfono: 2-283348		
	E-mail: fmatematicas@ug.edu.ec		