

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

**INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN
LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE
GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS**

PRESENTADO POR:

Bach. ABREGU CHAVEZ, Jose Luis

Línea de Investigación Institucional:

Transporte y Urbanismo

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

2019

ASESORES:

DR. VIERA PERALTA, DEYBE EVYN

ASESOR METODOLÓGICO

ING. FABIAN BRAÑEZ, ALCIDES LUIS

ASESOR TEMÁTICO

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres Marino y Sebastiana por el apoyo incondicional que me dieron para culminar mis estudios universitarios y los consejos para seguir adelante en mi vida profesional. A mi hermana, cuñado y tios por los consejos que me dan, a mis hermanos menores por los momentos que compartimos.

AGRADECIMIENTO

A Dios por cuidarme día a día, a la UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES por acogerme en sus aulas.

A mis padres por el apoyo que me brindan para seguir adelante.

A mis asesores Dr. Viera Peralta Deybe Evyn y el Ing. Fabian Brañez Alcides Luis por el tiempo y esfuerzo dedicado hacia mi persona y mi trabajo de investigación.

A los Ingenieros por las enseñanzas brindadas en clases para mi formación profesional.

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

**DR. CASIO AURELIO TORRES LÓPEZ
PRESIDENTE**

ING. RANDO PORRAS OLARTE

ING. JUSTO CLAUDIO RODAS ROMERO

ING. ANSHIE JOSSELYN WISMANN MANRIQUE

**MG. MIGUEL ANGEL CARLOS CANALES
SECRETARIO DE DOCENTE**

ÍNDICE DE CONTENIDO

ASESORES:	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS	VI
ÍNDICE DE CONTENIDO	VII
LISTA DE FIGURAS	XII
LISTA DE TABLAS	XIV
RESUMEN	XVI
ABSTRACT	XVII
INTRODUCCIÓN	XVIII
CAPÍTULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.2.1. Problema general	4
1.2.2. Problemas específicos	4
1.3. JUSTIFICACIÓN	4
1.3.1. Justificación Social ó Práctica	4
1.3.2. Justificación Metodológica	4
1.4. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.4.1. Espacial	5
1.4.2. Temporal	6
1.4.3. Económica	6
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	6

1.6. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.6.1. Objetivo general	6
1.6.2. Objetivos específicos.....	6
CAPÍTULO II	7
MARCO TEÓRICO	7
2.1. ANTECEDENTES	7
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	7
2.1.2. Antecedentes Nacionales	16
2.2. MARCO CONCEPTUAL	27
2.2.1. Agregados Pétreos	27
2.2.2. Afirmados.....	29
2.2.3. Capas granulares	29
2.2.4. Subrasante	30
2.2.5. Subbase Granular	31
2.2.6. Base Granular.....	32
2.2.7. El caucho	36
A. Clasificación de cauchos	38
B. Caucho estireno-butadieno (SBR)	39
C. Neumáticos.....	40
D. Reciclaje de neumáticos.....	41
2.2.8. Pavimentos.....	46
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	49
2.4. HIPÓTESIS	51
2.4.1. Hipótesis General	51
2.4.2. Hipótesis Específicas	51

2.5. VARIABLES.....	51
2.5.1. Definición conceptual de la variable	51
2.5.2. Definición operacional de la variable.....	52
2.5.3. Operacionalización de variables	52
CAPÍTULO III.....	53
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	53
3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	53
3.2. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN	54
3.3. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	54
3.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	54
3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	54
3.5.1. Población.....	54
3.5.2. Tipo de muestreo	54
3.5.3. Muestra.....	54
3.6. TIPO DE MUESTREO	54
3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	55
3.7.1. Técnicas de recolección de datos	55
3.7.2. Instrumentos de recolección de datos.....	55
3.8. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	55
CAPÍTULO IV.....	56
RESULTADOS	56
4.1. RESULTADOS DE LOS INDICADORES SEGÚN LABORATORIO - PRESENTACIÓN DE TABLAS Y GRÁFICOS	56
4.1.1. MTC E 105. obtención en laboratorio de muestras representativas (cuarteo).....	56

4.1.2.	MTC E 108. determinación del contenido de humedad de un suelo	
	57	
A.	Resultados del ensayo de determinación del contenido de humedad de un suelo.....	58
4.1.3.	MTC E 107. Análisis granulométrico de suelos por tamizado	59
A.	Resultados del análisis granulométrico de suelos por tamizado.....	60
4.1.4.	MTC E 110. Determinación de límite líquido de los suelos.....	62
A.	Resultados del ensayo de determinación de límite líquido de los suelos	
	63	
4.1.5.	MTC E 111. Determinación del límite plástico (L.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.)	64
A.	Resultados del ensayo de determinación de límite plástico (L.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.)	65
4.1.6.	MTC E 115. Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (proctor modificado).....	66
A.	Resultados de ensayo de compactacion de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (proctor modificado).....	68
4.1.7.	MTC E 132. C.B.R. de suelos (laboratorio)	70
A.	Resultados del ensayo de C.B.R. de suelos (laboratorio).....	74
4.1.8.	Resultados de ensayo de compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (proctor modificado) para material de base granular adicionado con fibras de caucho.	77
A)	Resultados primer ensayo proctor modificado.....	78
B)	Resultados segundo ensayo proctor modificado.....	82
C)	Resultados tercer ensayo proctor modificado.....	85
4.1.9.	Resultados del ensayo de cbr de suelos (laboratorio) para material de base granular adicionado con fibras de caucho.....	88
A)	Resultados primer ensayo CBR	90

B)	Resultados segundo ensayo CBR	96
C)	Resultados tercer ensayo CBR	102
4.2.	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	108
4.2.1.	Contrastación de Hipótesis General	108
4.2.2.	Contrastación de hipótesis específicas	109
CAPÍTULO V.....		113
DISCUSIÓN DE RESULTADOS		113
CONCLUSIONES		120
RECOMENDACIONES		121
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		122
ANEXOS.....		124
Anexo 1 Matriz de consistencia		125
Anexo 2 Certificados de laboratorio para muestra patrón.....		127
Anexo 3 Certificados de laboratorio para las tres muestras patrón ensayadas con adición de fibra de caucho al 0.50%, 1.50% y 3.00%		145
Anexo 4 Panel fotográfico.....		178

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la investigación	5
Figura 2. Diagrama del proceso de fabricación de neumáticos.....	41
Figura 3. fibra de caucho	45
Figura 4. Partes de un pavimento rígido.	49
Figura 5. Cuarteo de muestra representativa.....	57
Figura 6. Granulometría por tamizado.	60
Figura 7. curva granulométrica de material para base granular.....	62
Figura 8. contenido de humedad a 25 golpes.	66
Figura 9. Compactación de la muestra.	67
Figura 10. peso de la muestra.....	68
Figura 11. curva relación humedad - densidad seca en muestra patrón.....	69
Figura 12. Preparación de muestra para CBR.	71
Figura 13. Compactación de la muestra para CBR.....	72
Figura 14. Peso de material compactado.....	72
Figura 15. Muestra sumergida en agua y medición con el deformímetro.....	73
Figura 16. Aplicación de carga sobre la muestra.	74
Figura 17. carga vs penetración 56,25 y 12 golpes en muestra patrón.....	75
Figura 18. curva relación % CBR - Densidad Seca (gr/cm ³) en muestra patrón.	76
Figura 19. Corte de cámaras de caucho recicladas.	77
Figura 20. Peso para cada porcentaje de fibra de caucho.....	78
Figura 21. curva relación humedad - densidad seca en muestra con fibra de caucho al 0.5%.....	79
Figura 22. curva relación humedad - densidad seca en muestra con fibra de caucho al 1.5%.....	80
Figura 23. curva relación humedad - densidad seca en muestra con fibra de caucho al 3%.....	81
Figura 24. Muestras de material para CBR con 0.5% de caucho.....	88
Figura 25. Muestras de material para CBR con 1.5% de caucho.....	89
Figura 26. Muestras de material para CBR con 3% de caucho	89

Figura 27. curva relación % CBR - Densidad Seca (gr/cm ³) en muestra con fibra de caucho al 0.5%.....	91
Figura 28. curva relación % CBR - Densidad Seca (gr/cm ³) en muestra con fibra de caucho al 1.5%.....	93
Figura 29. curva relación % CBR - Densidad Seca (gr/cm ³) en muestra con fibra de caucho al 3.0%.....	95
Figura 30. curva relación % CBR - Densidad Seca (gr/cm ³) en muestra con fibra de caucho al 0.5%.....	97
Figura 31. curva relación % CBR - Densidad Seca (gr/cm ³) en muestra con fibra de caucho al 1.5%.....	99
Figura 32. curva relación % CBR - Densidad Seca (gr/cm ³) en muestra con fibra de caucho al 3.0%.....	101
Figura 33. curva relación % CBR - Densidad Seca (gr/cm ³) en muestra con fibra de caucho al 0.5%.....	103
Figura 34. curva relación % CBR - Densidad Seca (gr/cm ³) en muestra con fibra de caucho al 1.5%.....	105
Figura 35. curva relación % CBR - Densidad Seca (gr/cm ³) en muestra con fibra de caucho al 3.0%.....	107
Figura 36. Influencia de la fibra de caucho en las propiedades mecánicas de la base granular	109
Figura 37. Influencia de la fibra de caucho en el óptimo contenido de humedad de la base granular	110
Figura 38. Influencia de la fibra de caucho en la máxima densidad seca de la base granular	111
Figura 39. Influencia de la fibra de caucho en el CBR de la base granular....	112
Figura 40. Influencia de la fibra de caucho en la MDS de la base granular ...	112
Figura 41. Resultados C.B.R. muestra patrón y muestra con fibra de caucho	114
Figura 42. Resultados ensayo CBR	115
Figura 43. Resultados del óptimo contenido de humedad	116
Figura 44. resultados de la maxima densidad seca	117
Figura 45. Resultados ensayo CBR	118
Figura 46. Resultados del óptimo contenido de humedad	118
Figura 47. Resultados de la maxima densidad seca.....	118

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Límites de tamaño de suelos separados.....	35
Tabla 2. Composición típica de la llanta.....	38
Tabla 3. Propiedades del caucho SBR	39
Tabla 4. Peso específico de la fibra de caucho reciclado.....	45
Tabla 5. Flujo vehicular en Junin.....	46
Tabla 6. Desechos de neumáticos en Junín	46
Tabla 7. Propiedades fundamentales del material para base granular	48
Tabla 8. Resultados de ensayo de contenido de humedad	58
Tabla 9. Resultados del análisis granulométrico por tamizado	61
Tabla 10. Resultados del ensayo de determinación de límite líquido de los suelos	64
Tabla 11. Resultados del ensayo de determinación de límite plástico e índice de plasticidad de los suelos	65
Tabla 12. Resultados de ensayo proctor modificado en muestra patrón	69
Tabla 13. Máxima densidad seca – Óptimo contenido de humedad.....	70
Tabla 14. Ensayo CBR en muestra patrón.....	74
Tabla 15. Ensayo CBR en muestra patrón (penetración).....	75
Tabla 16. Tabla de expansión	76
Tabla 17. Resultados de ensayo C.B.R. en muestra patrón	77
Tabla 18. Resultados de proctor modificado – material granular con fibra de caucho a 0.5%	79
Tabla 19. Resultados de proctor modificado – material granular con fibra de caucho a 1.5%	80
Tabla 20. Resultados de proctor modificado – material granular con fibra de caucho a 3%	81
Tabla 21. resultados de proctor modificado - material granular con fibra de caucho a 0.5%	82
Tabla 22. resultados de proctor modificado - material granular con fibra de caucho a 1.5%	83
Tabla 23. resultados de proctor modificado - material granular con fibra de caucho a 3.0%	84

Tabla 24. resultados de proctor modificado - material granular con fibra de caucho a 0.5%	85
Tabla 25. resultados de proctor modificado - material granular con fibra de caucho a 1.5%	86
Tabla 26. resultados de proctor modificado - material granular con fibra de caucho a 3.0%	87
Tabla 27. Promedio de resultados de los tres ensayos de proctor modificado para material granular con fibra de caucho	88
Tabla 28. Ensayo CBR en muestra patrón con 0.5% de fibra de caucho	90
Tabla 29. Ensayo CBR en muestra patrón con 1.5% de fibra de caucho	92
Tabla 30. Ensayo CBR en muestra patrón con 3.0% de fibra de caucho	94
Tabla 31. Ensayo CBR en muestra patrón con 0.5% de fibra de caucho	96
Tabla 32. Ensayo CBR en muestra patrón con 1.5% de fibra de caucho	98
Tabla 33. Ensayo CBR en muestra patrón con 3.0% de fibra de caucho	100
Tabla 34. Ensayo CBR en muestra patrón con 0.5% de fibra de caucho	102
Tabla 35. Ensayo CBR en muestra patrón con 1.5% de fibra de caucho	104
Tabla 36. Ensayo CBR en muestra patrón con 3.0% de fibra de caucho	106
Tabla 37. Promedio de resultados de los tres ensayos de CBR para material granular con fibra de caucho a 0.50%, 1.5% y 3.0%.....	108
Tabla 38. resultados promedios de proctor modificado.....	114

RESUMEN

En la presente investigación se formuló como problema general ¿De qué manera influye la fibra de caucho en las propiedades mecánicas de la base granular de los pavimentos de la ciudad de Huancayo?, el objetivo general fue: Determinar como influye la fibra de caucho en las propiedades mecánicas de la base granular de los pavimentos de la ciudad de Huancayo y la hipótesis general fue: La fibra de caucho mejora las propiedades mecánicas de la base granular de los pavimentos de la ciudad de Huancayo.

El método general de la investigación fue el científico, el tipo de investigación fue aplicada, con un nivel explicativo y un diseño experimental. La población correspondió a los agregados para base granular de la cantera de San Juan de Iscos, y el tipo de muestreo fue el no probabilístico, estuvo conformado por 4 ensayos para el proctor modificado y C.B.R.

La conclusión principal fue, que la adición de fibra de caucho óptima es un 0.5% en la base granular de los pavimentos, influyendo de manera positiva en la propiedades mecánicas al aumentar el CBR en un 24.60%, su óptimo contenido de humedad (O.C.H) aumenta en 0.10% y su máxima densidad seca (M.D.S) se reduce en un 0.03%, respecto a sus valores convencionales.

Palabras claves: Fibra de Caucho, Base Granular, Pavimentos.

ABSTRACT

In the present investigation, it was formulated as a general problem. How does the rubber fiber influence the mechanical properties of the granular base of the pavements of the city of Huancayo? The general objective was: To determine how the rubber fiber influences the mechanical properties of the granular base of the pavements of the city of Huancayo and the general hypothesis was: The rubber fiber improves the mechanical properties of the granular base of the pavements of the city of Huancayo.

The general method of research was the scientist, the type of research was applied, with an explanatory level and an experimental design. The population corresponded to the aggregates for granular base of the quarry of San Juan de Iscos, and the type of sampling was the non-probabilistic, it was conformed by 4 trials for the modified tester and C.B.R.

The main conclusion was that the addition of optimal rubber fiber is 0.5% in the granular base of the pavements, positively influencing the mechanical properties by increasing the CBR by 24.60%, its optimum moisture content (OCH) increases by 0.10% and its maximum dry density (MDS) is reduced by 0.03%, compared to its conventional values.

Keywords: Rubber Fiber, Granular Base, Pavements.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la necesidad de traslado de un lugar a otro y en el menor tiempo posible por vías terrestres en buen estado demandan que la ingeniería busque soluciones técnicas para mejorar la calidad de vida y reducir los costos, llevando así a muchos ingenieros a realizar investigaciones que permitan encontrar la incorporación de materiales nuevos a los materiales tradicionales que se usan en la estructura de un pavimento de tal manera que se adecuen y generen resultados positivos alcanzando mayores propiedades mecánicas que las construcciones tradicionales, con la ayuda de ensayos que se puedan realizar en los laboratorios de mecánica de suelos y otros.

La presente tesis busca la inclusión de la fibra de caucho en la base granular en diversas proporciones, viendo la manera de elevar las propiedades mecánicas del material para base granular del pavimento, y resistir la más alta capacidad de soporte California Bearing Ratio (CBR). Se utilizó muestras de material para base granular sacados de la cantera de Iscos, ubicado en la provincia de Chupaca y se recicló la fibra de caucho.

El procedimiento aplicado logró definir las propiedades de capacidad de soporte California Bearing Ratio (CBR) e índice de plasticidad del material para base granular, estando en su estado natural y al ser adicionado las fibras de caucho en diversos porcentajes (0.5%, 1.5%, 3%) en relación al peso. Por tal motivo se realizaron diversos ensayos de mecánica de suelos, basado en la norma del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, presentando un CBR adecuado para ser utilizado como material para base granular de un pavimento según el Manual de Carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

Se expone y se argumentan los principales resultados obtenidos de un estudio experimental, determinando la influencia de la fibra de caucho en las propiedades mecánicas de la base granular, también el porcentaje exacto de la fibra de caucho.

Se presentan los siguientes capítulos:

Capítulo I: Planteamiento del problema, Formulación del problema, Problema general, Problemas específicos, Objetivos de la investigación, Objetivo general, Objetivos específicos, Justificación social, metodológica, Delimitación de la investigación, espacial, temporal, económico, Limitaciones de la investigación.

Capítulo II: Marco teórico, Antecedentes Internacionales, Antecedentes Nacionales, Bases teóricas, Definición de términos básicos, Hipótesis, Hipótesis general, Hipótesis específicas, Variables.

Capítulo III: Metodología de la investigación, Método de investigación, Tipo de investigación, Nivel de investigación, Diseño de investigación, Población y muestra, Tipo de muestreo, Técnicas e instrumentos de recolección de datos, Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

Capítulo IV: Resultados, Descripción de los indicadores según laboratorio, Contrastación de hipótesis.

Capítulo V: Discusión de resultados.

Los aportes de este estudio servirán para otros estudios teniendo en cuenta el entendimiento y comprensión de bases granulares en estado natural y modificados con fibra de caucho.

Finalmente se tiene las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos.

Bach. ABREGU CHAVEZ, Jose Luis

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el mundo los pavimentos son una estructura usada en las vías, carreteras y autopistas, el cual están conformadas por diferentes tipos de capas, entre estas sobresalen dos tipos de capas granulares las cuales son la base y subbase del pavimento, tienen un propósito o fin de soportar y distribuir el peso del tránsito que pasa por dicho pavimento, pero es de mayor interés las bases granulares, pero para que el material sea seleccionado debe registrar comportamientos mecánicos adecuados para que este sea usado, a partir de esto se plantea analizar las características petrográficas del material para que sean asociadas con su comportamiento en la estructura de pavimento. (Delgadillo y Gómez, 2015, p.15)

Las carreteras son la infraestructura de transporte más usadas en las ciudades en México estas carreteras sirven para impulsar el desarrollo y crecimiento económico del país y facilitan en gran medida la cobertura y calidad de servicios básicos; además, es el sustento de numerosas cadenas de producción y distribución de bienes. La infraestructura vial moviliza mercancías y personas a través de distancias considerables, la mayor parte de la carga (55% del total) y de las personas (98% del total) que transitan el País. Para atender esta demanda, la red carretera cuenta con 377,660 km de longitud, dividida entre

red federal (49,652 km), carreteras alimentadoras estatales (83,982 km), red rural (169,429 km) y brechas mejoradas (74,596 km). En este sentido, es importante que las carreteras del País cumplan con todos los requerimientos necesarios de calidad, durabilidad, seguridad y economía que demandan los usuarios. (Díaz, 2016, p.7)

Sin embargo, hay varios impactos negativos que deben tenerse en cuenta durante la planificación y construcción de carreteras, los cuales pueden ser problemas de tipo social, geográfico, económico o constructivo. Los problemas más relevantes son aquellos que se ven reflejados en el pavimento y afectan directamente su funcionalidad, así como la comodidad del usuario; éstos pueden ser fallas en el pavimento como baches, deformaciones, fisuras o grietas. Dichos problemas se derivan de un mal procedimiento constructivo o mala calidad de los materiales empleados. (Díaz, 2016, p.7)

Sólo en Estados Unidos se llegan a arrojar más de 300 millones de neumáticos usados de autos al año. Esto supone un importante problema desde el punto de vista de la gestión de los residuos y desde punto de vista medioambiental. La mayoría de estos neumáticos llegan a los vertederos donde ocupan mucho espacio, pueden causar plagas y presentan un gran peligro en caso de incendio, ya que liberan productos químicos muy peligrosos. Los neumáticos se fabrican a partir de caucho natural, caucho sintético y otras sustancias incluidos cables, textiles y numerosos productos químicos. Lo cierto es que el gran problema que tienen los neumáticos de los autos es que su proceso de reciclado resulta muy costoso. (Cabanillas, 2017, p.20)

Aunque podríamos decir que los neumáticos de los vehículos realizados a partir de caucho natural son productos sostenibles y perfectamente respetuosos con el medio ambiente, lo cierto es que la mayoría de los neumáticos utilizan un alto porcentaje de cauchos sintéticos, todos obtenidos a base de hidrocarburos, lo que hace que sean altamente contaminantes en el caso de combustión. (Cabanillas, 2017, p.21)

A nivel nacional la red vial es uno de los pilares principales para el desarrollo de la nación. Las diferentes vías fueron construidas con diversos materiales ya que son distintos en cada región de nuestro país. El uso del caucho reciclado como nuevo material de bajo costo podría ser la solución al reemplazo

de estabilizadores de suelos convencionales como es el cemento, cal y estabilizadores químicos, ya que es un material que se puede encontrar a nivel nacional, al poder aumentar la capacidad de soporte de una capa granular. Esta influirá directamente en los espesores y a su vez en el costo de construcción. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones).

En el Perú el valor de CBR es muy importante ya que es necesario para obtener el módulo resiliente y con él se puede diseñar mediante el método AASHTO -93 y tener influencia en el espesor de cada capa granular ya que el valor CBR nos indica la capacidad de resistencia que tiene un material compactado, para poder obtener el valor CBR se necesita que el material este al 100% de la máxima densidad seca (MDS) y esto se debe evaluar en campo mediante el ensayo de cono de arena.(Ministerio de Transportes y Comunicaciones)

A nivel local se observa la situación de los pavimentos en condiciones de deterioro razones que explican se deben al deficiente diseño de pavimentos, materiales inadecuados, mala elaboración y ejecución de los expedientes técnicos entre otros factores, motivo por el cual conlleva a muchos estudiantes y profesionales a realizar investigaciones sobre materiales que se puedan incluir en las capas de la estructura del pavimento y que puedan ayudar de alguna forma a mejorar las propiedades mecánicas, centrándonos en la capa de la base granular se tiene como objetivo mejorar las propiedades mecánicas de ésta adicionándole porcentajes adecuados de fibra de caucho, según algunos estudios a nivel local han demostrado a través de ensayos la influencia de la incorporación de óxido de calcio en las propiedades mecánicas de la subrasante.

Por lo tanto la investigación incorpora la fibra de caucho como un material apropiado para mejorar las propiedades mecánicas de la base granular y observar la influencia de este material por medio de ensayos realizados en laboratorio y de ser aplicados mejorarían la calidad de vida de las personas.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿De qué manera influye la fibra de caucho en las propiedades mecánicas de la base granular de los pavimentos de la ciudad de Huancayo?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál es la variación del óptimo contenido de humedad al adicionar fibra de caucho en la base granular de los pavimentos?
- b) ¿Qué efectos produce la fibra de caucho en la máxima densidad seca de la base granular de los pavimentos?
- c) ¿Cuál es el mejoramiento que produce la fibra de caucho en la base granular de los pavimentos?

1.3. JUSTIFICACIÓN

1.3.1. Justificación Social ó Práctica

Se realizó la investigación para analizar la influencia de la adición de la fibra de caucho en las propiedades mecánicas de la base granular de los pavimentos, la muestra realizada en el ensayo convencional presentó un valor que es eficiente en base granular para vías de tráfico ligero cumpliendo también los requisitos solicitados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. La adición de fibra de caucho permitió realizar ensayos en el laboratorio en las cuales presentaron resultados de acuerdo al porcentaje de fibra de caucho (0.5%, 1.5% y 3.0%) que se agrega al material para base granular.

1.3.2. Justificación Metodológica

La información y los resultados compilados y procesados de sustento servirá para la presente investigación como también para otras investigaciones semejantes, mejorará el marco teórico y/o cuerpo de conocimientos que existen sobre el tema. Las bases granulares no convencionales que están modificados con fibra de caucho muestran características mecánicas más altas en comparación a una base granular convencional.

Evidentemente el empleo de los instrumentos de investigación nos servirá para resumir los datos, con lo que se puede ser extensivo a las demás regiones del país que se vean afectados con este problema estructural. Esta investigación tendrá una gran importancia académica en la ingeniería civil, ya que los

resultados obtenidos aportaran de varias formas a servir de antecedentes para otros investigadores en el campo de la construcción de pavimentos que traten con las variables de: propiedades mecánicas de las bases granulares y fibra de caucho así mismo las ventajas y desventajas que proporcionarán ante una base granular convencional, se ha tallado el caucho en fibras el cual sirvió para recopilar información, para usarlo en cualquier momento como método científico para la investigación deseada.

1.4. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Espacial

La investigación comprendió la modificación de las propiedades mecánicas de la base granular convencional mediante la fibra de caucho de los pavimentos de la ciudad de Huancayo en el año 2019.

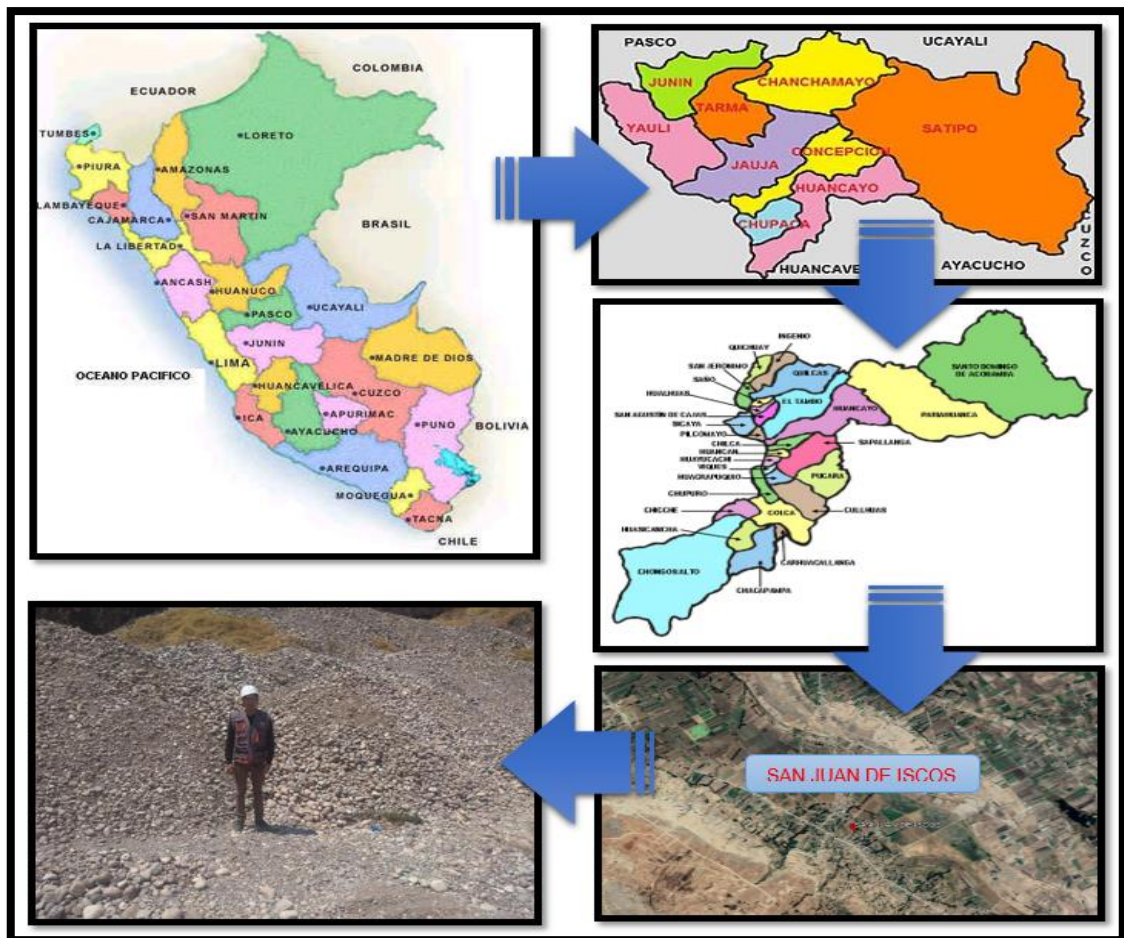


Figura 1. Localización de la investigación
Fuente: google earth pro

1.4.2. Temporal

Se recopilaron datos para la investigación en el lapso comprendido del 03 de junio al 20 de noviembre del presente año.

1.4.3. Económica

La elaboración de la investigación fue autofinanciada, para la obtención de materiales, ensayos realizados en laboratorio y demás gastos que se hicieron para la culminación de esta investigación.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

En la presente investigación hubo como limitación más importante la poca experiencia de los laboratorios en realización de ensayos CBR adicionado fibras de caucho.

Otra limitación será probablemente el desconocimiento de la forma o proceso de aplicación de la fibra de caucho.

1.6. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. Objetivo general

Determinar como influye la fibra de caucho en las propiedades mecánicas de la base granular de los pavimentos de la ciudad de Huancayo.

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Analizar la variación del óptimo contenido de humedad al adicionar fibra de caucho en la base granular de los pavimentos.
- b) Determinar los efectos que produce la fibra de caucho en la máxima densidad seca de la base granular de los pavimentos.
- c) Identificar el mejoramiento que produce la fibra de caucho en la base granular de los pavimentos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Arrieta y Pérez, (2017) en su tesis titulada: “*Estudio para caracterizar una mezcla de concreto con caucho reciclado en un 5% en peso comparado con una mezcla de concreto tradicional de 3500 psi.*”, para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Católica de Colombia, Facultad de ingeniería, Escuela profesional de Ingeniería Civil, Bogotá – Colombia. El objetivo general fue: Caracterizar el concreto de 3500 psi con mezcla de grano de caucho al 5% de material particulado fino y grueso en diferente porcentaje, comparado con una mezcla tradicional. El método de la investigación fue el método científico, el tipo aplicada, el nivel explicativo, el diseño experimental, la técnica utilizada la observación directa, el instrumento la guía de observación. Los resultados de la investigación según el estudio para caracterizar una mezcla de concreto fueron que: se observó que en el desarrollo de los especímenes de concreto a evaluar, se utilizó la misma cantidad de cemento y agua, pero en las probetas con caucho se sustituyó parte de los agregados finos y agregados gruesos según su porcentaje. Habría que decir también que para el análisis del comportamiento mecánico la proporción de caucho estaría ligado a su cantidad directamente a la variación de este en la mezcla, cabe señalar que la primicia del estudio es el comportamiento

de cada espécimen según su variación a la aplicación de cada ensayo. Llegó a las siguientes conclusiones:

1. Con el ensayo de la resistencia a compresión la disminución fue considerable respecto al concreto tradicional, esto debido a la porosidad que se origina en la muestras con adicción de caucho reciclado, además a la baja adherencia que existe entre la pasta de concreto y el caucho este último a su baja absorción de agua no se entrelaza lo suficiente a la mezcla en estado fresco, es necesario recalcar que el caucho tiene la habilidad de experimentar grandes deformaciones elásticas antes de la falla, es decir se deforma mucho más que la pasta de concreto que lo envuelve.
2. La mezcla que presento mejor resultado con respecto a la resistencia a compresión fue C30%/70% la cual posee más reemplazo de caucho fino por agregado fino, con un valor de 2244 Psi un 39% menos que la mezcla tradicional a sus 28 días de edad, así mismo el compuesto concreto-caucho presenta una diversidad de sus agregados, no se presentó segregación del agregado y el caucho se distribuyó casi uniformemente en todos los compuestos analizados.
3. El concreto con adicción de caucho tanto fino como grueso analizado, además de presentar buenas características a las deformaciones le otorga un peso menor a la mezcla comparado con especímenes de concreto tradicional, según los datos recolectados un espécimen de mezcla tradicional seco peso alrededor de 3.90 kg, mientras que un cilindro con caucho reciclado pesa 3.50 kg, volviendo más liviano el concreto para posibles usos en cimentaciones e estructuras y al mismo tiempo ayuda a disminuir los efectos negativos que generan los desechos de caucho en el medio ambiente.
4. Además se recomienda realizar estudios en la incorporación del caucho en pavimento rígido dado que el comportamiento del caucho a recuperar su estado a grandes deformación podría reducir la fatiga que sufre este por la acción mecánica de los carros.
5. Adicional se recomienda realizar ensayos de laboratorio a más de 28 días de curado para observar si se desarrolla mejor los esfuerzos con el transcurso del tiempo.

Laica, (2016) en su tesis titulada: "*Influencia de la inclusión de polímero reciclado (caucho) en las propiedades mecánicas de una sub base*", para optar el título profesional de Ingeniero civil, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de ingeniería civil y mecánica, Escuela profesional de Ingeniería Civil, Ambato – Ecuador. El objetivo general fue: mejorar las propiedades mecánicas de una sub base (clase 3) mediante la inclusión de polímero reciclado (caucho). El método de la investigación fue el método científico, el tipo aplicada, el nivel explicativo, el diseño experimental, la técnica utilizada la investigación bibliográfica y normas ASTM, el instrumento investigación de laboratorio y experimental, tuvo una población indeterminada por ser una investigación experimental, y como muestra especímenes con sub base. Los resultados de la investigación fueron que: se estableció que a medida que vamos aumentando caucho a nuestra Sub base nuestra resistencia va disminuyendo considerablemente. Llegó a las siguientes conclusiones:

1. De acuerdo a la tabla N°14 podemos observar que el material proveniente de la Cantera Alvarado Ortiz, una propiedad no cumple con las normas establecidas en el Volumen 3, Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes del MTOP.
2. La granulometría de la sub base clase 3, según las especificaciones de la norma AASHTO T-87-70; ASTM D 421-58 los valores obtenidos cumple con los parámetros establecidos.
3. El Límite Líquido e Índice Plástico están dentro de la norma establecida ya que es menor de 25 y menor de 6 respectivamente.
4. El desgaste de abrasión está dentro de lo permisible por norma ya que es de 20.98% y es menor del aceptable que es de 50%.
5. Los ensayos CBR permiten medir la capacidad portante que tiene un suelo para soportar cargas, el valor obtenido del ensayo del CBR no cumple con las especificaciones técnicas establecidas en el volumen 3, Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes del MTOP.
6. Al analizar los resultados obtenidos de la muestra de una Sub - base sin adición de caucho y compararlos con las muestras con adición de caucho en diferentes porcentajes, se puede ver claramente la disminución de la resistencia del material.

7. De los ensayos de compactación se pudo verificar que la adición de caucho en una Sub-base clase 3 es perjudicial ya que a medida que vamos aumentando la adición de caucho la Densidad Seca y el Contenido de Humedad Óptimo van disminuyendo
8. Se comprobó que mientras se añada más porcentaje de caucho a el material en estudio el CBR va disminuyendo considerablemente.

Díaz, (2016) en su tesis titulada: “*Análisis de los procedimientos constructivos de bases y sub - bases granulares para pavimentos flexibles*”, para optar por el grado de maestro en ingeniería civil, Universidad Nacional Autónoma de México; Facultad de ingeniería, Escuela profesional de Ingeniería Civil, Ciudad de México – México. El objetivo general fue: Analizar los procedimientos constructivos que se emplean en la actualidad en la República Mexicana para bases y sub-bases con el fin de conocer logros y deficiencias principales en su ejecución. El método de la investigación fue el método científico, el tipo básico, el diseño experimental, la técnica utilizada la observación directa, el instrumento la guía de observación, tuvo como población los pavimentos flexibles de la ciudad de México – México, y como muestra poblacional material granular para base y sub base granular. Los resultados de la investigación fueron que: se describió la importancia que tiene el procedimiento constructivo en pavimentos, ya que no solo las deficiencias del proyecto afectan el resultado final, sino que gran parte la etapa de construcción determina la funcionalidad de las vías terrestres. Una vía mal ejecutada en la construcción, pronto presentará problemas en su funcionamiento. Llegó a las siguientes conclusiones:

1. A lo largo de este trabajo se describió la importancia que tiene el procedimiento constructivo en pavimentos, ya que no solo las deficiencias del proyecto afectan el resultado final, sino que gran parte la etapa de construcción determina la funcionalidad de las vías terrestres. Una vía mal ejecutada en la construcción, pronto presentará problemas en su funcionamiento.
2. Uno de ellos es la calidad de los materiales. Se observó en las visitas de campo, que no siempre se realizan las pruebas necesarias, tanto en campo como laboratorio, como lo marca la normativa para calidad de

materiales. Con estas pruebas darán pauta para la aceptación, rechazo o corrección del material. Esta es una de las principales causas por la cual existen fallas en el pavimento.

3. Mediante el resultado de las encuestas, se observó que la mayoría de los residentes realiza los trabajos de compactación de manera empírica. Mediante observación, consideran el porcentaje de humedad del material y agregan agua a su criterio; asimismo, también ejecutan el número de pasadas del compactador, observando el material, si aún tiene espacios de aire entre sus partículas o está cerrado, para definir si ha llegado al grado de compactación requerido. Esta práctica debería estar inspeccionada por la supervisión y el laboratorio, quienes son los responsables de indicar los contenidos de humedad y número de pasadas del compactador. La baja compactación en los materiales de base y sub-base, es una de las causas más graves de fallas en la estructura del pavimento, ya que origina que después del paso del tránsito, existan reacomodos en el material que ocasionen asentamientos diferenciales severos.
4. Durante la revisión de la normativa vigente de la SCT, se observó que no todas las normas relacionadas con bases y sub-bases se encuentran en la designación descrita, en particular las normas de *métodos de muestreo y prueba de materiales (MMP)*, ya que si se pretende buscar las normas referidas a esta clasificación no se encontrarán, aunque éstas si aparecen para terracerías o materiales asfálticos.
5. Con este trabajo se logró observar y conocer de manera general, los puntos más importantes del procedimiento constructivo de bases y sub-bases que repercuten directamente en el funcionamiento del pavimento, entre los cuales están principalmente la revisión de la calidad de los materiales y las pruebas que ello implica, así como, el grado de compactación.
6. Con la elaboración de esta tesis se pretende dar información de utilidad para aquellos pasantes e ingenieros que laboran en el campo de las vías terrestres, y requieren alguna revisión rápida y útil de lo que implica un procedimiento constructivo para bases y sub - bases. Es importante señalar que en la actualidad las sub - bases granulares están perdiendo utilización, ya que se prefiere estabilizar la capa subrasante con material asfáltico, evitando así el

costo de la sub-base. Sería importante hacer un análisis de los costos y beneficios de esta práctica.

Ramírez, (2016) en su tesina titulada: “*Estudio del comportamiento del concreto reforzado con fibras obtenidas del reciclado de llantas*”, para optar por el grado de especialista en construcción civil, Universidad Nacional Autónoma de México; Facultad de ingeniería, Escuela profesional de Ingeniería Civil, Ciudad de México – México. El objetivo general fue: estudiar el comportamiento del esfuerzo a compresión y flexión que presenta el concreto reforzado con fibras de acero obtenidas del reciclado de llantas. El método de la investigación fue el método científico, el tipo básico, el diseño experimental, la técnica utilizada la observación directa, el instrumento la guía de observación, tuvo como población especímenes cilíndricos y rectangulares de concreto simple y concreto reforzado con fibra de acero obtenida del reciclado de llanta, y como muestra poblacional se fabricaran 18 especímenes (13 cilindros y 5 prismas). Los resultados de la investigación fueron que: La mezcla M-1 la cual no contiene fibras de acero, género un esfuerzo a compresión de 290 kg/cm². Para la mezcla M-2 que contiene 5 kg/m³ de fibras de acero, registró un descenso del 3.1% en el esfuerzo a compresión en comparación con la mezcla M-1. La mezcla M-3 con 9 kg/m³ de fibra de acero no presento cambio en el esfuerzo a compresión con respecto a la mezcla patrón (M-1). Llegó a las siguientes conclusiones:

1. La trabajabilidad del concreto desciende considerablemente al añadir fibras de acero, es recomendable utilizar superfluidificantes para mantener el revenimiento deseado.
2. Al compactar mediante varillado, se modifica la distribución y acomodo de las fibras, logrando alterar el funcionamiento del CRFA, se recomienda compactar mecánicamente mediante una mesa de vibrado.
3. No se presentó incremento en la resistencia a compresión para las mezclas con fibra, la mezcla M-2 disminuyó un 3.1% en comparación con la mezcla M-1, mientras que la mezcla M-3 genero la misma resistencia que la mezcla M-1 que fue de 290 kg/cm².
4. Al momento de fallar los cilindros a compresión, las fibras mantienen unidos los fragmentos de concreto fisurados, esto hace al concreto un material dúctil.

5. El módulo de ruptura a flexión no aumento para las mezclas con fibra de acero, la mezcla M-2 se redujo un 12.5%, mientras que la mezcla M-3 disminuyó un 11% en comparación con la mezcla M-1.
6. Las vigas de CRFA en el ensayo a flexión fallaron de forma frágil, se concluyen que las fibras no aportaron resistencia estructural a la post-fisuración de las vigas por la cantidad de fibra añadida.
7. A pesar de añadir 5 kg/m³ y 9 kg/m³ de fibra de acero reciclado de llanta al concreto simple, estas dosificaciones no fueron suficientes para aumentar la resistencia a compresión y flexión del concreto.
8. Se recomienda continuar con la investigación incluyendo mayor cantidad de fibras según lo especifica el ACI-544-3R.

Delgadillo y Gómez, (2015) en su tesis titulada: "*Caracterización mecánica y petrográfica de materiales de base granular bg-25 a partir de normas Idu e Invias*", para optar el título profesional de Ingeniero topográfico, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad del medio ambiente y recursos naturales, Escuela profesional de Ingeniería Topografica, Bogotá – Colombia. El objetivo general fue: Analizar la respuesta mecánica de los materiales granulares de Base con respecto a sus propiedades mineralógicas y petrográficas usados en la ciudad de Bogotá. El método de la investigación fue el método científico, el tipo aplicada, el nivel explicativa, el diseño experimental, la técnica utilizada la observación directa, el instrumento la guía de observación, tuvo como población las canteras de bogota, y como muestra poblacional las canteras de Soacha, mosquera y norte. Los resultados de la investigación fueron: Según la norma INV 213 13 la granulometría del agregado de origen Soacha presenta deficiencia desde el tamiz N°4(4.75mm) hasta el tamiz N°10, la mitad de las partículas queda retenida en tamices entre 3/4 " y 3/8", mientras que el 25% del material son finos, evidenciando falta de partículas de tamaño menor a N°4; esto genera problemas de vacíos al usar el material en campo, usando este como parte de la estructura de pavimento. Por lo tanto la distribución de las partículas no es adecuada, por no poseer la homogeneidad requerida; Según la norma INV 213 13 la granulometría del agregado de origen Mosquera presenta deficiencias desde el tamiz N°4(4.75mm) hasta el N°10 donde el N°40 es el único punto que cumple de los finos, están allí

en el intervalo entre curvas de la norma. Aproximadamente el 47% del material de ensayo es del tamiz N°4 pero no es superior al tamiz de 3/8" que retiene aproximadamente el 28%; además de esto el 23% de la muestra presenta granos menores al tamiz N°4; Según la norma INV 213 13 la granulometría del agregado de origen norte presenta deficiencias desde el tamiz N°4(4.75mm) hasta el N°10 donde el N°40 es el único punto que cumple de los finos, están allí en el intervalo entre curvas de la norma. Aproximadamente el 35% del material de ensayo es del tamiz N°4 pero no es superior al tamiz de 3/8" que retiene aproximadamente el 32%; además de esto el 30% de la muestra presenta granos menores al tamiz N°4. Llegó a las siguientes conclusiones:

1. Se cumplieron los objetivos al realizar los ensayos en su totalidad y las relaciones estadísticas deseadas con el fin de sacar ideas de cómo se debe comporta un agregado desde su composición básica. Se sacaron ideas del comportamiento de los materiales como:
 - El comportamiento por desgaste es mejor cuando se encuentran constituyentes como areniscas finas y media.
 - Los materiales meteorizados tienen un comportamiento no adecuado, ya que son rocas prácticamente degradadas.
 - Además de que en un agregado se debe presentar una granulometría adecuada, la composición litológica de cada tamiz y en general del agregado debe tener rocas maduras y no meteorizadas o con una meteorización leve, para evitar la disgregación del material producido por las cargas a las cuales es sometido en la estructura de pavimento.
 - Como se observó en muchos de los ensayos, como el ensayo del CBR la porosidad de cada constituyente influye mucho en la compactación y el comportamiento del material. Fue de gran sorpresa observar y comprobar que las características litológicas influyen mucho en todos los agregados, para bien o para mal es importante conocer estas características, para dar observaciones más afondo de los materiales.
2. Todos los datos y análisis partimos desde una observación del ensayo, no podemos decir una verdad absoluta ya que el mismo proyecto tuvo una falencia, la falta de agregados para aumentar los datos, pero esto ocurre por la falta de recursos, aun así se logran satisfactoriamente los objetivos y hasta

quizás se podrían generar hasta recomendaciones tanto en conceptos técnicos y ambientales.

3. Para terminar y de gran importancia, un material para base granular de pavimentos según nuestra experiencia y la experimentación, debe cumplir ciertos requisitos mecánicos según los ensayos del INVIAS pero quizás al observar la composición y las constituyentes del agregado se pueden generar ya ideas sobre el comportamiento de dicho material, si vemos más a fondo su porosidad y sus meteorización tan solo con esto, podríamos ser capaces de decir si un material podría ser óptimo para base granular, ya que como vimos en el agregado. Mosquera, no le fue bien en los ensayos de abrasión, quizás no fue óptimo en dos ensayos pero en los siguientes demostró ser un agregado óptimo para una base granular, esto nos demuestra que se debe estudiar y mirar más a fondo las constituyentes de los materiales sin dejarlo de lado como se ha hecho en muchos casos.

Luna, (2013) en su tesis titulada: *“Estudio de la aplicación potencial de compuestos obtenidos con residuos de caucho reciclado provenientes de continental tire andina como materiales estructurales”*, para optar el título profesional de Ingeniero mecánico, Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de ingeniería, Escuela profesional de Ingeniería Mecánica, Cuenca – Ecuador. El objetivo general fue: Determinar las aptitudes térmicas y acústicas de los mampuestos adicionando residuos de caucho reciclado provenientes de continental tire andina. El método de la investigación fue el método científico, el tipo aplicada, el nivel explicativo, el diseño experimental. Los resultados de la investigación fueron: las aptitudes térmicas y acústicas que aportan los agregados de “FNFU” a los mampuestos en que son aplicados, estas características logran mejorar el desempeño de los materiales estructurales en que son llevada a cabo otorgando aislamiento, el mejor tamaño de agregado de “FNFU” que se utilizó fue el grueso pues cubre una superficie mayor y por lo tanto ayuda a mejorar las propiedades del mampuesto en que se aplica. Llegó a las siguientes conclusiones:

1. Las propiedades acústicas de los mampuestos que poseen agregados de “FNFU” aumentan, esto es por la disminución de espacios en donde exista aire por donde el sonido pase libremente, la mayor concentración de caucho

posible fue el 15% y el tamaño de fibra más idóneo para esto es el agregado grueso que optimiza las propiedades de “FNFU” en su desempeño como agregado de un material estructural.

2. El caucho cambia de la forma de conducir el calor a través de los materiales estructurales pues de la radiación usual en que se transfiere el calor hacia el interior de un recinto se convierte en transferencia de energía por conducción, al no tener espacios llenos de “FNFU”, por lo que el confinamiento obtiene un aislamiento térmico superior.
3. El agregado de “FNFU” al dar un importante aislamiento térmico al reducir el coeficiente de conductividad térmica como se observó a lo largo de la experimentación por lo que al reducir el paso de energía incluso es una protección ante incendios aumentando su resistencia estructural ante la presencia de calor extremo.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Lozada, (2018) en su tesis titulada: *“Estudio de las características físicas y mecánicas de las canteras Hualango como material de afirmado en carreteras – provincia de Utcubamba”* para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Señor de Sipán, Facultad de Ingeniería Arquitectura y Urbanismo, Escuela profesional de Ingeniería Civil, Pimentel – Perú. El objetivo general fue: Realizar un estudio de las características físicas y mecánicas de las canteras Hualango como material de afirmado en carreteras – Provincia de Utcubamba. El método de la investigación fue el método científico, el tipo básico - teórico, el nivel exploratorio – descriptiva , el diseño experimental – cuasi experimental la técnica utilizada la observación, guía y análisis de documentos, el instrumento la guía de observación, tuvo como población las canteras dentro de la jurisdicción del centro poblado Hualango, y como muestra los agregados de las canteras. Los resultados de la investigación fueron según estudio de las características físicas y mecánicas de las canteras: se mejoro las características físicas y mecánicas, obteniendo un CBR mayor al 40% y un % del desgaste a la abrasión menor al 50 %. Por lo tanto se garantiza que el material combinado, se puede utilizar como material de afirmado en carreteras. Llegó a las siguientes conclusiones:

1. La cantera La Loma es de naturaleza grava arcillosa con arena (GC) según el

método SUCS, identificado según el método AASHTO es un tipo de suelo A-2-4, con partículas de varios tamaños y mucha presencia de finos con $IP=8.27\%$ y está dentro de los parámetros que estipula el manual de carreteras del MTC, IP (4% a 9%), el % por desgaste a la abrasión es 68.6%, Así mismo presenta bajo contenido de sales igual a 0.10%, además el C.B.R. al 100% para 0.1" = 46.0 %. Entonces el material que lo compone a la cantera no presenta características de un material adecuado para ser utilizado en carreteras.

2. La cantera Las Paguillas es de naturaleza grava arcillosa con arena (GC), con ausencia de partículas intermedias y mucha presencia de finos según el método SUCS, identificado según el método AASHTO es un tipo de suelo A-2-4, $IP=7.82\%$ y está dentro de los parámetros que estipula el manual de carreteras del MTC, IP (4% a 9%). El % por desgaste a la abrasión es 54.3%, Así mismo presenta bajo contenido de sales igual a 0.20%. Además un C.B.R. al 100% para 0.1"= 47.4%. Entonces el material que lo compone a la cantera no presenta características de un material adecuado para ser utilizado en carreteras.
3. La cantera Limones (cantera de río), que según el análisis granulométrico tiene mayor presencia de agregado grueso, no presenta $IP= N.P$, según la clasificación SUCS es un tipo de suelo GW (grava bien graduada) y según la clasificación AASHTO presenta un tipo de suelo A-1-a y el % por desgaste a la abrasión es 17.20%,
4. Se combinó la cantera La Loma (45%) con la cantera Limones (55%), y se obtuvo según la clasificación SUCS, es un suelo de Grava bien graduada con arcilla y arena (GW-GC), y según la clasificación AASHTO es un suelo de buena graduación (A-1-a), con un $IP=6.11\%$, según el ensayo Próctor una $M.D.S=2.237 \text{ g/cm}^3$, con óptimo contenido de humedad =5.91% y una mejor resistencia con un C.B.R al 100% para 0.1"= 78.7%. Lo cual indica que está dentro de los parámetros de resistencia del suelo para material de afirmado en carreteras, entonces si es recomendable para ser utilizado como material de afirmado en carreteras.
5. De igual manera se combinó la cantera Las Paguillas (55%) con la cantera Limones (45%), y se obtuvo según la clasificación SUCS, es un suelo de

Grava bien graduada con arcilla y arena (GW-GC), y según la clasificación AASHTO es un suelo de buena graduación (A-2-4), con un $IP=6.93\%$, según el ensayo Próctor una $M.D.S=2.210\text{ g/cm}^3$, con óptimo contenido de humedad = 7.91% y una mejor resistencia con un C.B.R al 100% para $0.1''=73.5\%$, entonces si es recomendable para ser utilizado como material de afirmado en carreteras.

Cuadros, (2017) en su tesis titulada: *“Mejoramiento de las propiedades físico - mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la red vial departamental de la región Junín mediante la estabilización química con óxido de calcio – 2016”*, para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Peruana Los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela profesional de Ingeniería Civil, Huancayo – Perú. El objetivo general fue: Determinar la influencia de la estabilización química mediante la adición de diversos porcentajes de óxido de calcio en el mejoramiento de las propiedades físico – mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la Red Vial Departamental de la Región Junín. El método de la investigación fue el método científico, el tipo aplicada y tecnológica, el nivel descriptiva – explicativo, el diseño experimental, la técnica utilizada la observación directa, el instrumento la guía de observación, tuvo como población la Red Vial Departamental Ruta JU-108, Tramo: C.P. Pariahuanca – C.P. Ojaro, en el Distrito de Pariahuanca, y como muestra fue de tipo NO PROBABILÍSTICO, DIRIGIDO O POR CONVENIENCIA, conformado por un grupo de ensayos de mecánica de suelos y procedimientos de Ingeniería; para el efecto se aplicaron las Normas del MTC. vigentes, se realizó los estudios de tráfico vehicular y además cuatro calicatas a cielo abierto para su análisis y experimentación con la adición de diversos porcentajes de óxido de calcio. Los resultados de la investigación fueron según las propiedades físico - mecánicas de la sub rasante: La estabilización química con Óxido de Calcio influye positivamente en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante, obteniendo como porcentaje óptimo la adición del 3% de óxido de calcio en peso de suelo, reduciendo el índice de plasticidad de un suelo natural con un IP de 19.08% a un IP de 4.17% posterior a su estabilización, así mismo aumenta significativamente el valor de C.B.R. de un 4.85% para suelo natural a un valor de C.B.R de 15.64% posterior a su estabilización, además se demostró una ventaja económica de la

estabilización química con óxido de calcio frente a la estabilización física por el método de combinación de suelos, con una considerable reducción de costos de un 44.41%. Llegó a las siguientes conclusiones:

1. La estabilización química con Óxido de Calcio influye positivamente en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante, ya que reduce el índice de plasticidad y aumenta significativamente el valor de soporte (C.B.R.) del suelo estabilizado respecto al suelo natural.
2. Se determinó que el porcentaje óptimo de óxido de calcio al adicionar diversas proporciones (1%, 3%, 5% y 7%) para la estabilización del suelo en estudio es de 3% respecto al peso del suelo, mejorando así las propiedades del suelo de subrasante en estudio, dando como resultado la reducción del Índice de Plasticidad de un suelo natural con un IP de 19.08% a un IP de 4.17% posterior a su estabilización, asimismo redujo el óptimo contenido de humedad para su compactación de un 18.3% en suelo natural a un 15.6% posterior a su estabilización, además aumentó significativamente el valor de C.B.R. de un 4.85% para suelo natural a un valor de C.B.R de 15.64% posterior a su estabilización, categorizándolo como un material de subrasante buena, de acuerdo al Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - Sección suelos y pavimentos, después de su estabilización.
3. Se comparó los costos de la estabilización física por combinación de suelos y la estabilización química con Óxido de Calcio, dando como resultado una reducción del 44.41% de costos, entre estos dos métodos de estabilización de suelos. Queda demostrando la ventaja económica que tiene el uso del óxido de calcio como estabilizante químico frente al método conocido de estabilización física por combinación de suelos.

Ccoillo, (2017) en su tesis titulada: "*Comportamiento de la subrasante de suelos con adición de escoria en pavimentos flexibles de la Universidad Agraria La Molina – 2016*", para optar el título profesional de Ingeniero civil, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela profesional de Ingeniería Civil. Lima – Perú. El objetivo general fue: demostrar la influencia de suelos con adición de escoria de altos hornos en el comportamiento de la subrasante en pavimentos flexibles. El método de la investigación fue el método científico, el tipo aplicada, el

nivel correlacional, el diseño cuasi experimental – con post test y grupos intactos, la técnica utilizada la encuesta, el instrumento la ficha técnica, tuvo como población una longitud total de 4.63 km que representa las vías principales de la universidad agraria la molina a nivel de subrasante, y como muestra estuvo conformada por el Pasaje CIPD – FIA-UNALM teniendo una longitud de 0.58 km. Los resultados de la investigación fueron según el comportamiento de la subrasante: para cada porcentaje propuesto de escoria de 10%, 20%, 30% y 40% en el suelo, se comprueba el aumento de la Máxima Densidad y disminuye el Óptimo Contenido de Humedad del Proctor Modificado. De tal forma se concluye que hay un incremento del índice CBR de 48.43% en 1” al 95% de la máxima densidad seca, así mismo se comprobó la disminución del porcentaje de expansión a 54.69% al adicionar 30% de escoria de arco eléctrico. Llegó a las siguientes conclusiones:

1. Se determinó que la influencia de suelos con adición de escoria de altos horno en el suelo arcilloso obteniendo así el incrementando del valor de CBR 48.43% al 95% de la máxima densidad seca con una dosificación de 30% del peso seco, también se reduce porcentualmente la expansión en un 54.69%.
2. Se determinó que la cantidad incrementada de escoria en un 30% en peso seco, se obtiene un suelo mejorado con un índice CBR 48.43% lo cual se categoriza un S5: Subrasante Extraordinaria.
3. Se determinó las características físicas del suelo al adicionar la escoria en el suelo arcilloso, el índice de plasticidad disminuye a medida que se va incrementando los porcentajes de escoria, teniendo así un índice de plasticidad: del suelo natural un IP de 11.46 adicionándole 10% de escoria un IP de 10.61%, incorporando 20% un IP de 9.29% incorporando 30% un IP de 7.76% incorporando 40% un IP de 6.10%.
4. Se determinó las propiedades mecánicas de los suelos, el valor del índice CBR del suelo arcilloso es de 5.61% al 95% de la máxima densidad seca. con la adición de escoria incrementa el CBR, a 24.80%, 29.82%, 48.43% y 70.00% en los porcentajes de 10%, 20%, 30% y 40% debido a que la escoria presenta propiedades que aportan en la resistencia de suelo.

Cabanillas, (2017) en su tesis titulada: “*Comportamiento físico mecánico del concreto hidráulico adicionado con caucho reciclado*”, para optar el título

profesional de Ingeniero civil, Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería, Escuela profesional de Ingeniería Civil, Cajamarca – Perú. El objetivo general fue: determinar el comportamiento mecánico del concreto elaborado con la adición de partículas de caucho reciclado, así como también determinar su influencia en sus propiedades físicas como su peso unitario. El método de la investigación fue el método científico, el tipo aplicada, el nivel explicativa, el diseño experimental – transversal - descriptivo – comparativo, la técnica utilizada es la encuesta, el instrumento la guía de observación, su población no aplicable, y como muestra poblacional 72 especímenes de concreto diseñado los cuales serán sometidos a ensayos de compresión axial. Los resultados de la investigación fueron según el comportamiento mecánico: que la resistencia mecánica a la compresión varía un 8.47% entre ambos diseños; el diseño elaborado con el 10% de adición de partículas de caucho reciclado obtuvo una resistencia de: 191.65 Kg/cm², mientras que el concreto patrón es de 209.39 kg/cm²; la diferencia de un 38.15% en la resistencia mecánica a la compresión lo obtuvo el concreto patrón y el 15% de adición de partículas de caucho reciclado obteniendo este una resistencia a la compresión de 129.52 Kg/cm² y por último la variación del concreto patrón y el concreto elaborado con el 20% de adición de partículas de caucho reciclado fue de 46.13%, obteniendo una resistencia de 112.79 Kg/cm² el concreto adicionado el 20% de partículas de caucho reciclado. Llegó a las siguientes conclusiones:

1. El porcentaje de disminución en la resistencia a la compresión obtenida a los 28 días, del concreto diseñado con sustitución del 10% del agregado fino por partículas de caucho reciclado es de 8.47% con respecto al concreto patrón, el concreto diseñado con una sustitución del 15% del agregado fino por partículas de caucho reciclado es de 38.15% con respecto al concreto patrón y el concreto diseñado con una sustitución del 20% del agregado fino por partículas de caucho reciclado es de 46.13% con respecto al concreto patrón.
2. La desviación estándar de la resistencia a la compresión del concreto patrón a los 28 días es de 168 kg/cm² con un coeficiente de variación de 0.80%; la desviación estándar de la resistencia a la compresión del concreto con sustitución del 10% de agregado fino por partículas de caucho reciclado a los 28 días es de 6.89 kg/cm² con un coeficiente de variación de 3.59%; la desviación

estándar de la resistencia a la compresión del concreto con sustitución del 15% de agregado fino por partículas de caucho reciclado a los 28 días es de 4.59 kg/cm² con un coeficiente de variación de 3.55% y la desviación estándar de la resistencia a la compresión del concreto con sustitución del 20% de agregado fino por partículas de caucho reciclado a los 28 días es de 5.92 kg/cm² con un coeficiente de variación de 5.25%.

3. El porcentaje de disminución del módulo de elasticidad del concreto diseñado con la sustitución de diferentes porcentajes del agregado fino por partículas de caucho reciclado a los 28 días con respecto al módulo de elasticidad del concreto patrón es de: 4.66% con respecto al concreto elaborado con una sustitución del 10%, un 21.62% con sustitución del 15% y un 26.87% con sustitución de 20%.
4. El porcentaje óptimo de sustitución de agregado fino por caucho reciclado es de 10%, ya que se obtuvo el mayor valor de la resistencia mecánica a la compresión: 191.65 kg/cm². La sustitución del 10, 15 y 20 % del agregado fino por partículas de caucho reciclado influye negativamente en la resistencia mecánica del concreto.

Leiva, (2016) en su tesis titulada: *“Utilización de bolsas de polietileno para el mejoramiento de suelo a nivel de la subrasante en el jr. Arequipa, progresiva km 0+000 - km 0+100, distrito de Orcotuna, Concepción”*, para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ingeniería, Escuela profesional de Ingeniería Civil, Huancayo – Perú. El objetivo general fue: determinar el efecto de las bolsas de polietileno en el suelo a nivel de la subrasante del Jr. Arequipa de la progresiva KM 0+000 - KM 0+100 y en el medio ambiente del distrito de Orcotuna – Concepción. El método de la investigación fue el método científico, el tipo aplicada, el nivel descriptiva – comparativa – relacional, el diseño experimental, la técnica utilizada la observación y reflexión, el instrumento equipos de laboratorio, tuvo como población 75 ensayos de caracterización de la resistencia de la subrasante, y como muestra calicatas de 1.5 m de profundidad y/o de bancos de suelos arcillosos. Los resultados de la investigación fueron según la utilización de bolsas de polietileno: pueden ser utilizados en subrasante para mejorar sus propiedades físicas, mecánicas recomendándose como el más óptimo

al 6% con respecto al peso seco del suelo, El CBR del suelo arcilloso es 4.145% al 95% de la máxima densidad seca y con la adición de bolsas de polietileno fundido en forma de grumos en una dosificación de 6% del peso seco del suelo incrementó el CBR (California Bearing Ratio) a 7.98% al 95% de la máxima densidad seca. Llegó a las siguientes conclusiones:

1. Con la adición de polímeros reciclados, obtenidos de las bolsas de polietileno fundido en forma de grumos, se mejora las propiedades física y mecánicas, se comprobó que la muestra del tramo de la progresiva KM 0+000 - KM 0+100 presenta gran presencia de arcilla. La problemática se debe a que la subrasante es un suelo plástico y de mala granulometría , conviene que sea bien graduada , con una granulometría continua y no uniforme, al adicionar bolsas de polietileno fundido en forma de grumos el suelo hace que tenga mayor fricción y por ende hace que presente mayor capacidad portante.
2. El CBR del suelo arcilloso es 4.15% al 95% de la máxima densidad seca y al adicionar bolsas de polietileno fundido al 6% del peso seco del suelo, con dimensiones amorfas pasante el tamiz 3/4" y retenido 3/8", incrementó el CBR (California Bearing Ratio) a 7.98% al 95% de la máxima densidad seca debido a que las bolsas de polietileno fundido en forma de grumos presenta propiedades de flexo compresión y también redujo porcentualmente la expansión 36.85%.
3. En el diseño estructural del pavimento flexible la calidad del material de la subrasante depende en gran medida de los espesores del pavimento siendo la sub base, base y carpeta asfáltica.

Herrera y Contreras, (2015) en su tesis titulada: *"Mejoramiento del agregado obtenido de escombros de la construcción para bases y sub - bases de estructura de pavimento en Nuevo Chimbote – Santa – Ancash"*, para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional del Santa, facultad de ingeniería, Escuela profesional de Ingeniería Civil, Nuevo Chimbote – Perú. El objetivo general fue: Mejorar el agregado obtenido de escombros de la construcción para bases y sub-bases de estructuras de pavimentos. El método de la investigación fue el método científico, el tipo aplicada, el nivel explicativa, el diseño experimental – pre experimental, la técnica utilizada la observación directa,

el instrumento la guía de observación, tuvo como población escombros de la construcción del distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa – Ancash, y como muestra poblacional escombros de la construcción del vertedero informal “Anconcillo” en Nuevo Chimbote. Los resultados de la investigación fueron: la muestra cumple con las gradaciones tipo A y B para un material a ser usado como base granular y sub base granular. Por otro lado, del ensayo de equivalente de arena se obtiene un 70.75% cumpliendo con los parámetros mínimos de 35% para base granular y 25% para sub base granular. El desgaste de abrasión los angeles es de 18%, cumpliendo con los parámetros máximos de 40% para base granular y 50% para sub base granular. El índice de alargamiento y aplanamiento es de 10.68% característica física muy óptima para los fines evaluados, al igual que los resultados de partículas fracturadas. Del ensayo CBR; se obtiene un 120.82% cumpliendo con los parámetros mínimos de 80% para tráfico ligero y medio, tráfico pesado 100% en base granular y 40% para sub base granular. Finalmente la cantidad de sales solubles totales no supera el parámetros máximos de 0.50% para base granular y 1% para Sub base granular, obteniendo un 0.11%. Llegó a las siguientes conclusiones:

1. Con base en los resultados de laboratorio realizados sobre el agregado reciclado AR se concluye que las propiedades físicas mostraron ser semejantes al agregado natural. En el caso de las propiedades mecánicas, están por debajo de las exigencias para material de base siendo aplicables solo como componente de sub base.
2. El mejoramiento por combinación de agregados AR – AN presenta resultados óptimos en sus tres dosificaciones concluyendo que todas son aptas para conformar Base y Sub Base Granular en la estructura de un pavimento, sin embargo la proporción de 50%AR – 50%AN es la que presenta mejores resultados en comparación con las exigencias para un componente granular.
3. Las propiedades físicas y mecánicas del agregado reciclado, tales como abrasión, equivalente de arena y sales solubles totales dependerán principalmente de la calidad del mortero de concreto de origen y del tipo del agregado natural utilizado; por otro lado puede tener importancia las características de la zona de vertedero final tales como condiciones húmedas y salitre del suelo.

4. La presencia de un alto contenido de cemento en el agregado estudiado se traduce en una forma cúbica que promueve mayor acomodo entre las partículas durante el proceso de compactación. La humedad de compactación influye en la quiebra de las partículas, siendo mayor cuando el material está más seco y menor cuando el material está más húmedo.
5. Finalmente, se acepta la hipótesis planteada concluyendo que al mejorar el agregado obtenido de los escombros de las construcciones, para bases y sub bases, se logran altas capacidades resistentes y propiedades mecánicas similares al agregado convencional por lo tanto se podrán proponer como material alternativo en obras de pavimentación.

Borja, (2014) en su tesis titulada: *“Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados del pavimento flexible de la carretera Cañete - Lunahuana”*, para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca, facultad de ingeniería, Escuela profesional de Ingeniería Civil, Cajamarca – Perú. El objetivo general fue: evaluar las propiedades físicas del pavimento flexible de la carretera en estudio. El método de la investigación fue el método científico, el tipo aplicada, el nivel explicativa, el diseño experimental – cuasi experimental, la técnica utilizada ensayos, el instrumento las normas, tuvo como población canteras de agregados y como muestra poblacional la cantera rio cañete km 22+600. Los resultados de la investigación fue: que las propiedades físicas y mecánicas de los agregados cumple con los requerimientos necesarios para conformar las capas estructurales de base granular y carpeta asfáltica de la carretera Cañete – Lunahuana. Llegó a las siguientes conclusiones:

1. Se determinó que las propiedades físicas y mecánicas de los agregados para base, cumplen con los parámetros establecidos por el manual de diseño de carreteras de bajo volumen de tránsito del MTC y por ende con el expediente técnico del proyecto. Estas propiedades físicas y mecánicas brindan una valiosa información de la capacidad de servicio de la estructura a largo plazo.
2. La determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la carpeta asfáltica y el desempeño de los materiales se logra a partir de un conjunto de ensayos o pruebas establecidas precisamente para comprobar que

dichos materiales funciones correctamente de acuerdo a rangos, límites y/o valores estándares, para condiciones similares o equivalentes.

3. Es importante conocer las propiedades físicas y mecánicas de los agregados en un diseño de pavimentos, ya q esta influyen de manera directa en el comportamiento del mismo; llegando a producir fallas estructurales por el manejo apresurado (sin análisis) y de un mal análisis.

Ramírez, (2013) en su tesis titulada: "*La geogrilla de fibra de vidrio, en el marco de la mecánica de materiales, como alternativa para la reparación de pavimentos*", para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingeniería, Escuela profesional de Ingeniería Civil, Lima – Perú. El objetivo general fue: Analizar los beneficios de la geogrilla de fibra de vidrio para retardar la aparición de fisuras en los pavimentos. El método de la investigación fue el método científico, el tipo aplicada, el nivel explicativo, el diseño experimental. Los resultados de la investigación fueron: los pavimentos con adición geogrilla de fibra de vidrio presentan una mayor efectividad en retardar las grietas en la superficie de los pavimentos. Llegó a las siguientes conclusiones:

1. Tanto la viga con geogrilla de fibra de vidrio, como la viga reforzada con mortero asfáltico, retardan en gran medida la aparición de grietas en la superficie.
2. De los dos sistemas que retardan la reflexión de fisuras en la superficie, la más efectiva resultó ser la geogrilla de fibra de vidrio, con una efectividad 228% superior al mortero asfáltico.
3. El incremento de carga para que fallaran las vigas reforzadas con respecto a las no reforzadas fue de 75%.
4. Los niveles de carga que causan la falla en las vigas reforzadas son del orden de 1400 Kg, en contraste con las vigas no reforzadas, que fallan con una carga promedio de 500 Kg.
5. Es posible medir la efectividad con un porcentaje exacto para el caso de la geogrilla de fibra de vidrio respecto del mortero asfáltico, esto porque los dos fallan para un mismo nivel de carga: 1400 Kg. Sin embargo, medir la efectividad en porcentaje, de éstas respecto de las no reforzadas es más complicado puesto que las que no tienen ningún refuerzo fallan para diferentes niveles de carga. Para este último caso es mejor observar en las gráficas, que demuestran

dilatadamente los beneficios de reforzar una carpeta.

6. La viga A-1 fue la única que presentó más de una grieta reflejada y lo hizo para un orden de carga de 600 Kg, en cambio la primera grieta lo hizo para una carga de 400 Kg. Es de suponerse que la segunda grieta ya estaba produciéndose en el interior de la viga, puesto que aparece después de sólo 28 ciclos de incrementada la carga.
7. La viga C-1, reforzada con geogrilla de fibra de vidrio, no presentó ninguna grieta reflejada. Sólo presento una grieta aislada, la cual se tomó para hacer las comparaciones necesarias. Sin embargo no puede sentenciarse que esta grieta no haya sido influenciada por los esfuerzos y deformaciones que ocurren en la grieta generada, puesto que se necesitarían investigaciones más profundas para llegar a esta conclusión.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Agregados Pétreos

Son partículas minerales granulares que se usan para conformar bases, sub - bases y relleno de carreteras. Los agregados pétreos se combinan con materiales cementantes para formar concretos para bases, Sub - bases, superficies de desgaste, estructuras de drenaje, las fuentes de abastecimiento de los agregados pueden ser canteras naturales de arena y grava, los pavimentos pulverizados de concreto y asfalto, el material pétreo resquebrajado y la escoria de altos hornos. Las propiedades de los agregados pétreos más importantes y más usados para la construcción de carreteras son los siguientes: (Delgadillo y Gómez, 2015)

- tamaño y gradación de las partículas
- dureza o resistencia al desgaste
- Durabilidad o resistencia al intemperismo
- Densidad relativa
- estabilidad química
- forma de partícula y textura de la superficie

A. Tamaño de partícula y gradación de los agregados

El tamaño de las partículas de los agregados al mezclarlos son una propiedad muy importante para usar en las bases y superficies de las carreteras.

La combinación de los tamaños de partícula de las mezclas, afecta la densidad, la resistencia, y la economía de la estructura del pavimento. Para averiguar los diferentes tipos de granulos y tamaños de partículas en una mezcla de agregado se debe realizar el tamizado del material y determinar la granulometría. (Delgadillo y Gómez, 2015)

Para determinar el porcentaje de fracción o el tamaño de fracción que pasa se necesitan cierto tipo de tamices o mallas que determinan, estos tamices están en pulgadas los cuáles son los siguientes: $2\frac{1}{2}$, 2, $1\frac{1}{2}$, 1, $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{8}$ de pulgada cuadrada para las fracciones grandes y con 4, 10, 40, 80, 100, y 200 mallas por pulgada para las fracciones más pequeñas. Estas últimas mallas se designan como No. 4, No. 10, etc. Cabe aclarar que el material retenido sobre los tamices número 10 que son partículas mayores a 2.00 mm se les conoce como agregados gruesos, el material que pasa por la malla o tamiz número 10 y retenido en el tamiz número 200, es decir, partículas mayores a 0.075 mm, se le conoce como agregado fino. El material que pasa por el tamiz número 200 se le conoce como fino. (Delgadillo y Gómez, 2015)

B. Densidad relativa y absorción - agregados

Las propiedades importantes en el diseño del concreto y de la mezcla bituminosa son la densidad relativa y absorción. La densidad relativa de un sólido, es la razón de su masa a la de un volumen igual de agua destilada a una temperatura específica. Debido a que los agregados pueden tener huecos permeables al agua, se usan dos tipos de densidad relativa de los agregados: Densidad relativa aparente y densidad relativa de la masa. (Delgadillo y Gómez, 2015)

C. Forma, textura y limpieza del agregado

La forma de la partícula, la textura de la superficie y la limpieza del agregado están relacionados con las especificaciones para agregados que se usen en la carretera. Se requiere que los agregados que se usan en las mezclas bituminosas sean resistentes, limpias, durables y libres de cantidades en exceso de piezas planas y alargadas, polvo, bolas de arcilla y otro material indeseables. (Delgadillo y Gómez, 2015)

Los agregados tienen que estar limpios de grumos de arcilla, sílice

hidratada, limos y otras impurezas orgánicas para realizar la mezcla con el cemento Portland. Generalmente se tiene que garantizar la limpieza de los agregados, aunque se permite cierta cantidad de sustancias en los agregados mediante informes. Depende de los requerimientos que se solicitan. (Delgadillo y Gómez, 2015)

La trituración de rocas y grava da productos como los agregados de construcción de afirmados, sub bases y bases, los cuales no podrán estar constituido por una mezcla de productos de ambas procedencia, las partículas de los agregados serán duras, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, plantas o desintégrales y sin materia orgánica u otras sustancias perjudiciales. (Delgadillo y Gómez, 2015)

2.2.2. Afirmados

Capa de la estructura de pavimento que se coloca sobre la capa Sub-base. Usado en la construcción de proyectos viales rurales. Las funciones de esta capa son similares a las ya mencionadas capas de base y Sub base, además de estos, donde la sub rasante no tiene alineamiento y perfil longitudinal y transversal definido es ahí donde interviene esta capa ayudando a conformar la plataforma. En un pavimento de tipo flexible o rígido el espesor compactado depende del estado en que se encuentre el perfil longitudinal y transversal del terreno natural. (Rondón y Reyes, 2015)

2.2.3. Capas granulares

La función principal de las capas granulares es el de absorber y distribuir las diferentes tensiones que se generan por el tráfico, con el fin de que no ocurran deformaciones excesivas ni permanentes. Preservar el pavimento del agua infiltrada por el terreno evitando hinchamientos producidos por cambios de humedad o temperatura que acabaría deteriorando el pavimento es otras de las funciones que cumplen las capas granulares, también contribuye a la durabilidad de la carretera o puede constituir una base para un pavimento de hormigón. (Blazquez y Beviá, s.f.)

Cumplir con los estrictos controles de calidad depende de las características y funciones de los materiales granulares a emplear ya que estos materiales son la materia prima para el buen funcionamiento de las capas

granulares y el pavimento. Es importante su adecuada preparación para la obra y su construcción, y evitar la segregación del árido por tamaños. Si los suelos o materiales granulares no cumplen con las especificaciones requeridas se debe usar los distintos tipos de estabilización con aditivos existentes. (Blazquez y Beviá, s.f.)

2.2.4. Subrasante

Es la capa donde subyace la estructura del pavimento. Debe soportar las cargas producidas por el tránsito, presentar un comportamiento adecuado ante la acción del medio ambiente y suministrar apoyo uniforme a la estructura del pavimento. El espesor que tenga el pavimento fue definido por la calidad de esta capa. De acuerdo con Rondón y Reyes (2015) la Subrasante debe satisfacer tres funciones principales: soportar un limitado número de vehículos durante la construcción, proveer una apropiada cimentación para compactar las capas de la estructura y proveer un adecuado soporte a las cargas impuestas por el tránsito durante su vida útil. Adicional se debe poseer unas propiedades físicas y químicas que no deben cambiar mucho con el tiempo. Algunas cualidades deseables en una Subrasante son:

- Poseer alta resistencia mecánica.
- Permanencia de la resistencia durante la vida útil del pavimento.
- Alta densidad o grado de compacidad.
- Baja susceptibilidad a cambios volumétricos y al agua.
- Buena trabajabilidad durante la compactación.

La subrasante es la principal variable de diseño de pavimentos. En un diseño de pavimentos es importante considerar su potencial expansivo y su capacidad portante. Para dimensionar el pavimento, se caracteriza la subrasante a través de la relación de soporte de California (CBR por sus siglas en inglés), del módulo de reacción de la Subrasante (K) o del módulo resiliente (Mr) (Rondón y Reyes, 2015).

A partir de la década de los 40 el diseño de los pavimentos está basado en las propiedades de la clasificación de suelos, Plasticidad, Resistencia al corte, susceptibilidad a las heladas y drenaje de la subrasante. A partir de la década del

50 se dieron ensayos para caracterizar mejor a estos suelos, ensayos como el CBR, usando cargas estáticas o de baja velocidad, el módulo resiliente, que son ensayos dinámicos y repetición de cargas, los cuales explican mucho mejor lo que sucedía en un pavimento, las propiedades de los suelos pueden dividirse en dos categorías: (Delgadillo y Gómez, 2015)

- Propiedades físicas: Son usadas para selección de materiales, especificaciones constructivas y control de calidad.
- Propiedades ingenieriles: dan una estimación de la calidad de los materiales para caminos.

La calidad de los suelos para Subrasante se puede relacionar con el módulo resiliente, el módulo de Poisson, el valor soporte del suelo y el módulo de reacción de la Subrasante.

A. Subrasante Mejorada

Esta capa subyace a la capa de Sub – base, tiene como función sustituir parte de la subrasante cuando esta última presenta baja rigidez y resistencia bajo carga cíclica, o cuando se prevea en ella el desarrollo de cambios volumétricos importantes en presencia o ausencia de agua. Por lo general esta capa puede construirse con materiales de conformación de relleno (terraplén) o del tipo rajón para pedraplenes o con escombros. Para materiales de conformación o terraplén, son utilizados para nivelar y conformar la plataforma de la estructura de pavimento en zonas donde la Subrasante no tiene un alineamiento longitudinal y transversal definido, también se usan para elevar el terreno para la estructura vial para prevenir y evitar que el agua ingrese fácilmente a la estructura. (Rondón y Reyes, 2015)

De los terraplenes se distinguen tres zonas constitutivas. El cimientado es la parte del terraplén que se encuentra por debajo del terreno natural. El núcleo constituye el cuerpo del terraplén y se encuentra comprendido entre el cimientado y la corona. La corona es la capa que quedará como subrasante, formada por la parte superior del terraplén y construida en un espesor de 30 cm o aquel que se determine durante el diseño del proyecto vial. (Delgadillo y Gómez, 2015)

2.2.5. Subbase Granular

La subrasante, la subrasante mejorada, el afirmado o el terraplén son

componentes de la capa de subbase que subyace a la base granular. Transmitir a la subrasante los esfuerzos que el tránsito impone es la función principal en pavimentos flexibles, contribuye al drenaje y facilita los procesos constructivos, también ayuda a contrarrestar los cambios volumétricos producidos por subrasantes de material expansivo. Son económicos por ser agregados pétreos de menor costo. En pavimentos rígidos su función principal es evitar el fenómeno de bombeo. Para pavimentos flexibles y rígidos su espesor oscila entre los 10 y 50 cm. La subbase granular sirve para: (Delgadillo y Gómez, 2015)

- Controlar ó eliminar en lo posible cambios de volumen, elasticidad y plasticidad perjudiciales que pudiera tener el material de la Subrasante.
- Controlar la tensión capilar del agua proveniente de las capas freáticas cercanas protegiendo así al pavimento contra los hinchamientos que se producen en épocas de la helada. Este hinchamiento es causado por el congelamiento del agua capilar, fenómeno que se observó especialmente en los suelos limosos donde la ascensión capilar del agua es considerado.

2.2.6. Base Granular

La base granular subyace a la carpeta asfáltica en un pavimento flexible, a la losa de concreto en uno de tipo rígido y la capa estabilizada con cemento hidráulico en uno semirrígido. Si la sub rasante presenta buen comportamiento mecánico se puede construir directamente ahí la base granular. La función principal en pavimentos flexibles es transmitir las cargas impuestas por el tráfico además contribuye al drenaje y facilita los procesos constructivos. (Delgadillo y Gómez, 2015).

Para soportar las altas presiones que recibe las bases granulares deben poseer alta resistencia a la deformación. Se construye, con materiales procesados o estabilizados y eventualmente, con algunos materiales marginales. Una función económica diferente a la de la Subbase es que permite reducir el espesor de la carpeta más costosa, pero la función fundamental de la base de un pavimento consiste en proporcionar un elemento de resistencia que transmita a la sub - base y a la sub -rasante los esfuerzos producidos por el tránsito. La base en muchos casos debe también drenar el agua que se introduzca a través de la carpeta o por los acotamientos del pavimento así como impedir la ascensión

capilar. (Juárez y Rodríguez, 2000).

A. Caracterización de los agregados para base granular

a) Caracterización para establecer su idoneidad de uso

Las características físicas y la manera de comportarse como materiales para una capa de pavimento dependen de la composición mineral de los agregados. Para seleccionar el material se debe conocer el tipo de roca y de minerales que lo componen, y ver si nos convienen estos agregados pétreos para su uso en bases granulares. El examen petrográfico de la roca en microscopio, mediante secciones delgadas, es un método excelente para determinar el tamaño del grano, su textura y su estado de descomposición. (Delgadillo y Gómez, 2015).

El examen del mineral permite calcular las proporciones de las especies mineralógicas de la roca, y en muchos casos, permite también dilucidar e inclusive resolver y dar a conocer las características del agregado pétreo, en este caso de la base granular. En pavimentos asfálticos, la composición química de los agregados influyen en la adherencia con los asfaltos. En cambio para los pavimentos rígidos, los agregados que contienen formas reactivas de sílice pueden presentar reacciones expansivas con los compuestos alcalinos contenidos en la pasta del cemento. (Delgadillo y Gómez, 2015)

b) Caracterización para el diseño estructural del pavimento

Para determinar su resistencia al esfuerzo y a la deformación se necesitan realizar ensayos para la base granular, para medir su resistencia a la fatiga, para soportar adecuadamente los esfuerzos impuestos por las cargas de la construcción y del tránsito automotor los materiales granulares deben poseer una adecuada estabilidad mecánica. (Delgadillo y Gómez, 2015).

La distribución de los tamaños de las partículas, las formas de las partículas, la densidad relativa, la fricción interna y la cohesión conforman la estabilidad de un material granular. El material granular diseñado para máxima habilidad debe poseer alta fricción interna para resistir la deformación bajo carga, la fricción interna depende en gran medida de la granulometría, forma de las partículas y la densidad, de estos factores, la distribución de tamaños, en especial la proporción de finos respecto a los gruesos, es el más importante. La

granulometría por escoger debe establecer un balance entre la facilidad constructiva y la mayor estabilidad posible. (Delgadillo y Gómez, 2015).

B. Ensayos para bases granulares

a) Granulometría

Es importante buscar la distribución de los agregados con el análisis granulométrico. Los resultados determinan el cumplimiento de las especificaciones en relación con la distribución de partículas y para suministrar los datos necesarios para el control de la producción de los agregados y las mezclas que los contengan. Esto se realiza para asegurar un correcto comportamiento del material, la porosidad y la distribución de las partículas en el momento de conformar la estructura de pavimento son datos que se utilizan para asegurar un correcto comportamiento del material. (Delgadillo y Gómez, 2015).

Los tamaños de las partículas, que conforman un suelo, varían en un amplio rango. Los suelos por lo general son llamados grava, arena, limo o arcilla, dependiendo del tamaño predominante de las partículas. Varias organizaciones han desarrollado diversos estudios y clasificaciones en base a la separación del suelo por su tamaño para describirlos por el tamaño de sus partículas. La clasificación más aceptada es la del Sistema Unificado, es prácticamente universal. (Braja, s.f.).

Las gravas son fragmentos de rocas ocasionalmente con partículas de cuarzo, feldespato y otros minerales. Las partículas de arena están formadas principalmente de cuarzo y feldespatos. Los limos son fracciones microscópicas de suelos que consisten en granos muy finos de cuarzo y algunas partículas en forma de escamas (hojuelas) que son fragmentos de minerales micáceos. Las arcillas son principalmente partículas submicroscópicas en forma de escamas de mica, minerales arcillosos y otros minerales, como se ve en la tabla, su tamaño es menor a 0.075 mm, en ciertos casos hay partículas no arcillosas o que no necesariamente contengan minerales arcillosos menores a este tamaño. (Delgadillo y Gómez, 2015).

Tabla 1. Límites de tamaño de suelos separados

Nombre de la organización	Tamaño del grano (mm)			
	Grava	Arena	Limo	Arcilla
Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT)	> 2	2 a 0.06	0.06 a 0.002	< 0.002
Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA)	> 2	2 a 0.05	0.05 a 0.002	< 0.002
Asociación Americana de Funcionarios del Transporte y Carreteras Estatales (AASHTO)	76.2 a 2	2 a 0.075	0.075 a 0.002	< 0.002
Sistema unificado de clasificación de suelos (U.S. Army Corps of Engineers; U.S. Bureau of Reclamation; American Society for Testing and Materials)	76.2 a 4.75	4.75 a 0.075	Finos (es decir, limos y arcillas) < 0.075	

Fuente: depósito de suelo y análisis granulométrico, braja das.

Las arcillas son partículas que desarrollan plasticidad cuando se mezclan con una cantidad limitada de agua. Por consiguiente es apropiado dar otro término a las partículas menor al tamaño 0.075 mm, como el de partículas tamaño arcilla ya que estas pueden contener minerales de cuarzo, feldespato o mica. Para determinar el rango del tamaño de las partículas generalmente se realizan dos tipos de ensayos, el ensayo de análisis por cribado para partículas mayores a 0.075 y el análisis hidrométrico, para partículas menores a 0.075 (Delgadillo y Gómez, 2015).

b) Ensayo Modificado de Compactación (Proctor Modificado - Prueba T-180 AASHTO)

La compactación de los suelos y mezclas de suelo agregado usados como relleno en obras de ingeniería deben ser a cierto nivel, con el fin de tener una resistencia al corte, su compresibilidad o su permeabilidad. Se realiza la compactación para mejorar sus propiedades ingenieriles, estos ensayos son para tener claro el porcentaje de su compactación y la humedad de moldeo para su compactación requerida. La preparación de muestras de prueba determinan la humedad con un peso unitario establecido en el diseño de una obra de ingeniería. Uno de los problemas que se tiene en la compactación en campo es

la presencia de partículas mayores de $\frac{3}{4}$ " ya que en algunos casos no hay norma para saber el comportamiento de estas partículas. (Delgadillo y Gómez, 2015).

La degradación de las partículas en el proceso de compactación en el laboratorio genera problemas con el fin de determinar el peso unitario seco, ya que en ocasiones la degradación en el laboratorio es mayor que en el campo. La gradación discontinua es un error que está en la escogencia del suelo ya que partículas muy grandes y pocas pequeñas pueden generar vacíos, todos estos problemas solo se pueden sortear gracias a la experiencia o juicio del Ingeniero. La creación de nuevos rodillos pesados, el ensayo proctor estándar fue modificado para representar mejor las condiciones del campo y es conocido como Proctor modificado. El incremento del peso específico seco máximo es acompañado por un decremento del contenido de agua óptimo. (Delgadillo y Gómez, 2015).

c) CBR (California Bearing Ratio)

Stanton y Porter 1929 desarrollaron este ensayo, teniendo en cuenta como parámetro mecánico el CBR, para el diseño de pavimentos flexibles. Solo se puede determinar el CBR sobre muestras inalteradas, es decir, no es posible cuantificar de manera directa este parámetro mecánico sobre suelos friccionados o gruesos. Se recomendó su determinación directamente en campo; sin embargo, es un ensayo que pocos laboratorios ejecutan in situ. Por lo anterior, lo que se hace comunmente, de manera imprecisa es correlacionar el CBR con el índice de penetración (PDC) obtenido del ensayo de penetración en cono dinámico a través de ecuaciones (Rondón y Reyes 2015).

2.2.7. El caucho

El caucho es un polímero de muchas unidades, encadenadas de un hidrocarburo elástico, el isopreno C_5H_8 que surge como una emulsión lechosa (conocida como látex) en la savia de varias plantas, pero que también puede ser producido sintéticamente. Actualmente se fabrican miles de artículos de caucho para usos muy diferentes. Los neumáticos, llantas, artículos impermeables y aislantes, por sus excelentes propiedades de elasticidad y resistencia ante los ácidos y las sustancias alcalinas son productos ampliamente fabricados con del

caucho. Es repelente al agua, aislante de la temperatura y de la electricidad. Se disuelve con facilidad ante petrolatos, bencenos y algunos hidrocarburos. (Almeida, 2011, p.9).

El caucho natural es un material vegetal procesado que se obtiene de la savia de varios árboles existentes en varias partes del mundo principalmente en Sur América y África ecuatorial. El látex que se obtiene de la planta "HEVEA" cubre más del 99% del consumo mundial de caucho natural. Pero también este producto denominado caucho se puede sacar del ficus elástica y de otras plantas africanas. (Laica,2016, p.14)

El vulcanizado del caucho y su posterior desarrollo en neumáticos por Charles Goodyear fue un hecho sobresaliente que afectó nuestra calidad de vida en los pasados 150 años, incluyendo el desarrollo de automóviles que sin llantas vulcanizadas, no podrían funcionar. Las llantas o neumáticos, y por lo tanto, los automóviles son una parte importante de la sociedad moderna y, sin embargo no todos los países son capaces de producir automóviles. El futuro de la industria de neumáticos, a pesar de la disminución de los suministros de petróleo, es brillante. No obstante, de los recursos de potencia usados para propulsar nuestros carros, camiones, bicicletas, motocicletas y aeroplanos, los neumáticos permanecerán cumpliendo con la misma función de aquellas que existían en el pasado. (Almeida, 2011, p.9).

El caucho (llanta) está compuesto de varios materiales dependiendo del uso que se le dará, este material cuenta con especiales características como es la resistencia a la carga, adherencia, posibilidad de manejar alta presión, entre otros.

Tabla 2. Composición típica de la llanta

Material	Composición (%)	
	Automóviles	Camiones
Caucho natural	14	27
Caucho sintético	27	14
Rellenos Reforzantes	28	28
Acero	14	15
Antioxidante y rellenos	17	16

Fuente: H. Torres, 2014. Valoración de las propiedades mecánicas y de durabilidad de concreto adicionados con residuos de llanta caucho.

A. Clasificación de cauchos

- **Caucho Natural**

Líquido lechoso procedente de varias plantas que al cortarlas en el tronco producen un líquido blanco llamado latex.

- **Caucho sintético**

Es un material parecido al caucho natural y su elaboración es artificial. Se obtiene mediante reacciones químicas, conocidas como polimerización. Luego de la elaboración este tipo de caucho se vulcaniza.

- **Neopreno**

Es un caucho sintético fue uno de los primeros logrados por la investigación de Carothers. Es muy resistente al calor y a productos químicos como el aceite y el petróleo. Se aplica en tuberías de conducción de petróleo y como aislantes para cables.

- **Caucho isobutileno - isopreno**

Es un plástico que trabaja como el caucho natural pero no es flexible como el natural. Es muy resistente a la oxidación y a la acción de productos corrosivos, tiene una baja permeabilidad a los gases por esta razón es utilizado en los tubos interiores de las llantas y es muy difícil de vulcanizar.

- **Butadieno - Estireno**

Es un material conformado de 75% de butadieno y del 25% de estireno que se fabrica por medio de radicales libres. Compite en la fabricación de las

llantas para vehículos.

- **Polibutadieno**

Es un caucho sintético y se utiliza principalmente en la elaboración de neumático debido a que este tipo de caucho tiene una alta resistencia al desgaste. Está formado a partir del proceso de polimerización del monómero.

B. Caucho estireno-butadieno (SBR)

Los diferentes tipos de cauchos tales como: caucho silicon, neopreno, natural, NR, NBR y el SBR el cual es el utilizado para la fabricación de llantas y se utilizó en esta investigación la cual consta de las siguientes propiedades:

Tabla 3. Propiedades del caucho SBR

PROPIEDADES DEL CAUCHO SBR			
Propiedades Físicas	Valor	Unidad	Comentario
gravedad específica	1.6	g/cm ³	ISO 1183-1
Propiedades Mecánicas	Valor	Unidad	Comentario
dureza	60	shore A	
esfuerzo de tracción	3.45	Mpa	ISO 37
Alargamiento de rotura	300	%	ISO 37
Resistencia a la abrasión			Excelente
Adhesión de metales			Excelente
Adhesión de materiales rígidos			Excelente
Resistencia a la compresión			Aceptable a Excelente
resistencia a la rotura por flexión			Buena
resiliencia			Buena
resistencia al desgarre			Aceptable a Excelente
Amortiguación de vibraciones			Aceptable a Buena
Propiedades Térmicas	Valor	Unidad	Comentario
Máxima temperatura de servicio	80	°C	Temperatura del aire continuo
Mínima temperatura de servicio	-30	°C	Temperatura del aire continuo
Quiebre de material por temperatura	-62	°C	
Propiedades de Resistencia Química		Valor	
Ácidos fuerte		Pobre a aceptable	
Ácidos débiles		Aceptable a buena	
Ácidos orgánicos fuertes		Pobre a aceptable	
Ácidos orgánicos débiles		Buena	
Alcohol		Buena	
Aldehídos		Pobre a aceptable	
Alcalinos fuertes		Aceptable a buena	

Fuente: corporación emacin

C. Neumáticos

Están compuestos básicamente de caucho copolímero estireno - butadieno (SBR), con proporción de aproximadamente un 25 % en peso de estireno, o una mezcla de caucho natural y SBR. En la que el negro de humo se da debido a partículas muy pequeñas de carbono, que aumenta la tenacidad y la resistencia a la tracción, a la torsión y al desgaste. Además las fibras reforzantes: textiles y de acero, usualmente en forma de hilos, que aportan resistencia a los neumáticos: algodón, nylon y poliéster. La cantidad de acero y fibras sintéticas reforzantes en los neumáticos varía según el fabricante. (Almeida, 2011, p.10)

Para el control de la viscosidad se adiciona plastificante facilitando la preparación y elaboración de las mezclas. Los neumáticos cuentan con gran diversidad de compuestos incluyendo agentes naturales y compuestos. Los constituyentes principales de los neumáticos son los polímeros, negro de carbono y ablandadores. Por ejemplo, un neumático de 9 kg está compuesto en un 60% de caucho, 20% de acero y 20% de fibra y otros productos. A pesar de que los neumáticos representan poco dentro de los residuos urbanos, ameritan un abordaje especial por sus características, tamaño e impacto Ambiental. (Almeida, 2011, p.10)

El neumático de un auto o camioneta, pesa aproximadamente 9,5 kg y el correspondiente a manejo industrial o a camiones pesados, puede variar desde 16 a 100 kilogramos. El mayor porcentaje de neumáticos descartados corresponde a los provenientes de autos y camionetas livianas, a continuación se explica el proceso de utilización del caucho para la fabricación de neumáticos dentro de la ingeniería industrial. (Almeida, 2011, p.10)

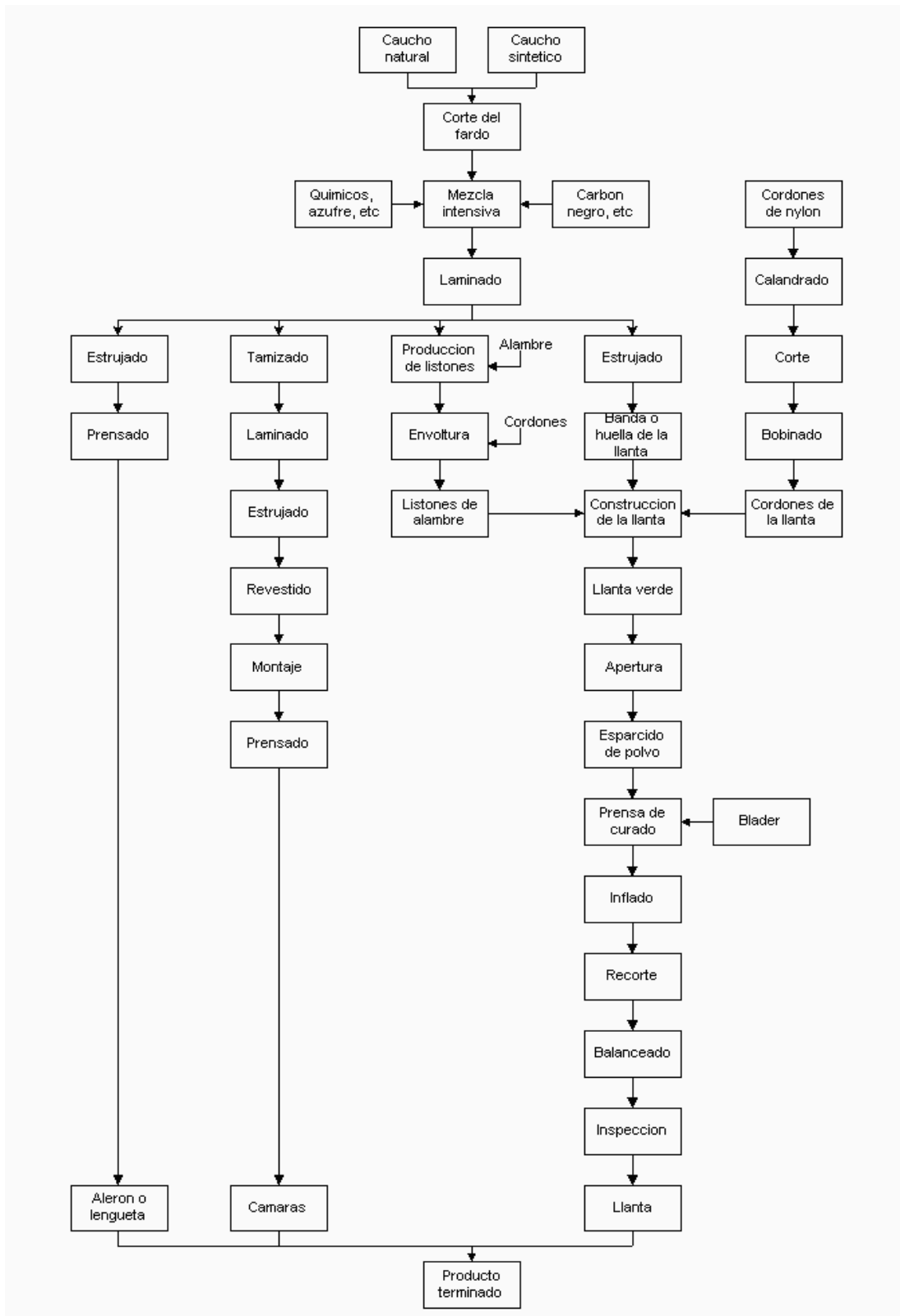


Figura 2. Diagrama del proceso de fabricación de neumáticos.
Fuente: Planta de producción de neumáticos.

D. Reciclaje de neumáticos

Un neumático medio de un auto o camioneta, pesa aproximadamente 9,5

kg y el correspondiente a camiones pesados o industriales, pueden variar desde 16 a 100 kg. El mayor porcentaje de neumáticos descartados corresponde a los provenientes de autos y camionetas livianas. La situación actual es que se recicla el 1,5%, se valora energéticamente el 4,6%, se reencauchan el 11,1%, y se lleva a vertedero el 82,4%. (Almeida, 2011, p.12).

Los neumáticos son parte de los residuos sólidos urbanos y se mantiene el hecho de ser depositados en vertederos o grandes pilas utilizadas solo para disponer este tipo de residuos. Sin embargo, esta práctica es equívoca por los siguientes motivos. (Almeida, 2011, p.12):

1. La cantidad de espacio que ocupan
2. Las dificultades que presentan para la compactación
3. Por su forma, acumulan grandes cantidades de aire y otros gases que los convierten en boyas y rompen posteriormente las cubiertas de los vertederos o rellenos sanitarios
4. Son focos para la proliferación de vectores como roedores, insectos, etc.
5. Permanecen intactos por varias décadas, pero algunos de sus componentes tienen el potencial de lixiviar altos contenidos de metales pesados como zinc, cromo, plomo, cobre y cadmio, detectados en algunos cauces.

a) Posibles usos para neumáticos enteros

Se tienen en cuenta los siguientes usos:

- **Ingeniería civil:** Se pueden utilizar en parques o en zonas muy inclinadas o expuestas a lo largo de carreteras como estructuras de contención. Debido a su gran abundancia y disponibilidad son menos caros que el material convencional utilizado para esta aplicación. También pueden utilizarse como capas drenantes en los rellenos sanitarios. (Almeida, 2011)
- **Aplicaciones marinas:** En la construcción de arrecifes artificiales uniendo neumáticos usados, hundiéndolos y anclándolos en aguas costeras. En ciertas condiciones se crían diversidad de flora y fauna entorno a estos arrecifes artificiales. También es posible elaborar rompeolas colocándolos próximos a la costa de manera de contrarrestar el efecto de las mareas dando estabilidad en la zona de playas. (Almeida, 2011, p.13)

- **Barreras parachoques:** Colocados unos sobre otros hasta formar pilas en bordes de carreteras, puentes, etc. Para esta modalidad el uso de neumáticos es limitado. (Almeida, 2011)
- **Usos agrícolas:** Son utilizados como material de anclaje de lonas y en caminos o carreteras, pero su uso es muy limitado. La ventaja que presenta esta modalidad es que se da solución a los neumáticos de mayor tamaño que son más difíciles de evacuar. (Almeida, 2011, p.13)
- **Reencauchado:** Este sea probablemente el mejor uso que se le pueda dar a los neumáticos. Este proceso consiste en ampliar la vida útil de los neumáticos realizando un dibujo nuevo sobre la cubierta gastada del neumático. Primero se inspecciona el estado de las cubiertas y del neumático en sí, reparándolo en caso de ser necesario, se pule el dibujo viejo para luego aplicar el nuevo dibujo. Es común el reencauchado en neumáticos utilizados por camiones, pero en autos livianos no presenta demasiadas ventajas ya que en precio no hay gran diferencia con los neumáticos nuevos. (Almeida, 2011, p.13)
- **Combustión:** Tanto enteros como triturados, los neumáticos pueden utilizarse para combustión por su alto poder calorífico. Un uso bastante usual es en las cementeras o industrias papeleras. Puede procesarse únicamente neumáticos o junto con otros combustibles o residuos sólidos. Por el contenido de azufre, zinc y acero, las instalaciones requieren de una tecnología adecuada para controlar las emisiones atmosféricas y tener la capacidad de procesar los residuos resultantes luego de la combustión. (Almeida, 2011, p.13)
- **Productos de caucho reciclado:** Al reprocesar los neumáticos se pueden obtener nuevos productos como alfombrillas, sandalias, juntas y otros productos que generalmente suelen fabricarse en base a materia virgen. Existen dos modalidades para el procesamiento: la ambiental (a temperatura ambiente) y la criogénica (a temperaturas extremadamente bajas). (Almeida, 2011, p.14)
- **Fraccionamiento de neumáticos:** Los felpudos, cintas transportadoras, etc. son nuevos productos de la obtención de tiras de caucho y su fundición a altas presiones, debido a la reutilización de recortes del caucho. (Almeida, 2011)

- **Pirolisis:** Mediante la aplicación de calor, se rompen los enlaces químicos. Es una combustión en ausencia de oxígeno. A través de este procedimiento se obtienen productos secundarios como: coque inferior, gas aceite y acero. El coque inferior puede utilizarse como combustible sólido o como carbón activado, el gas de aceite contiene un alto poder calorífico como para brindar los requerimientos necesarios de energía para el propio proceso de pirolisis y el acero recuperado tiene un pequeño mercado debido al grado de contaminación. (Almeida, 2011, p.14)
- **Gasificación:** Es el proceso el cual implica la inyección de cantidades controladas de oxígeno de modo de evitar la combustión. Mediante este proceso se obtiene un combustible gaseoso sintético llamado Syngas (Synthesis gas). Existe una planta en Suiza que utiliza este proceso. (Almeida, 2011, p.14)
- **Compostaje de fangos:** Los trozos de caucho de aproximadamente 5 cm de espesor pueden utilizarse como material esponjante para el compostaje de fangos. Cumplirían un rol similar al de los tabloncillos de madera pero con la diferencia de que los neumáticos no se descomponen. No se trata de una práctica muy utilizada. (Almeida, 2011, p.14)

b) Fibra de Caucho reciclado para la investigación

El Índice Nacional del Flujo Vehicular, que reporta el movimiento de las unidades ligeras y pesadas por las garitas de peaje en todo el país, tuvo un incremento de 15,5% respecto a igual mes de 2017; debido al mayor movimiento de vehículos ligeros y pesados en 17,3% y 13,1%, respectivamente; y en los últimos doce meses (abril 2017 – marzo 2018) aumentó 4,4%; el cual tiene una relación directamente proporcional a las ventas de llantas que se registran anualmente en el país.

Las llantas son un desecho que tienen un impacto en la naturaleza, el reciclaje de este material conlleva al cuidado del medio ambiente, existen diversos métodos de reciclaje del caucho proveniente de las llantas de los vehículos como el método de calor y el método físico.

Para la investigación se obtuvo el caucho reciclado mediante el método físico ya que se tallo manualmente el caucho y así se obtuvo el material necesario para los diversos ensayos.

Lo esencial es poder reutilizar al 100% el material del caucho y así reducir la contaminación que se produce cuando se desecha este material al medio ambiente.



Figura 3. fibra de caucho
Fuente: propia

La fibra de caucho reciclado presenta las siguientes dimensiones:

Longitud = 5 cm

Ancho = 0.2 cm

Tabla 4. Peso específico de la fibra de caucho reciclado

PESO ESPECIFICO DE LA FIBRA DE CAUCHO				
M U E S T R A S		MUESTRA 1	MUESTRA 2	PROMEDIO
A	PESO MAT. SAT. SUP. SECA (EN AIRE) (gr)	505.0	550.0	
B	PESO MAT. SAT. SUP. SECA (EN AGUA) (gr)	196.0	200.0	
C	VOL. DE MASA+VOL. DE VACIOS (cm ³) = A-B	309.0	350.0	
D	PESO MATERIAL SECO EN ESTUFA (105°C) (gr)	500.0	549.5	
E	VOL. DE MASA (cm ³) = C-(A-D)	304.0	349.5	
PESO ESPECIFICO (gr/cm ³)= D/C		1.62	1.57	1.59

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

Según el MTC el flujo vehicular en la región Junín es tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 5. Flujo vehicular en Junin

Flujo de vehículos pesados y ligeros en Junin 2018-2019													
JUNIN	2018					2019							
	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.
Flujo Veh. Pesado	158 421	149 080	156 585	156 001	153 938	150 756	139 689	151 699	122 328	156 284	148 479	154 621	161 486
Flujo Veh. Ligero	259 206	208 527	221 898	210 285	247 579	234 906	193 413	207 268	177 903	234 163	215 761	286 229	273 717

Fuente: MTC – PROVIAS Nacional

En la región Junín solo el 4% del caucho es reutilizado, también se observa que el parque automotor en los últimos 10 años se ha incrementado.

Tabla 6. Desechos de neumáticos en Junín

CANTIDAD DE NEUMATICOS											
JUNIN	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Total de Vehiculos	46 091	47 769	49 404	51 094	53 118	56 237	57 762	61 933	64 576	69 889	103 132
Cant. de Neumaticos	184 364	191 076	197 616	204 376	212 472	224 948	231 048	247 732	258 304	279 556	412 528
SBR reutilizada (4%)	7 375	7 643	7 905	8 175	8 499	8 998	9 242	9 909	10 332	11 182	16 501

Fuente: Superintendencia Nacional de los Registros Públicos.

2.2.8. Pavimentos

Definición

Los pavimentos se denominan flexibles o rígidos. El comportamiento de los mismos al aplicarles cargas es muy diferente. Una buena distribución de las cargas produce tensiones muy bajas en la subrasante debido a la consistencia de la superficie de rodadura de un pavimento rígido. Las mayores deformaciones y tensiones en la subrasante se producen cuando la superficie de rodadura tiene menos rigidez tal es el caso de los pavimentos flexibles. (Miranda, 2010)

Elementos estructurales que integran un pavimento

- Base

La base es la capa situada debajo de la carpeta (pavimento flexible). Su función es eminentemente ser resistente, absorbiendo la mayor parte de los esfuerzos verticales y su rigidez o su resistencia a la deformación bajo las sollicitaciones repetidas del tránsito suele corresponder a la intensidad del tránsito

pesado. Así, para tránsito medio y ligero se emplean las tradicionales bases granulares, pero para tránsito pesado se emplean ya materiales granulares tratados con un cementante. (Miranda, 2010)

Funciones de las capas granulares – pavimento flexible

• Resistencia a cargas producidas por vehiculos

La principal y fundamental función de la base granular es aportar resistencia al elemento para que este transmita los esfuerzos, que son provocados por el tránsito, a las otras capas.

• Económica

En relación a la carpeta asfáltica, la base es una capa muy cercana a la superficie, siendo esta quien recibirá directamente los esfuerzos de tránsito, es por ello que es necesario tener una buena calidad de materiales que constituyen esta capa, en consecuencia, el costo monetario de esta capa se considera alto.

• Superficie de rodamiento

Es necesario que la carpeta se caracterize por una textura y color conveniente, uniformidad y estabilidad en su superficie con el fin de que pueda resistir cargas de tránsito, así como el efecto abrasivo que este emite.

• Impermeabilidad

Esta capa debe de evitar que el agua se filtre o pase al interior del pavimento.

• Resistencia a la tensión

Esta función complementa la capacidad estructural del pavimento.

En la siguiente tabla se muestra los parámetros de las propiedades fundamentales del material para base granular.

Tabla 7. Propiedades fundamentales del material para base granular

ENSAYO	NORMA INV	BASE GRANULAR
Desgaste de Los Ángeles (%)	E-218	35 máx
Desgaste Micro-Deval (%)	E-238	25 máx
Resistencia en prueba de 10% de finos (KN)	E-224	90 máx
Terrones de arcilla y partículas deleznableles (%)	E-211	2 máx
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de sodio (%)	E-220	12 máx
Límite líquido	E-125	-
Índice plástico	E-126	NP
Equivalente de arena	E-133	30 máx
Índices de alargamiento y aplastamiento	E-230	35 máx
Partículas con una cara fracturada mecánicamente (%)	E-227	60 máx
Angularidad de la fracción fina	E-239	35 máx
CBR (%)	E-148	80 - 100

Fuente: Manual de pavimentos suelos y geotecnia - MTC

- Sub base

En los pavimentos flexibles, la subbase es la capa situada debajo de la base y sobre la capa subrasante, debe ser un elemento que brinde un apoyo uniforme y permanente al pavimento, cuando se trate de un pavimento rígido, esta capa se ubica inmediatamente abajo de las losas de hormigón, y puede ser no necesaria cuando la capa subrasante es de elevada capacidad de soporte. Su función es proporcionar a la base un cimiento uniforme y constituir una adecuada plataforma de trabajo para su colocación y compactación, también debe ser un elemento permeable para que cumpla una acción drenante, para lo cual es imprescindible que los materiales usados carezcan de finos y en todo caso suele ser una capa de transición necesaria. Esta capa no debe ser sujeta al fenómeno de bombeo y que sirva como plataforma de trabajo y superficie de rodamiento para las máquinas pavimentadoras. En los casos que el tránsito es ligero, principalmente en vehículos pesados, puede prescindirse de esta capa y apoyar las losas directamente sobre la capa subrasante. Se emplean normalmente subbases granulares constituidas por materiales cribados o de trituración parcial, suelos estabilizados con cemento, etc. (Miranda, 2010, p.2)

- Sub rasante

Esta capa debe ser capaz de resistir los esfuerzos que le son transmitidos por el pavimento. Interviene en el diseño del espesor de las capas del pavimento e influye en el comportamiento del pavimento. Proporciona en nivel necesario

para la subrasante y protege al pavimento conservando su integridad en todo momento, aún en condiciones severas de humedad, proporcionando condiciones de apoyo uniformes y permanentes. Con respecto a los materiales que constituyen la capa subrasante, necesariamente deben utilizarse suelos compactables y obtener por lo menos el 95% de su grado de compactación. (Miranda, 2010, p.3)

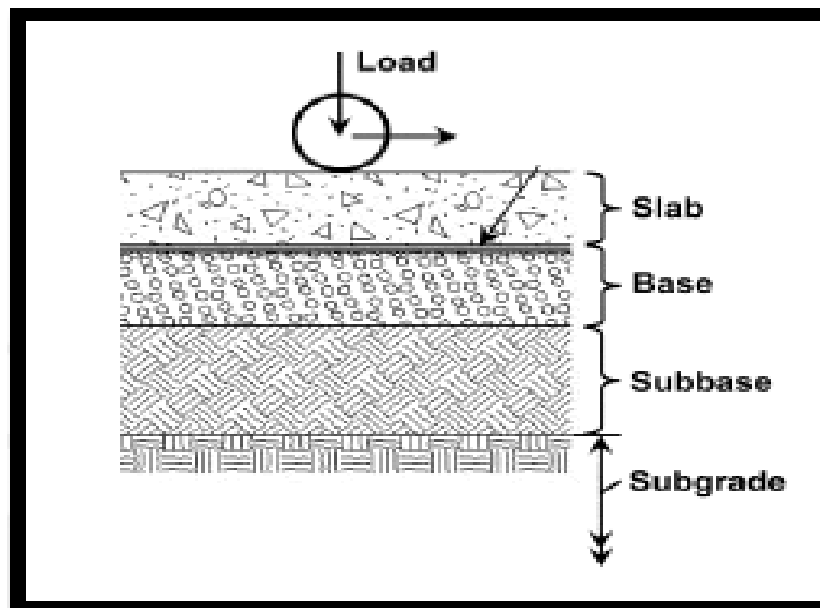


Figura 4. Partes de un pavimento rígido.
Fuente ACI 360-06

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Ensayo in situ:** Como su mismo nombre lo indica son los ensayos que se realizan en el mismo lugar donde se encuentra el suelo que se quiere estudiar para la obtención rápida de los resultados. (Laica, 2016)
- **Estabilización de suelos:** La estabilización es un procedimiento por el cual para tratar de mejorar las propiedades y características del suelo, los suelos naturales son sometidos a determinados tratamientos. (Jiménez, 2010)
- **Estabilización física:** Este tipo de estabilización se caracteriza por mezclar varios tipos de suelos para mejorar la resistencia, debe de ir acompañada de una compactación como complemento. (Jimenez, 2010)
- **Estabilización mecánica:** Es un proceso que se realiza mediante la mezcla de diferentes materiales, con el objetivo de conseguir un nuevo material con

mejores características. Los parámetros que se quieren mejorar son la granulometría y la plasticidad. (Jiménez, citado por Laica, 2016, p.8)

- **Índice de resistencia a la abrasión:** Es la medida de la resistencia de un caucho vulcanizado con la de un estándar bajo condiciones específicas. (Fuentes, 2014)
- **Pirólisis:** Es la degradación del caucho, mediante el calor en ausencia del oxígeno este proceso es un caso especial de la termólisis además es la descomposición química de los materiales, excepto de metales y vidrio. (Luna, 2013)
- **Terracerías:** Las terracerías se definen como los volúmenes de material que se extraen o sirven de relleno para la construcción de una vía terrestre. Los volúmenes retirados a lo largo de la línea de la obra se denominan cortes y los de relleno, terraplenes. La finalidad de los cortes y terraplenes es fijar los niveles y alineamientos del proyecto y satisfacer las especificaciones geométricas. (Díaz, 2016, p.13)
- **Trituración mecánica:** Esto se logra, metiendo los neumáticos reciclados en la maquina donde las llantas son cortadas por unas cuchillas, se trituran las llantas hasta obtener el tamaño requerido luego se utilizan clasificadores magnéticos para separar los acero y los textiles para posteriormente realizar su tamizaje y para finalmente ser almacenado para su venta. En este proceso se obtienen productos de excelente calidad. (Torres, 2014)
- **Trituración criogénica:** Esta trituración se basa en congelar las llantas con nitrógeno líquido para luego ser golpeadas y poder obtener el caucho en polvo, con la liberación de nitrógeno gaseoso. (Torres, 2014)
- **Termólisis:** Es un sistema donde a los neumáticos se les somete a un calentamiento, en un medio donde no existe oxígeno. Es la descomposición de un elemento al ser sometido a altas temperaturas. Con este método se produce la descomposición del material obteniendo productos con características muy similares al caucho virgen. (Luna, citado por Laica, 2016, p.19)

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. Hipótesis General

La fibra de caucho mejora las propiedades mecánicas de la base granular de los pavimentos de la ciudad de Huancayo.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- a) La fibra de caucho eleva el óptimo contenido de humedad de la base granular de los pavimentos.
- b) La fibra de caucho disminuye la máxima densidad seca de la base granular de los pavimentos.
- c) La fibra de caucho mejora la base granular de los pavimentos.

2.5. VARIABLES

2.5.1. Definición conceptual de la variable

A. Variable independiente (X)

- a) **Fibra de caucho:** El caucho es un material de reutilización con el fin de crear nuevos productos.

B. Variable dependiente (Y)

- a) **Propiedades mecánicas de la base granular:** Es la capa inferior de la rodadura, que tiene como principal función de sostener, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito. Esta capa será de material granular drenante (CBR ~ 80%-100%) o será tratada con asfalto, cal o cemento. Su altura o espesor dependerá del diseño, estudio de tráfico, tipo de carretera y del valor CBR obtenido previamente en los ensayos de laboratorio. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. 2013^a).

2.5.2. Definición operacional de la variable

A. Variable independiente (X)

a) **Fibra de caucho:** Las fibras de caucho puro se emplean en superficies deportivas, losetas de seguridad y otros productos. Se divide en caucho natural y caucho sintético.

B. Variable dependiente (Y)

a) **Propiedades mecánicas de la base granular:** Son propiedades que se manifiestan al aplicar una fuerza en la base granular compactada, por lo que se refiere a la capacidad de resistir acciones de carga teniendo en cuenta el óptimo contenido de humedad, la máxima densidad seca y el mejoramiento que se pueda dar.

$$Y=F(X)$$

2.5.3. Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable Independiente Fibra de caucho	El caucho es un material de reutilización con el fin de crear nuevos productos.	Las fibras de caucho puro se emplean en superficies deportivas, losetas de seguridad y otros productos. Se divide en caucho natural y caucho sintético.	Caucho natural	Látex
			Caucho Sintético	Refinados petrolíferos
Variable Dependiente Propiedades mecánicas de la base granular	Es la capa inferior de la de rodadura, que tiene como principal función de sostener, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito. Esta capa será de material granular drenante (CBR ~ 80%-100%) o será tratada con asfalto, cal o cemento. Su altura o espesor dependerá del diseño, estudio de tráfico, tipo de carretera y del valor CBR obtenido previamente en los ensayos de laboratorio.	Son propiedades que se manifiestan al aplicar una fuerza en la mezcla asfáltica compactada, por lo que se refiere a la capacidad de resistir acciones de carga teniendo en cuenta el óptimo contenido de humedad, la máxima densidad seca y el mejoramiento que se pueda dar.	Óptimo contenido de humedad	Índice de plasticidad %
			Máxima densidad seca	Adición de desperdicio
			Mejoramiento	Estabilizadores

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. MÉTODO GENERAL

La investigación aplicó como método general el método científico, para lograr alcanzar los objetivos, se entiende que el método científico es la directriz para todo estudio de nivel científico en el que los instrumentos responden a las diferentes ciencias. Para el estudio el método científico logró determinar que la fibra de caucho influye en las propiedades mecánicas de la base granular de los pavimentos de la ciudad de Huancayo.

3.1.2. MÉTODOS ESPECÍFICOS

- Deductivo, en el estudio se pudo entender el comportamiento de la incorporación del caucho a nivel mundial como importancia para su aplicación a nuestra realidad local.
- Inductivo, proceso que va de la observación de hechos y llegar a las conclusiones, va de particular a lo general.
- Analítico, desarticulación material de un todo en partes, observando sus características que integran su composición.
- Sintético, consiste en la agrupación de diversos elementos en un todo.

3.2. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

La siguiente investigación fue de tipo aplicada, también conocida como diseño o innovación, tiene como propósito la solución de los problemas de la sociedad aplicando los resultados de la investigación experimental para diseñar tecnologías de aplicación inmediata, buscando eficiencia y productividad.

3.3. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

El nivel de la presente investigación fue explicativo, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables.

3.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo fue una investigación de diseño experimental – cuasi experimental y los diseños cuasiexperimentales manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto sobre las variables dependientes.

3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.5.1. Población

La población está conformado por los agregados para base granular de la cantera de San Juan de Iscos.

3.5.2. Tipo de muestreo

El Tipo de muestreo fue el no probabilístico o por conveniencia; el procedimiento no se basa en formulas de probabilidad sino en la toma de decisiones del investigador y las causas relacionadas con las características de la investigación.

3.5.3. Muestra

Se realizó 4 ensayos para el proctor modificado y C.B.R.

3.6. TIPO DE MUESTREO

Tipo de muestreo no probabilístico, por conveniencia; el procedimiento no se basa en formulas de probabilidad sino en la toma de decisiones del

investigador y las causas relacionadas con las características de la investigación.

3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.7.1. Técnicas de recolección de datos

- Medición, es la información cuantificada o numérica de una característica del fenómeno a estudiar con la ayuda de la observación.
- Experimentación, proceso en el cual se miden y encuentran las relaciones de los fenómenos a partir de las condiciones necesarias de la naturaleza.

3.7.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos fueron: tamices estandarizados, moldes, mordazas, herramientas manuales, balanzas, horno de secado, pisón de compactación, regla metálica, prensa mecánica, disco espaciador, expansiómetro, pesas anulares y ranuradas, pistón de penetración metálico, diales, tanques de agua.

3.8. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Los datos de la caracterización fueron almacenados y procesados en el software Microsoft Excel luego de eso se procederá a analizarlos para su presentación en tablas y gráficos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1.RESULTADOS DE LOS INDICADORES SEGÚN LABORATORIO - PRESENTACIÓN DE TABLAS Y GRÁFICOS

4.1.1. MTC E 105. obtención en laboratorio de muestras representativas (cuarteo)

➤ Equipos

- Tamices que cumplan con la NTP 350.00; tamiz 4,75mm (N°4), tamiz 2,00 mm (N°10) y tamiz 0,425 mm (N°40).
- Mortero con su mazo cubierto de caucho en la parte inferior.
- Cuarteador o aparato para la separación de las muestras.
- Lona para cubrir aproximadamente 2m x 2,5 m.
- Pala, cucharon metalico o badilejo para manejar el material.
- Varilla metalica de longitud apropiada.

➤ Procedimiento

- Cuando el material este en laboratorio dejarla secar a la intemperie y no en un horno.
- Colocar la muestra en una superficie dura, limpia y horizontal evitando cualquier perdida de material.
- Cuando la muestra este en la intemperie deshacer los terrones que existan con la ayuda de una comba de goma.

- Una vez que la muestra este seca, mezclarla continuamente hasta formar un cono, repetir esta operación cuatro veces.
- Se aplana y extiende el material hasta darle una base circular, espesor y diámetro uniforme.
- Por ultimo dividir el material en cuatro partes iguales y conservar dos cuartos, repetir esta operación hasta obtener la cantidad de muestra requerida.



Figura 5. Cuarteo de muestra representativa.
Fuente: propia

4.1.2. MTC E 108. determinación del contenido de humedad de un suelo

➤ Equipos

- Horno de secado termostáticamente controlada capaz de mantener una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
- Balanza de 0,01g para muestras de menos de 200g y 0,1g para muestras de mas de 200g.

➤ Procedimiento

- Obtener una muestra representativa por el método de cuarteo para realizar este ensayo.
- Según la tabla del MTC E 108 nos indica la cantidad de peso del espécimen respecto a la misma, la muestra presenta el tamaño máximo de particula de $\frac{3}{4}$ " y la cantidad minima de espécimen a seleccionar es de 250 g.
- Enumerar el recipiente donde se coloca el espécimen de ensayo húmedo.

- Utilizar una balanza con precisión al 0.01g., registrar y determinar el peso de cada recipiente y material húmedo.
- Secar el material húmedo en un horno controlado a 110±5°C en un periodo de 12 a 16 hrs, hasta obtener un peso constante.
- Después de cumplir el tiempo de secado retirar el recipiente del horno y ponerlo a temperatura ambiente.
- Registrar el peso del recipiente y el material secado en horno.
- Obtenido los datos necesarios del material se calcula el contenido de humedad de la muestra mediante la siguiente formula:

$$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

A. Resultados del ensayo de determinación del contenido de humedad de un suelo

Los resultados obtenidos del contenido de humedad para la muestra se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 8. Resultados de ensayo de contenido de humedad

Descripcion	1
Peso de tara (gr)	
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	856.0
Peso de la tara + muestra seca (gr)	800.0
Peso del agua contenida (gr)	56.0
Peso de la muestra seca (gr)	800.0
Contenido de Humedad (%)	7.0
Contenido de Humedad Promedio (%)	7.0

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

El contenido de humedad de la muestra representativa de la cantera del distrito de Iscos representa un porcentaje de 7.0%, permitiendo trabajar normalmente.

4.1.3. MTC E 107. Análisis granulométrico de suelos por tamizado

➤ Equipos

- Dos balanzas, una con sensibilidad de 0,01g para pesar material que pase el tamiz de 4,76mm (N°4) y otra con sensibilidad de 0,1% del peso de la muestra para pesar los materiales retenidos en el tamiz de 4.76 mm (N°4).
- Estufa capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta de $110\pm 5^{\circ}\text{C}$.

➤ Procedimiento

- La muestra de suelo de campo se debe exponer al aire en un cuarto temperado, hasta su secado total.
- De existir terrones de suelo se desmenuzan utilizando un mortero.
- El tamaño de la porción que pasa el tamiz 4.76 mm (N°4) fue 115g. para suelos arenosos y de 65g. para suelos arcillosos y limosos.
- Análisis por medio de tamizado de la fracción retenida en el tamiz de 4.76 mm (N°4)
 - Una vez que el material este seco se procede a pesarla.
 - Separar la porción de muestra retenida en el tamiz de 4.76mm(N°4) en una serie de fracciones usando los tamices 3", 2", 1 ½", 1", 3/4 ", 3/8", N°4.
 - Una vez que la muestra este en los tamices realizar el tamizado durante un minuto moviendo de un lado a otro y en circunferencias de forma que la muestra se mantenga en movimiento sobre la malla.
 - Terminado el tamizado se determina el peso de cada fracción en una balanza con una sensibilidad de 0.1%. La suma de los pesos de todas las fracciones y el peso inicial de la muestra no debe diferir en mas de 1%.
- Análisis granulométrico de la fracción fina
 - Se coloca la muestra en un recipiente apropiado, cubriéndola con agua y se deja en remojo hasta que todos los terrones se ablanden.
 - Lavar la muestra sobre el tamiz de 0,074 mm (N°200) con abundante agua evitando frotarla contra el tamiz y tener cuidado de que no se pierda ninguna partícula de las retenidas en él.
 - Recoger lo retenido en un recipiente y secar en el horno a una temperatura de $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ y se pesa.
 - Se procede a tamizar con las mallas estandarizadas.

- Pesar el material retenido en cada tamiz.



Figura 6. Granulometría por tamizado.
Fuente: propia

A. Resultados del análisis granulométrico de suelos por tamizado

Después de seguir el procedimiento que nos indica el Ministerio de Transportes y Comunicaciones se realizó el tamizado de la muestra traída de la cantera de Iscos utilizando los tamices estandarizados ASTM, y se obtuvo el peso retenido en cada tamiz y el peso pasante de las mismas las cuales generaron la tabla y el gráfico que se presentan a continuación.

Tabla 9. Resultados del análisis granulométrico por tamizado

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa
5"	127.000				
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				100.0
1 1/2"	38.100	198.0	4.5	4.5	95.5
1"	25.400	225.0	5.1	9.7	90.4
3/4"	19.000	650.0	14.8	24.5	75.5
1/2"	12.700	985.0	22.5	46.9	53.1
3/8"	9.520	560.0	12.8	59.7	40.3
1/4"	6.350	225.0	5.1	64.8	35.2
N° 4	4.750	210.0	4.8	69.6	30.4
N° 8	2.360	178.0	4.1	73.7	26.3
N° 10	2.000	38.0	0.9	74.6	25.5
N° 16	1.190	102.0	2.3	76.9	23.1
N° 20	0.850	80.0	1.8	78.7	21.3
N° 30	0.600	85.0	1.9	80.6	19.4
N° 40	0.420	155.0	3.5	84.2	15.8
N° 50	0.300	140.0	3.2	87.4	12.6
N° 60	0.250				
N° 80	0.180	145.0	3.3	90.7	9.3
N° 100	0.150	35.0	0.8	91.5	8.5
N° 200	0.074	40.0	0.9	92.4	7.6
Pasante		334.0	7.6	100.0	

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

Después de haber realizado el ensayo de granulometría y obtenido los resultados se observó que la granulometría cumple con los parámetros exigidos por la norma, observamos que el porcentaje de retenido acumulado es menor al 30% en el tamiz 3/4", llegando a determinar el método "C" del ensayo proctor modificado.

A continuación se presenta la curva granulométrica de la muestra patrón:

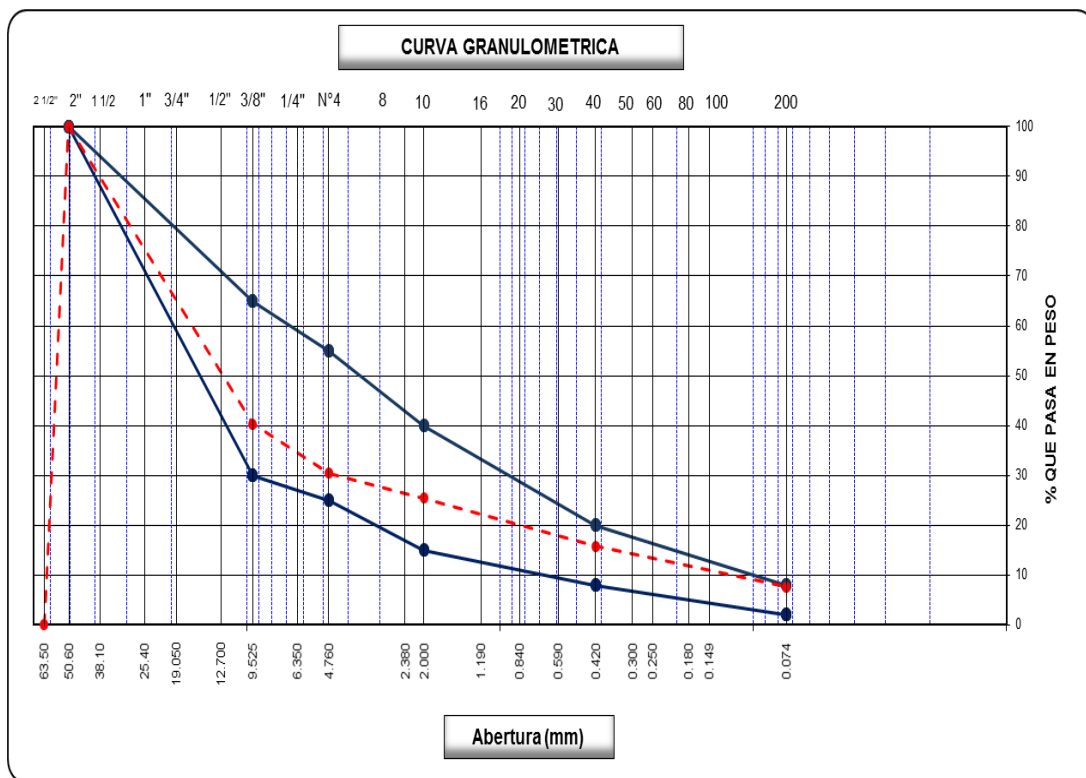


Figura 7. curva granulométrica de material para base granular.

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

4.1.4. MTC E 110. Determinación de límite líquido de los suelos

➤ Equipos y materiales

- Recipientes para almacenar.
- Copa Casagrande
- Acanalador
- Calibrador
- Recipientes
- Balanza con precisión de 0,01 g.
- Estufas controlada que pueda conservar temperaturas de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ para secar la muestra.
- Espátula.

➤ Procedimiento

- Tomar una muestra representativa de 150 g a 200 g de material pasante del tamiz N°40.
- Mezclar la muestra con agua hasta obtener una masa uniforme.

- Determinar el límite líquido mediante el uso de la copa Casagrande, en el punto en que la copa descansa sobre la base, presionándola, y esparciéndola en la copa hasta una profundidad de aproximadamente 10 mm en su punto más profundo.
- Cubrir el recipiente con un paño para retener la humedad en la muestra.
- Utilizando el acanalador, dividir la muestra contenida en la copa, haciendo una ranura a través del suelo siguiendo una línea que una el punto más alto y el punto más bajo sobre el borde de la copa.
- Levantar y soltar la copa girando el manubrio a una velocidad de 1,9 a 2,1 golpes por segundo hasta que las dos mitades de suelo estén en contacto en la base de la ranura una longitud de 13 mm (1/2 pulg).
- Registrar el número de golpes necesarios para cerrar la ranura. Tomar una tajada de suelo de aproximadamente de ancho de la espátula, extendiéndola de extremo a extremo de la torta de suelo en ángulos rectos a la ranura e incluyendo la porción de la ranura en la cual el suelo se deslizó en conjunto, colocarlo en un recipiente de peso conocido, y cubrirlo.
- Mezclar nuevamente todo el espécimen de suelo en el plato de mezclado añadiéndole agua destilada para aumentar su contenido de humedad y disminuir el número de golpes necesarios para cerrar la ranura.
- Colocar las muestras en recipientes en el horno de temperatura controlada.
- Pasado 24 horas retirar las muestras del horno pesarlas y registrar los pesos.

A. Resultados del ensayo de determinación de límite líquido de los suelos

Después de haber realizado el ensayo para determinar el límite líquido, los datos obtenidos fueron necesarios para la clasificación del suelo en el sistema SUCS y AASHTO.

A continuación se presenta la tabla de determinación de límite líquido para la muestra.

Tabla 10. Resultados del ensayo de determinación de límite líquido de los suelos

N° de Tarro		
Peso de Tarro+Suelo Húmedo	gramo.	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gramo.	
Peso de Tarro	gramo.	
Peso de Agua	gramo.	
Peso del Suelo Seco	gramo.	Límite Líquido
Contenido de Humedad	porcentaje	NP
Número de Golpes		

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

Los resultados del ensayo de determinación de límite líquido de los suelos no presenta límite líquido, esto se debe a que la composición del material escogido presenta mayor porcentaje de grava y un mínimo porcentaje de arcilla el cual no cumple con los requisitos de la norma.

4.1.5. MTC E 111. Determinación del límite plástico (L.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.)

➤ Equipos y materiales

- Espátula
- Recipientes de porcelana o similar.
- Balanza con precisión a 0.01 g.
- Horno o estufa termostáticamente controlado de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
- Tamiz N°40.
- Vidrios de reloj o recipientes adecuados para determinación de humedades.

➤ Procedimiento

- Tomar 20 g de la muestra que pase por el tamiz de N°40 para el ensayo de límite líquido.
- Se amasa con agua destilada hasta que pueda formarse con facilidad una esfera con la masa de suelo. Se toma una porción de 1,5 g a 2,0 g de dicha esfera como muestra para el ensayo.
- Se moldea la mitad de la muestra en forma de elipsoide y, a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros.

- Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3,2 mm (1/8") no se ha desmoronado, se vuelve a hacer una elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro.
- Pesar la fracción obtenida.
- Se continúa el proceso hasta reunir unos 6 g de suelo y se determina la humedad de acuerdo con la norma MTC E 108.
- Colocar las muestras en el horno a una temperatura controlada de 110±5°C.
- Pesar las muestras cumplida las 24 horas de secado, calcular el límite plástico mediante la siguiente fórmula.

$$\text{límite plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

A. Resultados del ensayo de determinación de límite plástico (L.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.)

Los datos obtenidos fueron necesarios para la clasificación del suelo en el sistema SUCS y AASHTO.

A continuación se presenta la tabla de determinación de límite plástico e índice de plasticidad para la muestra.

Tabla 11. Resultados del ensayo de determinación de límite plástico e índice de plasticidad de los suelos

N° de Tarro		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	
Peso de Tarro	gr.	
Peso de Agua	gr.	
Peso de Suelo seco	gr.	NP
Contenido de Humedad	%	

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

Los resultados del ensayo de determinación de límite plástico e índice de plasticidad de los suelos no presenta estos ensayos, esto se debe a que la

composición del material escogido presenta mayor porcentaje de grava y un mínimo porcentaje de arcilla el cual no cumple con los requisitos de la norma.

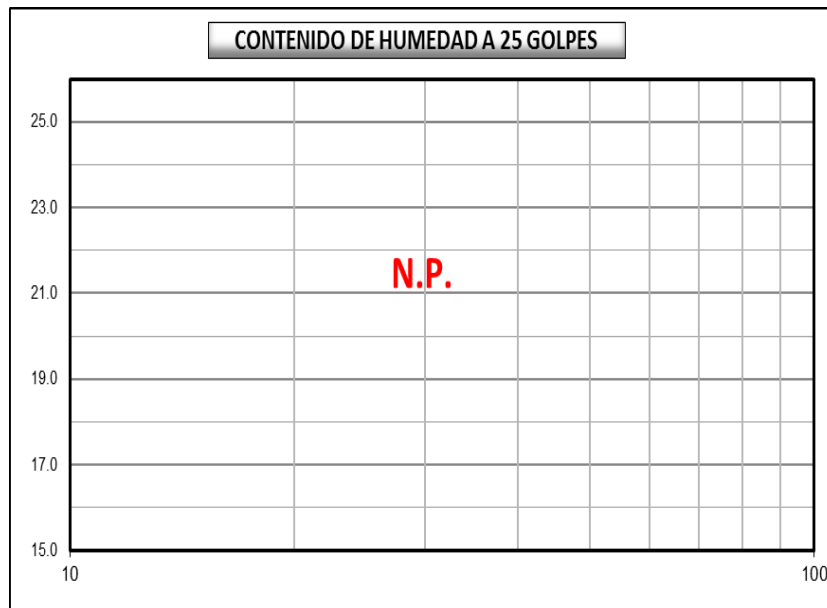


Figura 8. contenido de humedad a 25 golpes.

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

4.1.6. MTC E 115. Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (proctor modificado)

➤ Equipos y materiales

- Ensamblaje de molde, los moldes deben de ser cilíndricos hechos de materiales rígidos.
- Moldes con las características requeridas para el ensayo.
- Pison manual equipado con una guía que tenga suficiente espacio libre para que la caída del pison y la cabeza no sea restringida.
- Balanza con precisión de 1 gramo.
- Horno de secado capaz de mantener una temperatura uniforme de $110\pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Regla metálica de longitud conveniente.
- Tamices estandarizados.
- Herramientas de mezcla como cucharas, morteros, mezclador, paleta, espátula, etc.

➤ **Procedimiento**

- La masa de la muestra requerida para el método A y B es aproximadamente 16 kg y para el método C es aproximadamente 29 kg de suelo seco.
- Determinar el porcentaje de material retenido en la malla N°4, 3/8" y 3/4" para escoger el método a realizar.
- Escoger el método de acuerdo a los parámetros que indican cada uno de ellos en base a los porcentajes de retenido acumulado en los tamices estandarizados.
- Se utilizara el método "C", porque el porcentaje de retenido acumulado es <30% en el tamiz 3/4".
- Sin secado previo de la muestra, pasarla a través del tamiz 19,0mm (3/4"). Determine el contenido de agua del suelo procesado.
- Preparar preferiblemente cinco especímenes con contenidos de agua lo más cercano al óptimo estimado. Seleccionar los contenidos de agua para el resto de los especímenes de tal forma que resulten por lo menos dos especímenes húmedos y dos secos con variación del 2% para definir exactamente la curva de compactación del peso seco unitario.
- Usar 5,9 kg del suelo tamizado en cada espécimen que se compacta.
- Determinar y anotar la masa del molde y el plato de base.
- Apoyar el plato base a un cimiento rígido.
- Antes de la compactación colocar el suelo suelto dentro del molde y extenderlo en una capa de espesor uniforme.
- Compactar cada capa con 56 golpes para el molde de 6 pulgadas.



Figura 9. Compactación de la muestra.
Fuente: propia

- Terminada la compactación remover el collar y plato base del molde.
- Cuidadosamente enrasar el espécimen compactado, por medio de una regla recta a través de la parte superior e inferior del molde para formar una superficie plana.
- Determinar y registrar la masa del espécimen y molde con aproximación al gramo.



Figura 10. peso de la muestra.
Fuente: propia

- Remover el material del molde y obtener un espécimen para determinar el contenido de agua.
- Calcular el peso unitario seco y contenido de agua para cada espécimen compactado.

A. Resultados de ensayo de compactacion de suelos en laboratorio utilizando una energia modificada (proctor modificado)

Para determinar el método por el cual se realizará el Ensayo de Proctor Modificado, se empleó el manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC E115, y de acuerdo a la granulometría se realizó este ensayo por el método C.

La siguiente tabla viene presentada por los resultados que se obtuvieron del ensayo realizado en laboratorio.

Tabla 12. Resultados de ensayo proctor modificado en muestra patrón

Molde N° 1	Diametro Molde		Peso Molde			m3.	N° de capas	
	4"	6"	2858				5	
	Metodo		Volumen Molde			gr.	N° de golpes	
	A	B	C	2121			56Glp.	
NUMERO DE ENSAYOS			1	2	3	4		
Peso Suelo + Molde	gr.		7,595	7,835	7,850	7,750		
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.		4,737	4,977	4,992	4,892		
Peso Volumetrico Humedo	gr.		2.233	2.347	2.354	2.306		
Recipiente Numero			1	2	3	4		
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.		163.2	175.6	152.3	139.5		
Peso Suelo Seco + Tara	gr.		156.5	165.6	140.9	126.5		
Peso de la Tara	gr.							
Peso del agua	gr.		6.7	10.0	11.4	13.0		
Peso del suelo seco	gr.		157	166	141	127		
Contenido de agua	%		4.3	6.0	8.1	10.3		
Densidad Seca	gr/cc		2.141	2.214	2.178	2.091		
RESULTADOS								
Densidad Máxima Seca			2.22	(gr/cm3)	Humedad óptima		6.3	%

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

Habiendo determinado el método a realizar el ensayo de proctor modificado y el número de golpes se realiza el procedimiento correspondiente para finalmente obtener los resultados, en el cuadro se observó que se realizó los pesos de las muestras tal como indica el manual, llegando a obtener como máxima densidad seca de 2.22 gr/cm³ y el óptimo contenido de humedad de 6.3%. A continuación se presenta la figura de los resultados obtenidos.

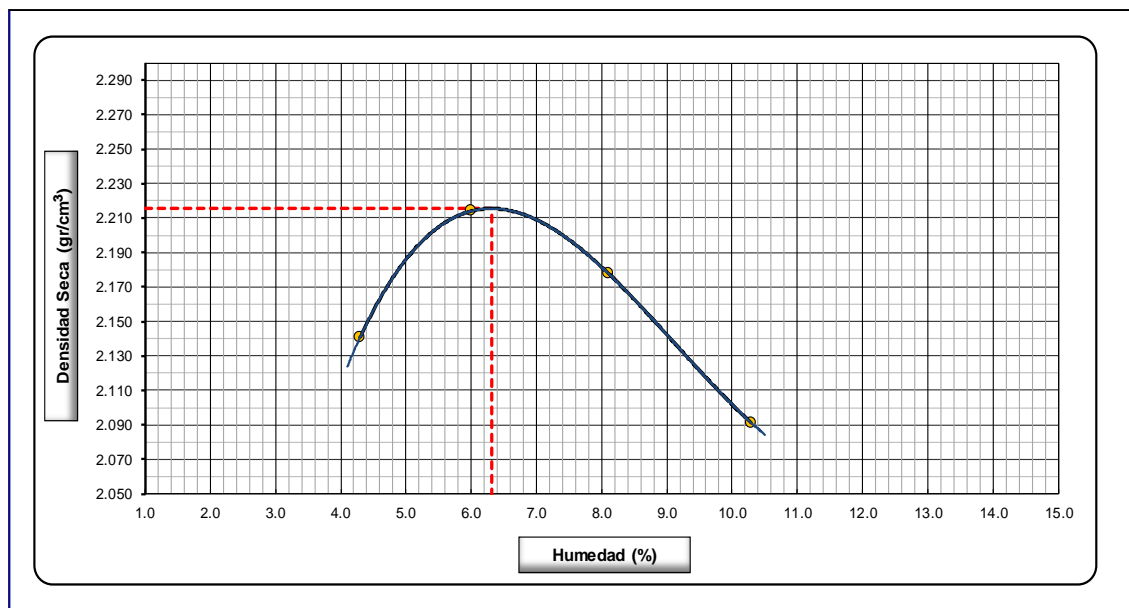


Figura 11. curva relación humedad - densidad seca en muestra patrón.

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

Tabla 13. Máxima densidad seca – Óptimo contenido de humedad

PROCTOR MODIFICADO (MUESTRA PATRÓN)	
Máxima Densidad Seca (gr/cm³)	2.22
Óptimo Contenido de Humedad (%)	6.30

Fuente: propia

4.1.7. MTC E 132. C.B.R. de suelos (laboratorio)

➤ Equipos y materiales

- Prensa mecánica utilizada para forzar la penetración de un pistón en el espécimen.
- Molde de metal cilíndrico de 6" de diámetro y 7" de altura provisto de un collar de metal suplementario de 2" de altura y una base perforada de 3/8" de espesor.
- Disco espaciador de metal de forma circular de 5" de diámetro exterior y 2.416" de espesor para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación.
- Pison de compactación.
- Aparato medidor de expansión compuesto por una placa metálica perforada con sistema de tornillo que permita regular su altura y un trípode que se apoye en el borde de los moldes con un dial (deformímetro) en el centro cuyo vástago coincida con el de la placa de forma que permita controlar la posición y medir la expansión con aproximación de 0,025 mm.
- Pesas anulares y ranuradas.
- Pistón de penetración metálico de sección transversal circular.
- Dos diales con recorrido mínimo de 25mm (1") y divisiones lecturas en 0,025 mm.
- Tanque con capacidad suficiente para la inmersión de los moldes en agua.
- Estufa controlada capaz de mantener una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Balanzas, una de 20 kg de capacidad y otra de 1000 g. con sensibilidad de 1g. y 0,1g.
- Tamices N°4, 3/4", 2".
- Misceláneos de uso general como cuarteador, mezclador, capsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc.

➤ Procedimiento

- Secar el material granular a temperatura ambiente.
- Cuando mas del 7.5.% en peso de la muestra pase por el tamiz de 19,1 mm (3/4") se utiliza para el ensayo el material que pasa por dicho tamiz la cual si cumple con nuestros ensayos.
- De la muestra asi preparada se toma la cantidad necesaria para el ensayo de apisonado, mas unos 5 kg por cada molde CBR.



Figura 12. Preparación de muestra para CBR.

Fuente: propia

- Se pesa el molde con su base, se coloca el collar y el disco espaciador y sobre este un disco de papel de filtro grueso del mismo diámetro.
- Una vez preparado el molde, se compacta el espécimen en su interior, utilizando en cada molde la proporción de agua y la energía (número de capas y de golpes en cada capa) necesarias para que el suelo quede con la humedad y densidad deseadas. Para suelos granulares, la prueba se efectúa dando 55, 26 y 12 golpes por capa y con contenido de agua correspondiente a la óptima. Las curvas se desarrollan para 55, 26 y 12 golpes por capa, con diferentes humedades, con el fin de obtener una familia de curvas que muestran la relación entre el peso específico, humedad y relación de capacidad de soporte.



Figura 13. Compactación de la muestra para CBR.
Fuente: propia

- Terminada la compactación se quita el collar y se enrasa el espécimen por medio de una regla metálica, se desmonta el molde y se vuelve a montar invertido sin disco espaciador y pesar.



Figura 14. Peso de material compactado.
Fuente: propia

- Una vez pesada la muestra determinar la densidad y la humedad de la muestra.

- Se desmonta el molde y se vuelve a montar invertido sin disco espaciador colocando un papel filtro entre el molde y la base y pesar.
- Durante la inmersión se coloca sobre la superficie de la muestra invertida la placa perforada con vástago y sobre ésta los anillos necesarios para completar una sobrecarga que produzca una presión equivalente a la originada por todas las capas de materiales que hayan de ir encima del suelo que se ensaya, la aproximación quedará dentro de los 2,27 kg correspondientes a una pesa. En ningún caso, la sobrecarga total será menor de 4,54 kg.



Figura 15. Muestra sumergida en agua y medición con el deformímetro.
Fuente: propia

- Tomar la primera lectura con el deformímetro para medir el hinchamiento de la muestra sumergida en agua.
- Transcurrido las 96 horas (4 días) se lee el deformímetro para medir el hinchamiento y calcular el porcentaje del mismo.
- Para la penetración de la muestra se aplica una sobrecarga para producir una intensidad de carga igual al peso del pavimento (con $\pm 2,27$ kg de aproximación) pero no menor de 4,54 kg.
- Se monta el dial medidor de manera que se pueda medir la penetración del pistón y se aplica una carga de 50N (5 kg) para que el pistón asiente. Se aplica

la carga sobre el pistón de penetración con una velocidad de penetración uniforme de 1,27 mm (0,05") por minuto.



Figura 16. Aplicación de carga sobre la muestra.
Fuente: propia

A. Resultados del ensayo de C.B.R. de suelos (laboratorio)

Este ensayo se realizó con el objetivo de determinar si el material utilizado para base granular está dentro de los parámetros exigidos por el manual de carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Tabla 14. Ensayo CBR en muestra patrón

CALCULO DEL CBR			
Molde N°	10	11	12
Capas N°	5	5	5
Golpes por capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13650.0	13250.0	13150.0
Peso de molde (g)	8582.0	8388.0	8538.0
Peso del suelo húmedo (g)	5068.0	4862.0	4612.0
Volumen del molde (cm ³)	2135.0	2134.0	2135.0
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.374	2.278	2.160
Tara (N°)			
Peso suelo húmedo + tara (g)	680.0	565.0	543.0
Peso suelo seco + tara (g)	637.0	529.0	508.0
Peso de tara (g)			
Peso de agua (g)	43.0	36.0	35.0
Peso de suelo seco (g)	637.0	529.0	508.0
Contenido de humedad (%)	6.8	6.8	6.9
Densidad seca (g/cm ³)	2.223	2.133	2.021

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

Tabla 15. Ensayo CBR en muestra patrón (penetración)

PENETRACION														
PENETRACION		CARGA			MOLDE N°		M-10		MOLDE N°		M-11		M-12	
mm	pulg.	STAND.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000			0				0				0	0	
0.635	0.025			16.0				25.0				23.0		
1.270	0.050			52.0				105.0				46.0		
1.905	0.075			185.0				236.0				70.0		
2.540	0.100	70.3		450.0	1,300	96.0		350.0	900	66.5		150.0	300.0	22.2
3.810	0.150			850.0				750.0				285.0		
5.080	0.200	105.5		1750.0	2,231	109.9		1250.0	1,494	73.6		450.0	568	28.0
6.350	0.250			2120.0				1301.0				450.0		
7.620	0.300			2485.0				1650.0				685.0		
10.160	0.400													
12.700	0.500													

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

Se realizó los procedimientos que nos pide el manual de ensayos, los resultados se obtienen midiendo la penetración y el tiempo, se observó los resultados finales del material granular obtenidas en laboratorio la cual presenta un valor de C.B.R. (California Bearing Ratio) para un ensayo convencional de 56% al 95% y 93.70% al 100%.

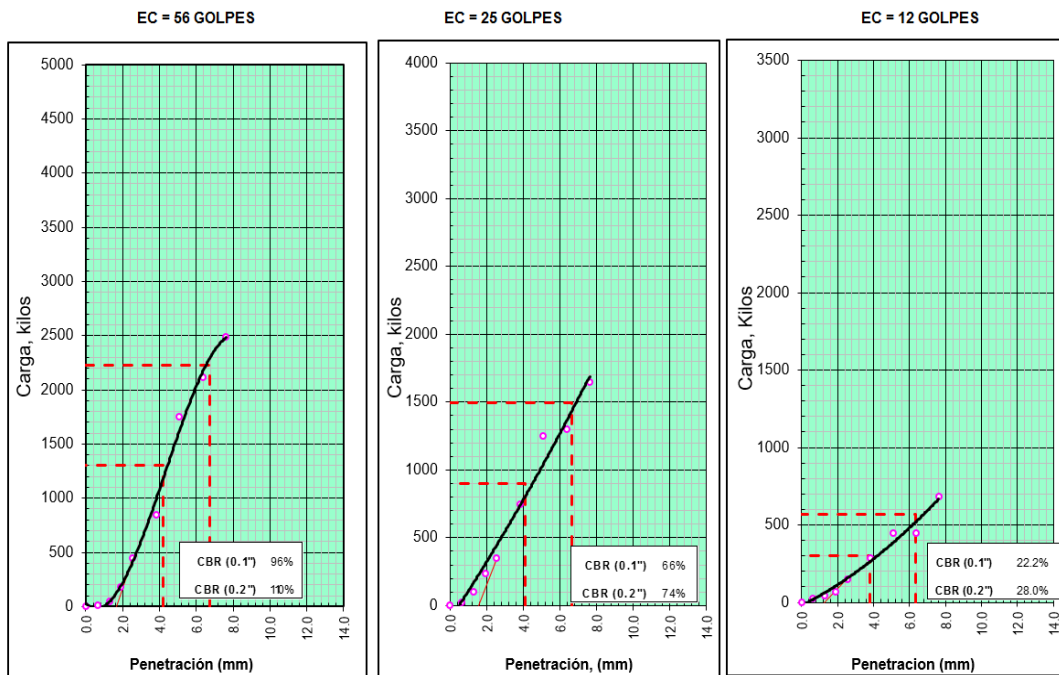


Figura 17. carga vs penetración 56,25 y 12 golpes en muestra patrón.

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

A continuación se presentan la figura 17 de la curva de relación de CBR – densidad seca para la muestra patrón.

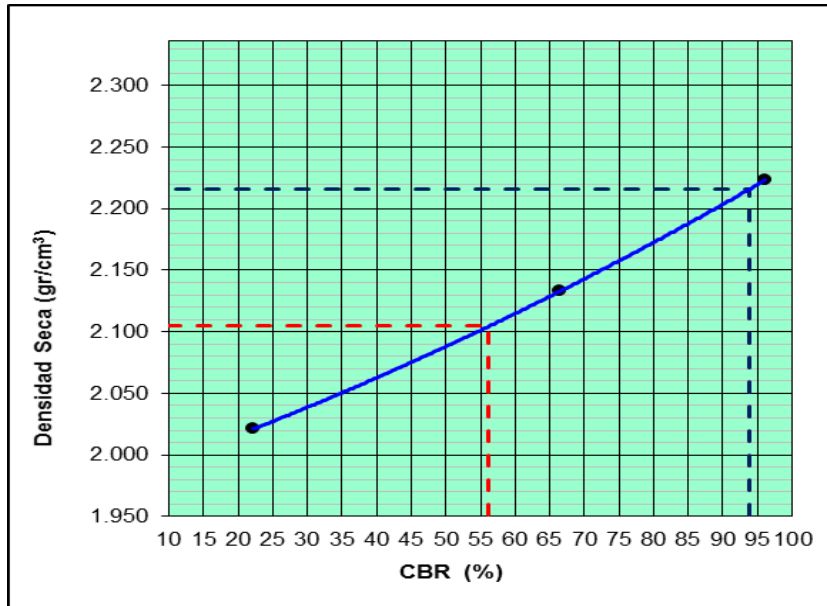


Figura 18. curva relación % CBR - Densidad Seca (gr/cm³) en muestra patrón. Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

Tabla 16. Tabla de expansión

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

Las lecturas del expansiometro no presentaron expansión en la muestra debido a que el material para base granular seleccionado es clasificado por el sistema SUCS como un suelo de grava pobremente gradadas.

Tabla 17. Resultados de ensayo C.B.R. en muestra patrón

ENSAYO C.B.R. PARA MUESTRA PATRON	
CBR al 100% de la MDS (%)	93.70
CBR al 95% de la MDS (%)	56.00

Fuente: propia

4.1.8. Resultados de ensayo de compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (proctor modificado) para material de base granular adicionado con fibras de caucho.

Se preparó la cantidad necesaria de la fibra de caucho obtenida de reciclar el caucho de los vehiculos.



Figura 19. Corte de cámaras de caucho recicladas.
Fuente: propia

Para la obtención de los resultados de proctor modificado del presente ensayo previamente se calculó los diferentes porcentajes de fibra de caucho a adicionar al material para base granular en función del peso total. La adición de los porcentajes de fibra de caucho de 0.5%, 1.5% y 3% se hizo a la muestra patrón en base al peso.



Figura 20. Peso para cada porcentaje de fibra de caucho.
Fuente: propia

A continuación se presentan las tablas y figuras de la curva de relación de humedad – densidad seca para la muestra con adición de fibra de caucho al 0.5%, 1.5% y 3% respectivamente.

A) Resultados primer ensayo proctor modificado

Realizado los ensayos de laboratorio se observó que la adición de la fibra de caucho en un 0.50% en la muestra patrón genera una variación en los resultados disminuyendo en el valor de la máxima densidad seca y aumentando el valor del óptimo contenido de humedad los cuales son de 2.19 gr/cm³ y 6.6% respectivamente, tal como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 18. Resultados de proctor modificado – material granular con fibra de caucho a 0.5%

Molde N° 1	Diametro Molde		Peso Molde			m3.	N° de capas		
	4"	6"	A	B	C		2858	5	
Metodo		A	B	C	Volumen Molde	2121	gr.	N° de golpes	56Glp.
NUMERO DE ENSAYOS				1	2	3	4		
Peso Suelo + Molde				gr.	7,500	7,788	7,820	7,785	
Peso Suelo Humedo Compactado				gr.	4,642	4,930	4,962	4,927	
Peso Volumetrico Humedo				gr.	2.189	2.324	2.339	2.323	
Recipiente Numero					1	2	3	4	
Peso Suelo Humedo + Tara				gr.	165.2	171.7	152.6	142.6	
Peso Suelo Seco + Tara				gr.	158.5	161.5	141.0	129.5	
Peso de la Tara				gr.					
Peso del agua				gr.	6.7	10.2	11.6	13.1	
Peso del suelo seco				gr.	159	162	141	130	
Contenido de agua				%	4.2	6.3	8.2	10.1	
Densidad Seca				gr/cc	2.101	2.186	2.162	2.110	
RESULTADOS									
Densidad Máxima Seca					2.19	(gr/cm3)	Humedad óptima	6.6	%

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

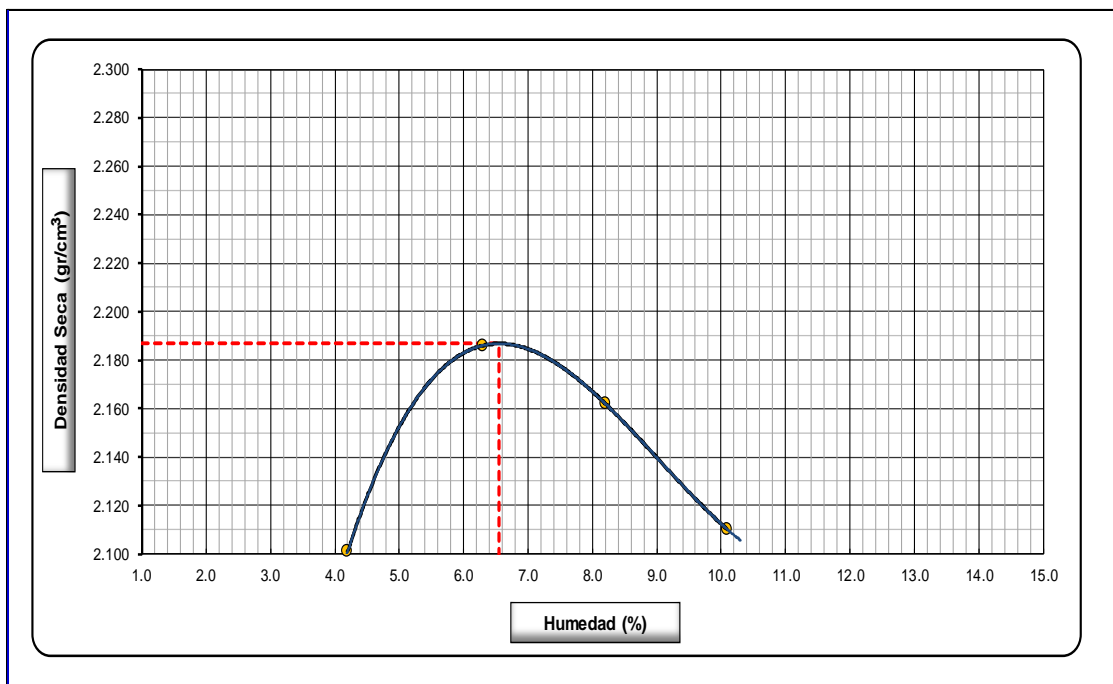


Figura 21. curva relación humedad - densidad seca en muestra con fibra de caucho al 0.5%
Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

Se observó que la adición de la fibra de caucho en un 1.50% en la muestra patrón genera una variación en los resultados disminuyendo en el valor de la máxima densidad seca y aumentando el valor del óptimo contenido de humedad los cuales son de 2.19 gr/cm³ y 6.5% respectivamente, tal como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 19. Resultados de proctor modificado – material granular con fibra de caucho a 1.5%

Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Peso Molde	2858	m3.	N° de capas	5
	Metodo	A	B	C	Volumen Molde	2121	gr.	N° de golpes	56Glp.
NUMERO DE ENSAYOS					1	2	3	4	
Peso Suelo + Molde		gr.	7,485	7,781	7,800	7,765			
Peso Suelo Humedo Compactado		gr.	4,627	4,923	4,942	4,907			
Peso Volumetrico Humedo		gr.	2.182	2.321	2.330	2.314			
Recipiente Numero			1	2	3	4			
Peso Suelo Humedo + Tara		gr.	175.5	175.2	162.6	154.3			
Peso Suelo Seco + Tara		gr.	168.3	165.2	150.2	140.0			
Peso de la Tara		gr.							
Peso del agua		gr.	7.2	10.0	12.4	14.3			
Peso del suelo seco		gr.	168	165	150	140			
Contenido de agua		%	4.3	6.1	8.3	10.2			
Densidad Seca		gr/cc	2.092	2.188	2.151	2.100			
RESULTADOS									
Densidad Máxima Seca			2.19	(gr/cm ³)	Humedad óptima		6.5	%	

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

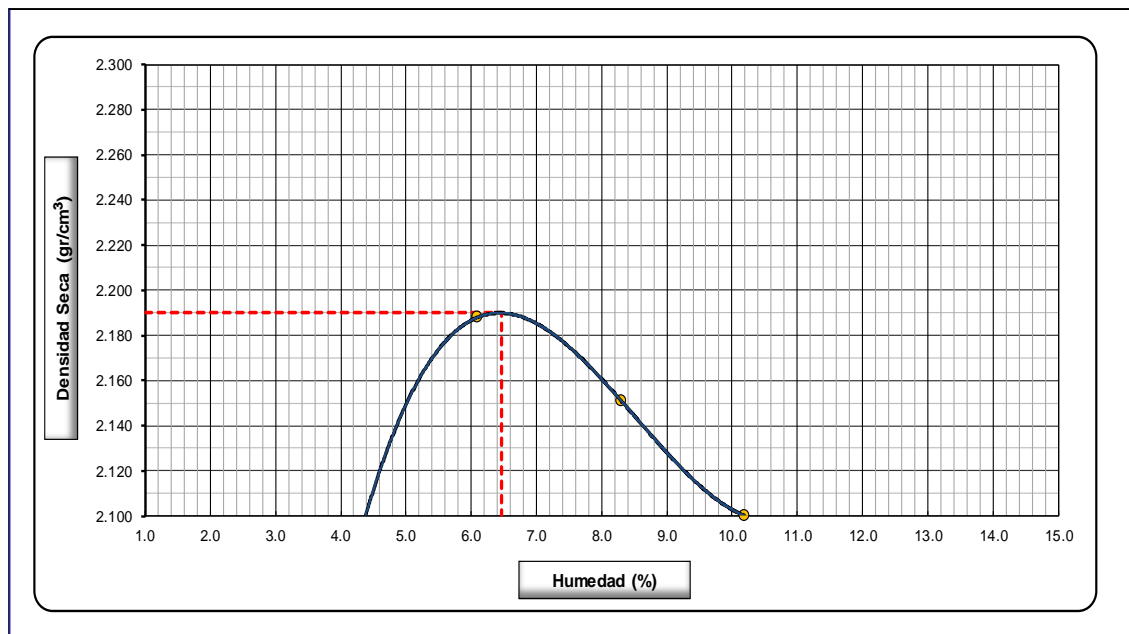


Figura 22. curva relación humedad - densidad seca en muestra con fibra de caucho al 1.5%. Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

Se observó que la adición de la fibra de caucho en un 3.0% en la muestra patrón genera una variación en los resultados disminuyendo en el valor de la máxima densidad seca y aumentando el valor del óptimo contenido de humedad los cuales son de 2.11 gr/cm³ y 6.5% respectivamente, tal como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 20. Resultados de proctor modificado – material granular con fibra de caucho a 3%

Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Peso Molde	2858	m3.	N° de capas	5
	Metodo	A	B	C	Volumen Molde	2121	gr.	N° de golpes	56Glp.
NUMERO DE ENSAYOS					1	2	3	4	
Peso Suelo + Molde		gr.	7,325	7,585	7,610	7,590			
Peso Suelo Humedo Compactado		gr.	4,467	4,727	4,752	4,732			
Peso Volumetrico Humedo		gr.	2.106	2.229	2.240	2.231			
Recipiente Numero			1	2	3	4			
Peso Suelo Humedo + Tara		gr.	135.9	158.8	165.3	165.2			
Peso Suelo Seco + Tara		gr.	130.2	149.8	152.6	150.2			
Peso de la Tara		gr.							
Peso del agua		gr.	5.7	9.0	12.7	15.0			
Peso del suelo seco		gr.	130	150	153	150			
Contenido de agua		%	4.4	6.0	8.3	10.0			
Densidad Seca		gr/cc	2.017	2.103	2.068	2.028			
RESULTADOS									
Densidad Máxima Seca			2.11	(gr/cm ³)	Humedad óptima		6.5	%	

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

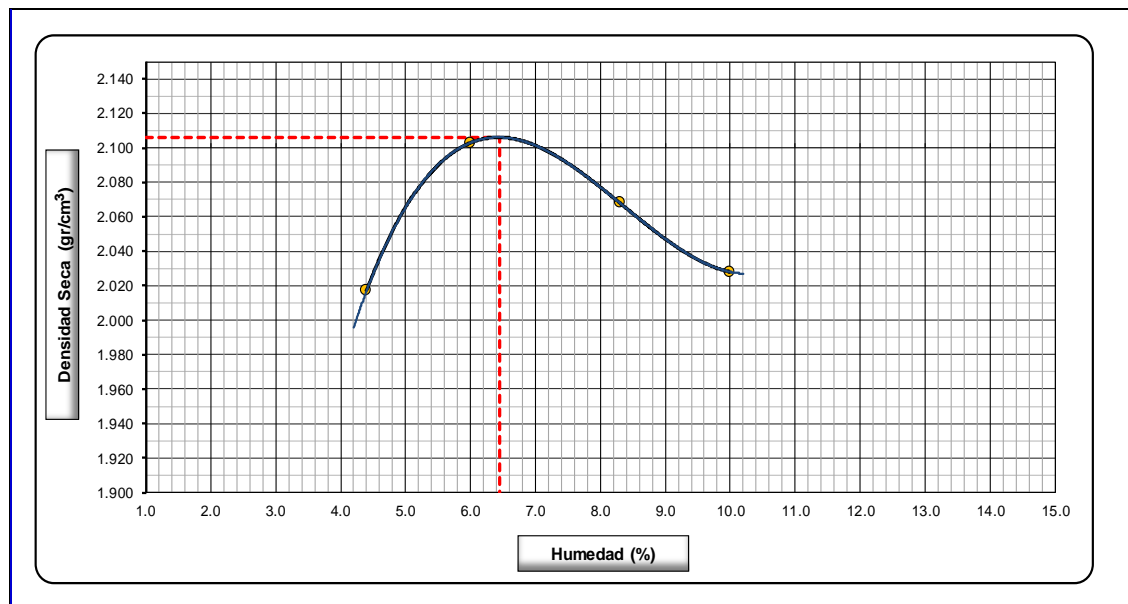


Figura 23. curva relación humedad - densidad seca en muestra con fibra de caucho al 3%. Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

B) Resultados segundo ensayo proctor modificado

Se observa que la adición de fibra de caucho en 0.5% genera una variación en la muestra patrón teniendo la densidad máxima seca y la humedad óptima de 2.193 gr/cm³ y 6.0 % respectivamente, tal como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 21. resultados de proctor modificado - material granular con fibra de caucho a 0.5%

Molde N° 1	Diametro Molde			Peso Molde	m3.	N° de capas		
	4"	6"		2858		5		
	Metodo			Volumen Molde	gr.	N° de golpes		
	A	B	C	2121		56Glp.		
NUMERO DE ENSAYOS				1	2	3	4	
Peso Suelo + Molde	gr.			7,497	7,784	7,823	7,781	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.			4,639	4,926	4,965	4,923	
Peso Volumetrico Humedo	gr.			2.187	2.322	2.341	2.321	
Recipiente Numero				1	2	3	4	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.			162.3	172.2	153.4	142.5	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.			158.5	162.7	140.4	129.0	
Peso de la Tara	gr.							
Peso del agua	gr.			3.8	9.5	13.0	13.5	
Peso del suelo seco	gr.			159	163	140	129	
Contenido de agua	%			2.4	5.9	9.3	10.4	
Densidad Seca	gr/cc			2.136	2.193	2.142	2.102	
RESULTADOS								
Densidad Máxima Seca				2.193	(gr/cm3)	Humedad óptima		6.0 %
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA								

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

Se observa que la adición de fibra de caucho en 1.5% genera una variación en la muestra patrón teniendo la densidad máxima seca y la humedad óptima de 2.186 gr/cm³ y 6.2 % respectivamente, tal como se aprecia en la siguiente tabla.

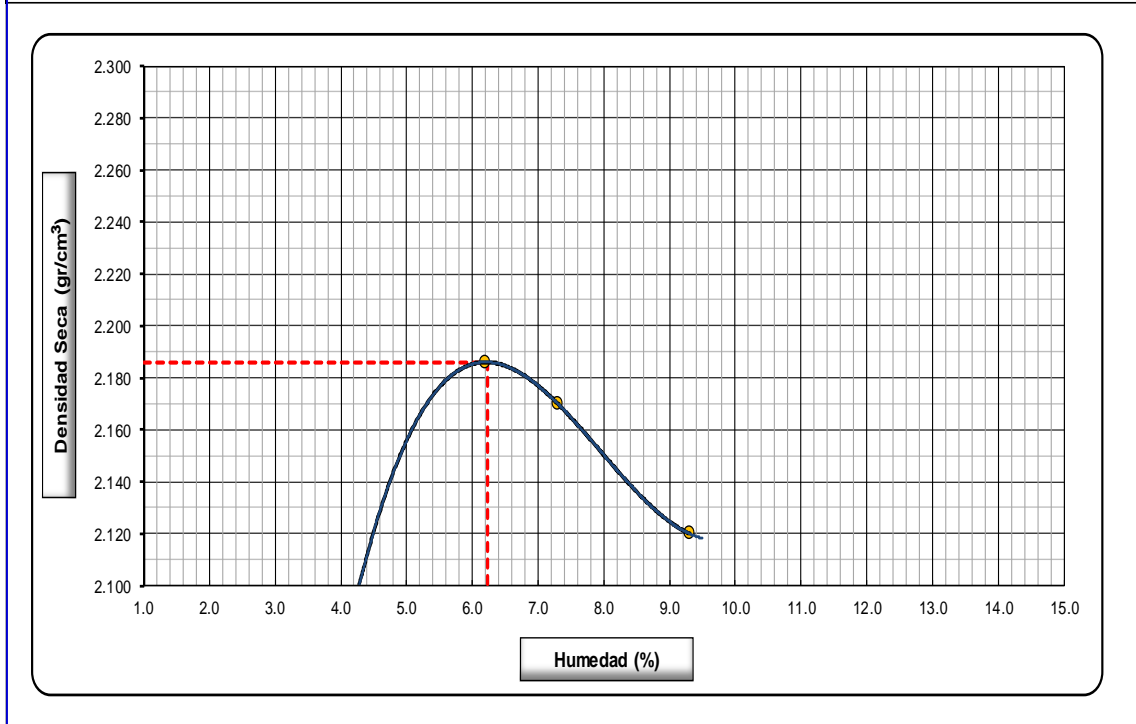
Tabla 22. resultados de proctor modificado - material granular con fibra de caucho a 1.5%

Molde N° 1	Diametro Molde			Peso Molde	2858	m3.	N° de capas		5
	4"	6"					N° de golpes		
	Metodo	A	B	C	Volumen Molde	2121	gr.	56Glp.	
NUMERO DE ENSAYOS					1	2	3	4	
Peso Suelo + Molde	gr.				7,482	7,783	7,795	7,772	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.				4,624	4,925	4,937	4,914	
Peso Volumetrico Humedo	gr.				2.180	2.322	2.328	2.317	
Recipiente Numero					1	2	3	4	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.				175.9	176.0	162.0	154.6	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.				168.8	165.8	151.0	141.5	
Peso de la Tara	gr.								
Peso del agua	gr.				7.1	10.2	11.0	13.1	
Peso del suelo seco	gr.				169	166	151	142	
Contenido de agua	%				4.2	6.2	7.3	9.3	
Densidad Seca	gr/cc				2.092	2.186	2.170	2.120	

RESULTADOS

Densidad Máxima Seca	2.186	(gr/cm ³)	Humedad óptima	6.2	%
----------------------	-------	-----------------------	----------------	-----	---

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

Se observa que la adición de fibra de caucho en 3.0% genera una variación en la muestra patrón teniendo la densidad máxima seca y la humedad óptima de 2.113 gr/cm³ y 6.4 % respectivamente, tal como se aprecia en la siguiente tabla.

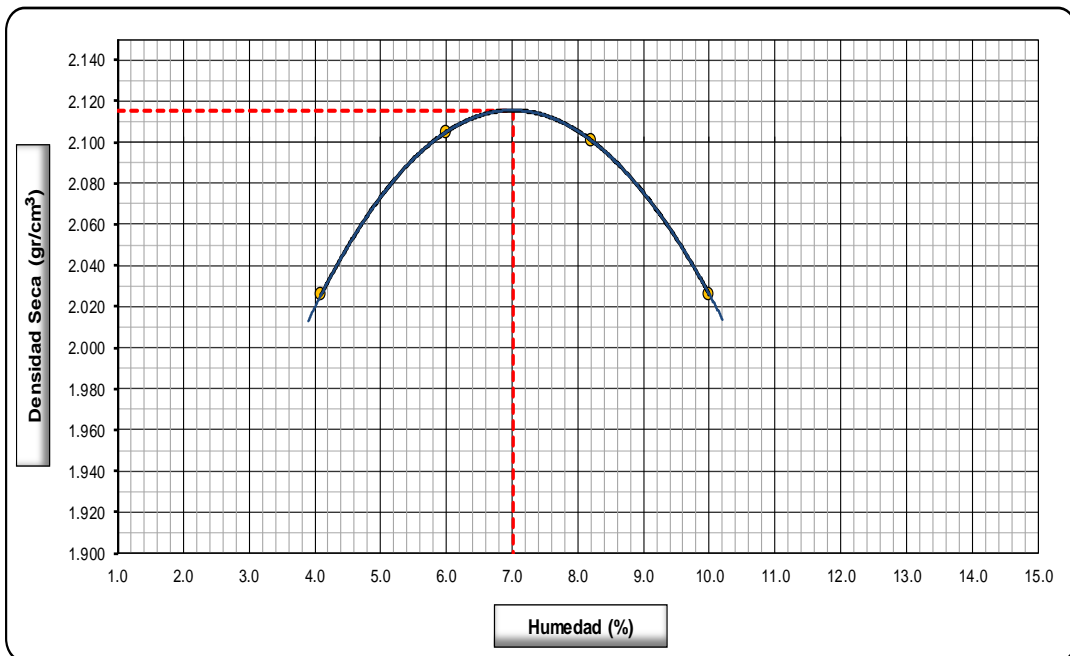
Tabla 23. resultados de proctor modificado - material granular con fibra de caucho a 3.0%

Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Peso Molde	2858	m3.	N° de capas	5
	Metodo	A	B	C	Volumen Molde	2121	gr.	N° de golpes	56Gip.
NUMERO DE ENSAYOS						1	2	3	4
Peso Suelo + Molde		gr.	7,331	7,589	7,680	7,586			
Peso Suelo Humedo Compactado		gr.	4,473	4,731	4,822	4,728			
Peso Volumetrico Humedo		gr.	2.109	2.231	2.273	2.229			
Recipiente Numero			1	2	3	4			
Peso Suelo Humedo + Tara		gr.	136.3	158.0	165.4	165.5			
Peso Suelo Seco + Tara		gr.	130.9	149.0	152.8	150.5			
Peso de la Tara		gr.							
Peso del agua		gr.	5.4	9.0	12.6	15.0			
Peso del suelo seco		gr.	131	149	153	151			
Contenido de agua		%	4.1	6.0	8.2	10.0			
Densidad Seca		gr/cc	2.026	2.105	2.101	2.026			

RESULTADOS

Densidad Máxima Seca	2.116	(gr/cm ³)	Humedad óptima	7.0	%
----------------------	--------------	-----------------------	----------------	------------	---

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

C) Resultados tercer ensayo proctor modificado

Se observa que la adición de fibra de caucho en 0.5% genera una variación en la muestra patrón teniendo la densidad máxima seca y la humedad óptima de 2.192 gr/cm³ y 6.5% respectivamente, tal como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 24. resultados de proctor modificado - material granular con fibra de caucho a 0.5%

Molde N° 1	Diametro Molde			Peso Molde	m3.	N° de capas		
	4"	6"		2858		5		
	Metodo			Volumen Molde	gr.	N° de golpes		
	A	B	C	2121		56Glp.		
NUMERO DE ENSAYOS				1	2	3	4	
Peso Suelo + Molde	gr.			7,506	7,780	7,813	7,720	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.			4,648	4,922	4,955	4,862	
Peso Volumetrico Humedo	gr.			2.191	2.321	2.336	2.292	
Recipiente Numero				1	2	3	4	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.			165.0	170.5	150.8	141.0	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.			157.5	160.7	140.5	128.0	
Peso de la Tara	gr.							
Peso del agua	gr.			7.5	9.8	10.3	13.0	
Peso del suelo seco	gr.			158	161	141	128	
Contenido de agua	%			4.8	6.1	7.3	10.2	
Densidad Seca	gr/cc			2.091	2.188	2.177	2.080	
RESULTADOS								
Densidad Máxima Seca				2.192	(gr/cm3)	Humedad óptima		6.5
								%
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA								

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

Se observa que la adición de fibra de caucho en 1.5% genera una variación en la muestra patrón teniendo la densidad máxima seca y la humedad óptima de 2.143 gr/cm³ y 7.6% respectivamente, tal como se aprecia en la siguiente tabla.

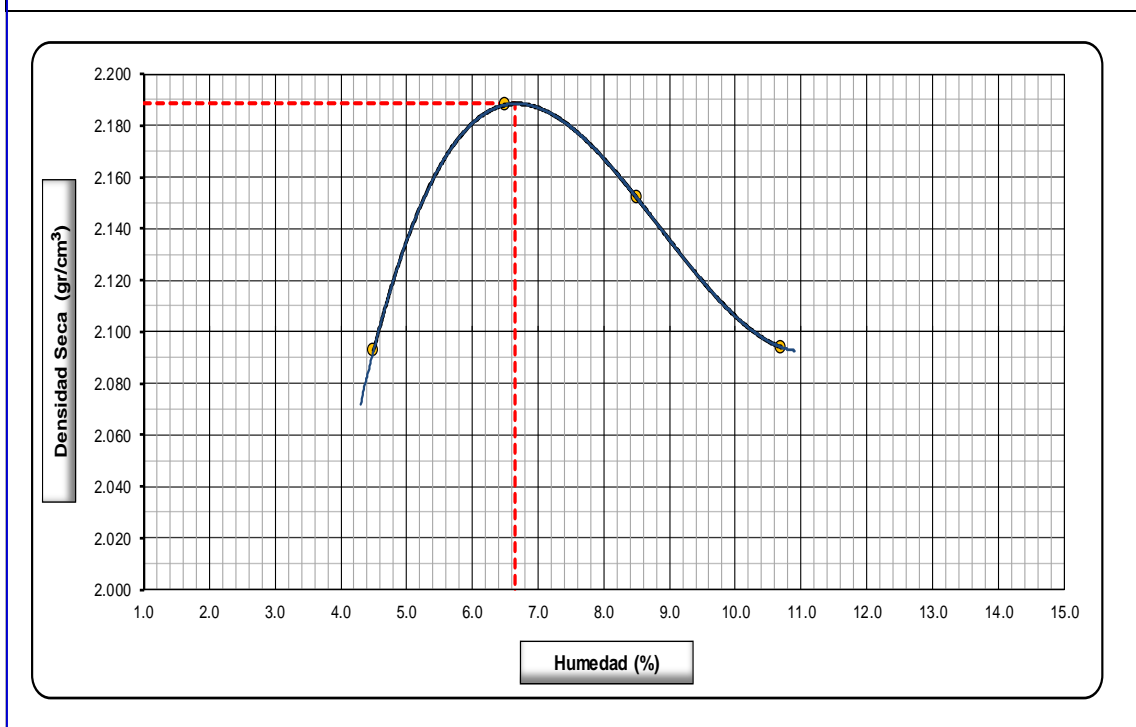
Tabla 25. resultados de proctor modificado - material granular con fibra de caucho a 1.5%

Molde N° 1	Diametro Molde		Peso Molde			m3.	N° de capas	
	4"	6"	2858				5	
	Metodo		Volumen Molde			gr.	N° de golpes	
	A	B	2121				56Glp.	
NUMERO DE ENSAYOS			1	2	3	4		
Peso Suelo + Molde	gr.	7,497	7,799	7,811	7,775			
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	4,639	4,941	4,953	4,917			
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2.187	2.330	2.335	2.318			
Recipiente Numero		1	2	3	4			
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	175.5	179.0	164.4	155.0			
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	168.0	168.0	151.5	140.0			
Peso de la Tara	gr.							
Peso del agua	gr.	7.5	11.0	12.9	15.0			
Peso del suelo seco	gr.	168	168	152	140			
Contenido de agua	%	4.5	6.5	8.5	10.7			
Densidad Seca	gr/cc	2.093	2.188	2.152	2.094			

RESULTADOS

Densidad Máxima Seca	2.188	(gr/cm ³)	Humedad óptima	6.6	%
----------------------	-------	-----------------------	----------------	-----	---

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

Se observa que la adición de fibra de caucho en 3.0% genera una variación en la muestra patrón teniendo la densidad máxima seca y la humedad óptima de 2.130 gr/cm³ y 6.1% respectivamente, tal como se aprecia en la siguiente tabla.

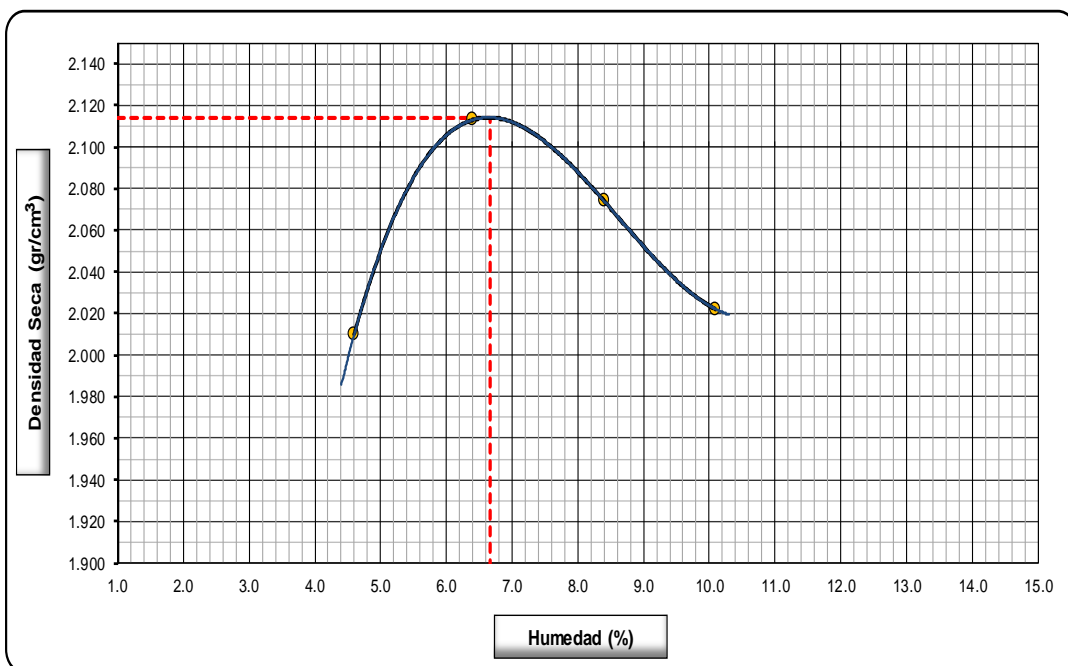
Tabla 26. resultados de proctor modificado - material granular con fibra de caucho a 3.0%

Molde Nº 1	Diametro Molde		Peso Molde			m3.	Nº de capas	
	4"	6"	A	B	C		5	Nº de golpes
	Metodo	A	B	C	Volumen Molde	2858	2121	56Glp.
NUMERO DE ENSAYOS					1	2	3	4
Peso Suelo + Molde	gr.				7,317	7,625	7,625	7,579
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.				4,459	4,767	4,767	4,721
Peso Volumetrico Humedo	gr.				2.102	2.248	2.248	2.226
Recipiente Numero					1	2	3	4
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.				134.9	157.5	164.7	164.2
Peso Suelo Seco + Tara	gr.				129.0	148.0	151.9	149.2
Peso de la Tara	gr.							
Peso del agua	gr.				5.9	9.5	12.8	15.0
Peso del suelo seco	gr.				129	148	152	149
Contenido de agua	%				4.6	6.4	8.4	10.1
Densidad Seca	gr/cc				2.010	2.113	2.074	2.022

RESULTADOS

Densidad Máxima Seca	2.114	(gr/cm ³)	Humedad óptima	6.7	%
----------------------	-------	-----------------------	----------------	-----	---

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

Tabla 27. Promedio de resultados de los tres ensayos de proctor modificado para material granular con fibra de caucho

PROCTOR MODIFICADO PARA MATERIAL GRANULAR CON FIBRA DE CAUCHO								
	PRIMER ENSAYO		SEGUNDO ENSAYO		TERCER ENSAYO		PROMEDIO	
FIBRA DE CAUCHO (%)	Maxima densidad seca (gr/cm3)	Óptimo contenido de humedad (%)	Maxima densidad seca (gr/cm3)	Óptimo contenido de humedad (%)	Maxima densidad seca (gr/cm3)	Óptimo contenido de humedad (%)	Maxima densidad seca (gr/cm3)	Óptimo contenido de humedad (%)
0.5	2.19	6.60	2.19	6.00	2.19	6.50	2.19	6.4
1.5	2.19	6.50	2.19	6.20	2.19	6.60	2.19	6.4
3.0	2.11	6.50	2.12	7.00	2.11	6.70	2.11	6.7

Fuente: propia

De los resultados obtenidos y promediados se observa que la máxima densidad seca tiene un valor de 2.19 gr/cm³ para 0.5% de fibra de caucho siendo menor que al de la muestra patrón y un óptimo contenido de humedad de 6.4% para 0.5% de fibra de caucho siendo diferente al valor convencional.

4.1.9. Resultados del ensayo de cbr de suelos (laboratorio) para material de base granular adicionado con fibras de caucho

Este ensayo de C.B.R. se realizó con el mismo procedimiento para la muestra patrón pero agregándole porcentajes de fibra de caucho en 0.5%, 1.5% y 3% en relación al peso total de la muestra.



Figura 24. Muestras de material para CBR con 0.5% de caucho
Fuente: propia



Figura 25. Muestras de material para CBR con 1.5% de caucho.
Fuente: propia



Figura 26. Muestras de material para CBR con 3% de caucho
Fuente: propia

De tal manera que se calcule el porcentaje ideal de fibra de caucho que mejore las propiedades mecánicas de la base granular y cumpla con los parámetros de las normas vigentes.

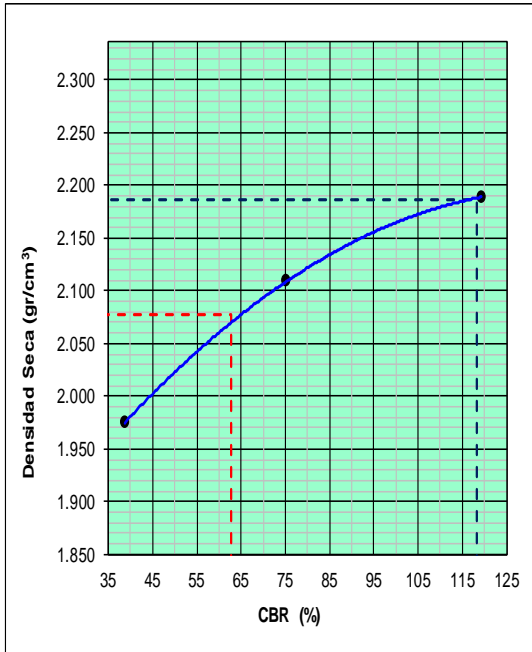
Los resultados obtenidos en laboratorio de los tres ensayos de CBR se muestran a continuación para cada muestra con porcentaje de fibra de caucho.

A) Resultados primer ensayo CBR

Tabla 28. Ensayo CBR en muestra patrón con 0.5% de fibra de caucho

CALCULO DEL CBR															
Molde Nº	10			11			12								
Capas Nº	5			5			5								
Golpes por capa Nº	56			25			12								
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO				
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13570.0			13188.0			13017.0								
Peso de molde (g)	8582.0			8388.0			8526.0								
Peso del suelo húmedo (g)	4988.0			4800.0			4491.0								
Volumen del molde (cm ³)	2135.0			2134.0			2135.0								
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.336			2.249			2.104								
Tara (Nº)															
Peso suelo húmedo + tara (g)	683.0			566.0			544.0								
Peso suelo seco + tara (g)	640.0			529.8			509.8								
Peso de tara (g)															
Peso de agua (g)	43.0			36.2			34.2								
Peso de suelo seco (g)	640.0			529.8			509.8								
Contenido de humedad (%)	6.7			6.8			6.7								
Densidad seca (g/cm ³)	2.189			2.106			1.972								
EXPANSION															
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION					
				mm	%		mm	%		mm	%				
NO EXPANSIVO															
PENETRACION															
PENETRACION		CARGA		MOLDE Nº		M-10		MOLDE Nº		M-11		MOLDE Nº		M-12	
		STAND.	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION					
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	
0.000	0.000			0				0				0	0		
0.635	0.025			14.5				30.0				48.0			
1.270	0.050			68.0				125.0				172.0			
1.905	0.075			220.0				315.0				340.0			
2.540	0.100	70.3		415.0	1,580	116.8		509.0	1,006	74.3		502.3	-	37.1	
3.810	0.150			1075.0				1070.0				738.0			
5.080	0.200	105.5		1995.0	3,027	149.1		1515.0	1,952	96.1		933.0	-	45.9	
6.350	0.250			2785.0				2010.0				1180.0			
7.620	0.300			3395.0				2400.5				1322.0			
10.160	0.400														
12.700	0.500														

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL



METODO DE COMPACTACION	: AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.187
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 6.6
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.077

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 118.2 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 62.8 %

OBSERVACIONES:

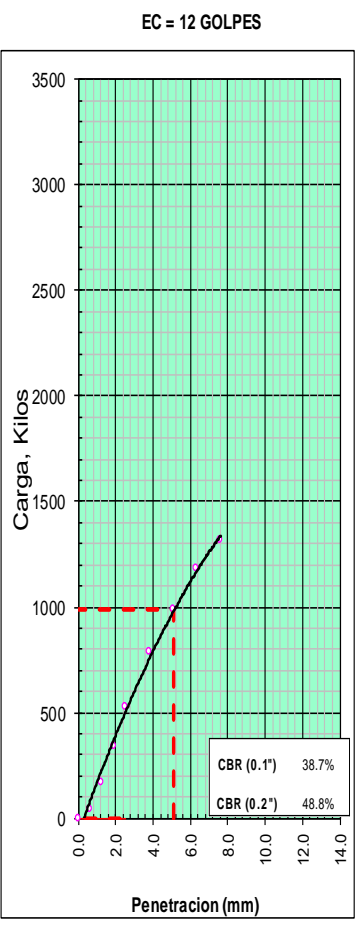
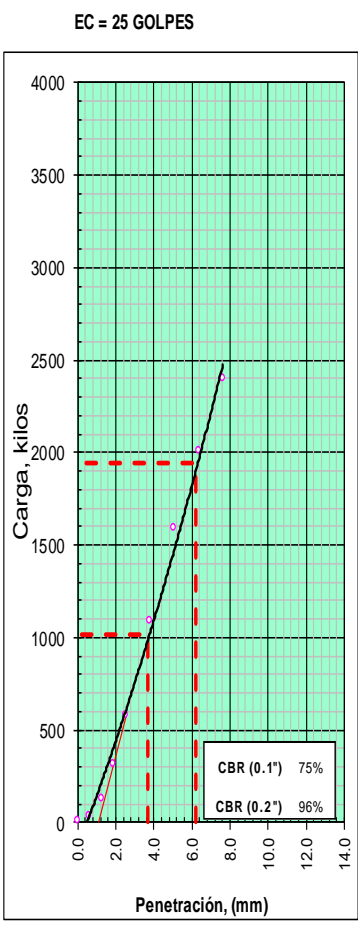
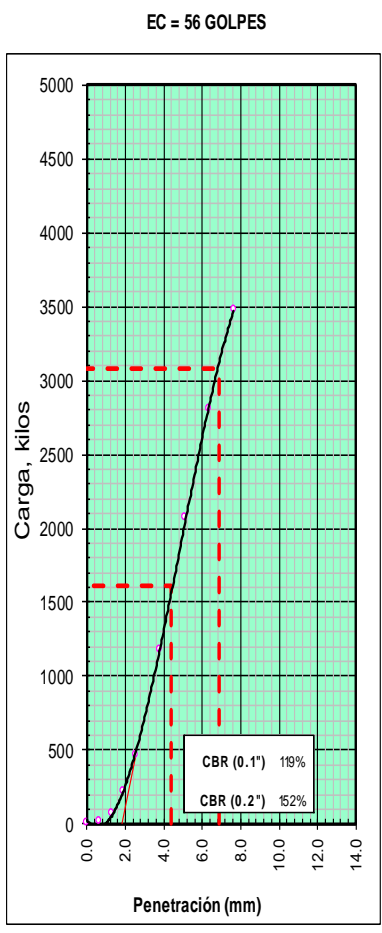


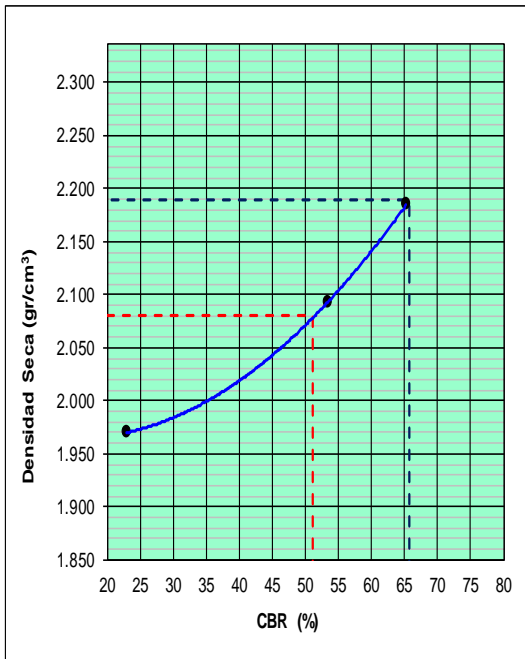
Figura 27. curva relación % CBR - Densidad Seca (gr/cm3) en muestra con fibra de caucho al 0.5%.

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

Tabla 29. Ensayo CBR en muestra patrón con 1.5% de fibra de caucho

CALCULO DEL CBR																		
Molde N°	10				11				12									
Capas N°	5				5				5									
Golpes por capa N°	56				25				12									
Condición de la muestra	NO SATURADO			SATURADO			NO SATURADO			SATURADO			NO SATURADO			SATURADO		
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13555.0						13150.0						13010.0					
Peso de molde (g)	8582.0						8388.0						8526.0					
Peso del suelo húmedo (g)	4973.0						4762.0						4484.0					
Volumen del molde (cm ³)	2135.0						2134.0						2135.0					
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.329						2.231						2.100					
Tara (N°)																		
Peso suelo húmedo + tara (g)	680.0						565.0						543.0					
Peso suelo seco + tara (g)	638.0						530.2						509.5					
Peso de tara (g)																		
Peso de agua (g)	42.0						34.8						33.5					
Peso de suelo seco (g)	638.0						530.2						509.5					
Contenido de humedad (%)	6.6						6.6						6.6					
Densidad seca (g/cm ³)	2.185						2.093						1.970					
EXPANSION																		
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION					
				mm	%		mm	%		mm	%							
NO EXPANSIVO																		
PENETRACION																		
PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-10		MOLDE N°		M-11		MOLDE N°		M-12				
		STAND.	CARGA	CARGA		CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION				
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%				
0.000	0.000			0				0				0	0					
0.635	0.025			20.0				15.0				10.0						
1.270	0.050			73.0				55.0				31.0						
1.905	0.075			214.0				118.0				73.0						
2.540	0.100	70.3		415.0	883	65.2		268.0	722	53.3		131.0	309.0	22.8				
3.810	0.150			940.0				650.0				286.0						
5.080	0.200	105.5		1298.0	1.629	80.2		990.0	1.490	73.4		440.0	620	30.5				
6.350	0.250			1672.0				1496.0				601.0						
7.620	0.300			1922.0				1785.0				752.0						
10.160	0.400																	
12.700	0.500																	

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL



METODO DE COMPACTACION	: AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.190
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 6.5
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.080

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 65.7 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 51.1 %

OBSERVACIONES:

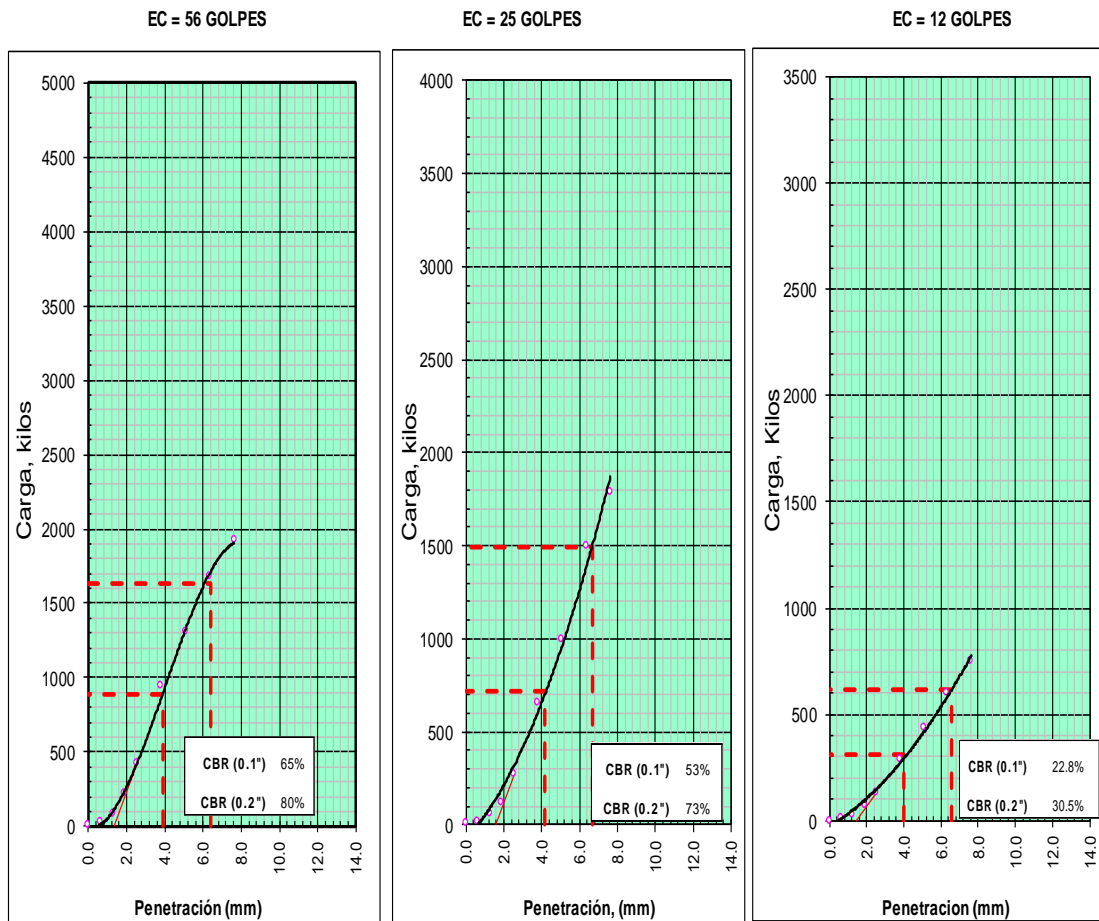


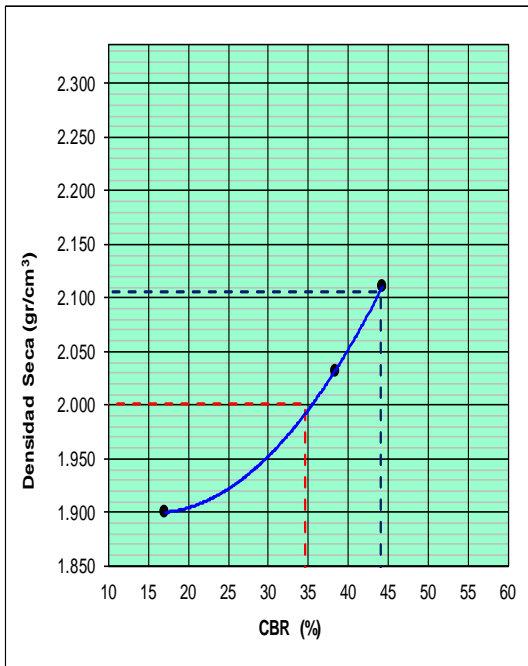
Figura 28. curva relación % CBR - Densidad Seca (gr/cm³) en muestra con fibra de caucho al 1.5%.

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

Tabla 30. Ensayo CBR en muestra patrón con 3.0% de fibra de caucho

CALCULO DEL CBR																		
Molde N°	10				11				12									
Capas N°	5				5				5									
Golpes por capa N°	56				25				12									
Condición de la muestra	NO SATURADO			SATURADO			NO SATURADO			SATURADO			NO SATURADO			SATURADO		
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13385.0						13010.0						12850.0					
Peso de molde (g)	8582.0						8388.0						8526.0					
Peso del suelo húmedo (g)	4803.0						4622.0						4324.0					
Volumen del molde (cm ³)	2135.0						2134.0						2135.0					
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.250						2.166						2.025					
Tara (N°)																		
Peso suelo húmedo + tara (g)	680.0						565.0						543.0					
Peso suelo seco + tara (g)	638.0						530.2						509.5					
Peso de tara (g)																		
Peso de agua (g)	42.0						34.8						33.5					
Peso de suelo seco (g)	638.0						530.2						509.5					
Contenido de humedad (%)	6.6						6.6						6.6					
Densidad seca (g/cm ³)	2.111						2.032						1.900					
EXPANSION																		
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION								
				mm	%		mm	%		mm	%							
NO EXPANSIVO																		
PENETRACION																		
PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-10		MOLDE N°		M-11		MOLDE N°		M-12				
		STAND.	CARGA	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION									
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%				
0.000	0.000			0				0				0	0					
0.635	0.025			16.0				14.0				9.0						
1.270	0.050			47.0				46.0				23.0						
1.905	0.075			101.0				104.0				47.0						
2.540	0.100	70.3		250.0	600	44.3		203.0	519	38.3		86.0	231.0	17.1				
3.810	0.150			585.0				450.0				196.0						
5.080	0.200	105.5		850.0	1,375	67.7		722.0	1,089	53.6		317.0	570	28.1				
6.350	0.250			1250.0				1020.0				431.0						
7.620	0.300			1750.0				1325.0				720.0						
10.160	0.400																	
12.700	0.500																	

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL



METODO DE COMPACTACION	: AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	: 2.106
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 6.5
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	: 2.001

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 44.1 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 34.6 %

OBSERVACIONES:

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 12 GOLPES

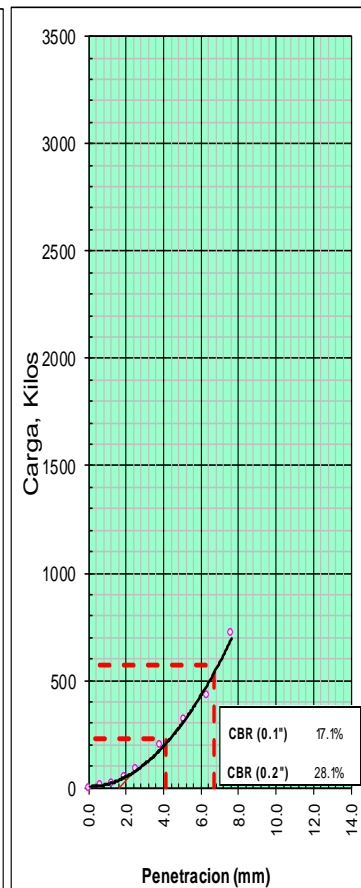
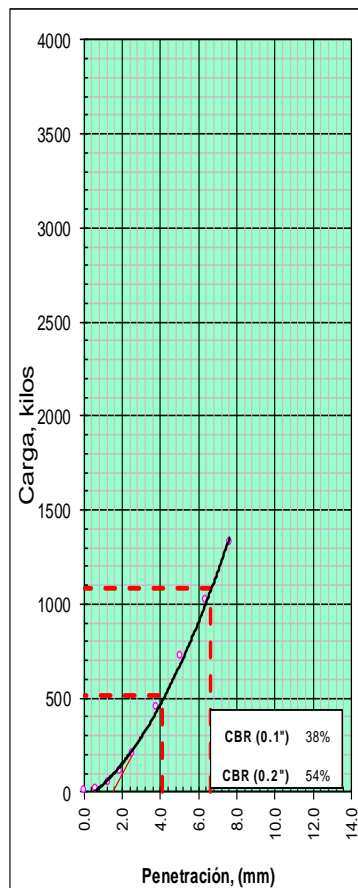
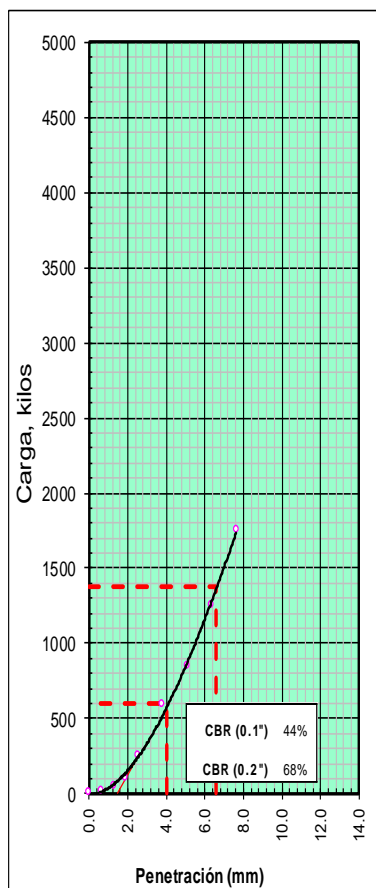


Figura 29. curva relación % CBR - Densidad Seca (gr/cm³) en muestra con fibra de caucho al 3.0%.

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

B) Resultados segundo ensayo CBR

Tabla 31. Ensayo CBR en muestra patrón con 0.5% de fibra de caucho

CALCULO DEL CBR																				
Molde N°	10					11					12									
Capas N°	5					5					5									
Golpes por capa N°	56					25					12									
Condición de la muestra	NO SATURADO					SATURADO					NO SATURADO					SATURADO				
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13570.0					13188.0					13017.0									
Peso de molde (g)	8582.0					8388.0					8526.0									
Peso del suelo húmedo (g)	4988.0					4800.0					4491.0									
Volumen del molde (cm ³)	2135.0					2134.0					2135.0									
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.336					2.249					2.104									
Tara (N°)																				
Peso suelo húmedo + tara (g)	683.0					566.0					544.0									
Peso suelo seco + tara (g)	640.0					529.8					509.8									
Peso de tara (g)																				
Peso de agua (g)	43.0					36.2					34.2									
Peso de suelo seco (g)	640.0					529.8					509.8									
Contenido de humedad (%)	6.7					6.8					6.7									
Densidad seca (g/cm ³)	2.189					2.106					1.972									
EXPANSION																				
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION										
				mm	%		mm	%		mm	%									
NO EXPANSIVO																				
PENETRACION																				
PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-10		MOLDE N°		M-11		MOLDE N°		M-12						
		STAND.	CARGA	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION											
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%						
0.000	0.000			0				0				0	0							
0.635	0.025			14.5				30.0				48.0								
1.270	0.050			68.0				125.0				172.0								
1.905	0.075			220.0				315.0				340.0								
2.540	0.100	70.3		415.0	1,580	116.8		509.0	1,006	74.3		502.3	-	37.1						
3.810	0.150			1075.0				1070.0				738.0								
5.080	0.200	105.5		1995.0	3,027	149.1		1515.0	1,952	96.1		933.0	-	45.9						
6.350	0.250			2785.0				2010.0				1180.0								
7.620	0.300			3395.0				2400.5				1322.0								
10.160	0.400																			
12.700	0.500																			

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR

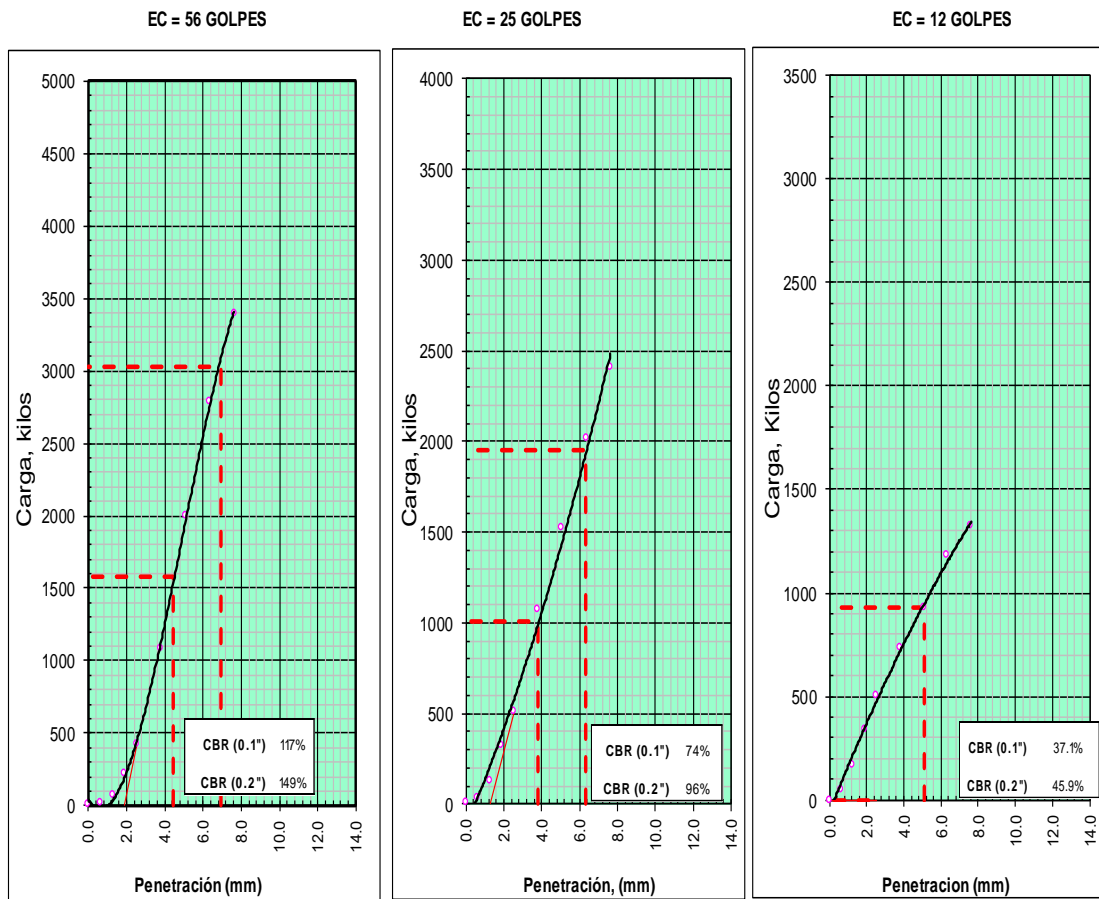
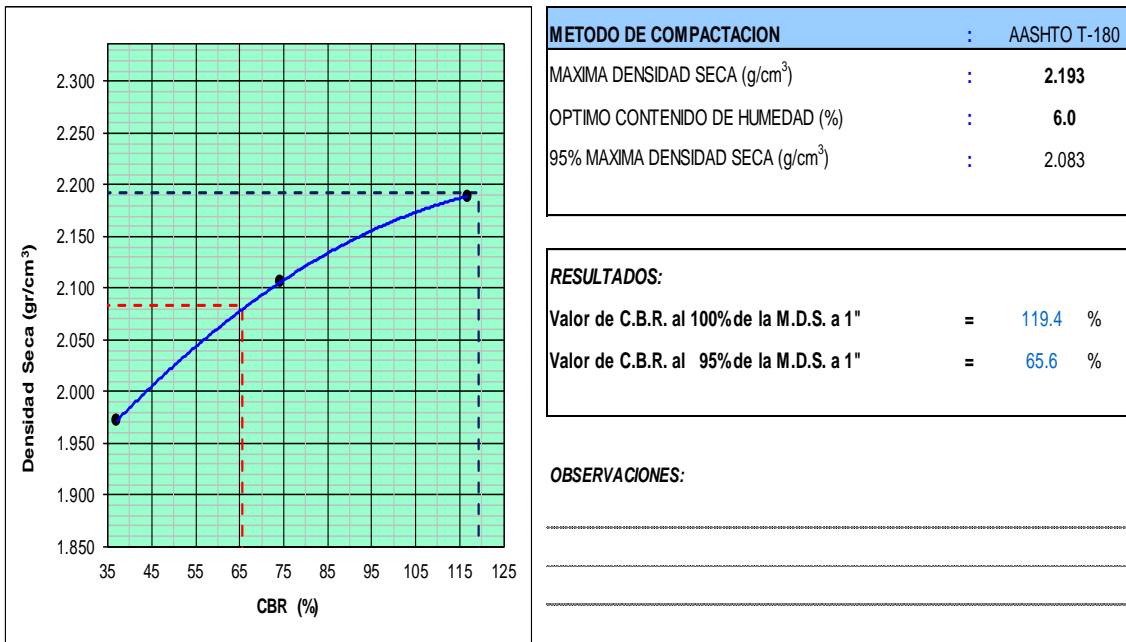


Figura 30. curva relación % CBR - Densidad Seca (gr/cm³) en muestra con fibra de caucho al 0.5%.

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

Tabla 32. Ensayo CBR en muestra patrón con 1.5% de fibra de caucho

CALCULO DEL CBR															
Molde N°	10			11			12								
Capas N°	5			5			5								
Golpes por capa N°	56			25			12								
Condición de la muestra	NO SATURADO			SATURADO			NO SATURADO			SATURADO					
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13560.0						13157.0						13012.0		
Peso de molde (g)	8582.0						8388.0						8526.0		
Peso del suelo húmedo (g)	4978.0						4769.0						4486.0		
Volumen del molde (cm ³)	2135.0						2134.0						2135.0		
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.332						2.235						2.101		
Tara (N°)															
Peso suelo húmedo + tara (g)	682.3						566.7						543.2		
Peso suelo seco + tara (g)	638.1						529.5						510.0		
Peso de tara (g)															
Peso de agua (g)	44.2						37.2						33.2		
Peso de suelo seco (g)	638.1						529.5						510.0		
Contenido de humedad (%)	6.9						7.0						6.5		
Densidad seca (g/cm ³)	2.181						2.089						1.973		
EXPANSION															
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION					
				mm	%		mm	%		mm	%	mm	%		
NO EXPANSIVO															
PENETRACION															
PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-10		MOLDE N°		M-11		MOLDE N°		M-12	
		STAND.	CARGA	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION		
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	
0.000	0.000			0				0				0	0		
0.635	0.025			18.0				14.0				11.0			
1.270	0.050			79.0				51.0				28.0			
1.905	0.075			225.0				126.0				76.0			
2.540	0.100	70.3		423.0	919	67.9		275.0	723	53.4		142.0	320.0	23.6	
3.810	0.150			958.0				675.0				302.0			
5.080	0.200	105.5		1342.0	1.664	82.0		998.0	1.497	73.7		462.0	632	31.1	
6.350	0.250			1685.0				1515.0				640.0			
7.620	0.300			1938.0				1803.0				768.0			
10.160	0.400														
12.700	0.500														

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR

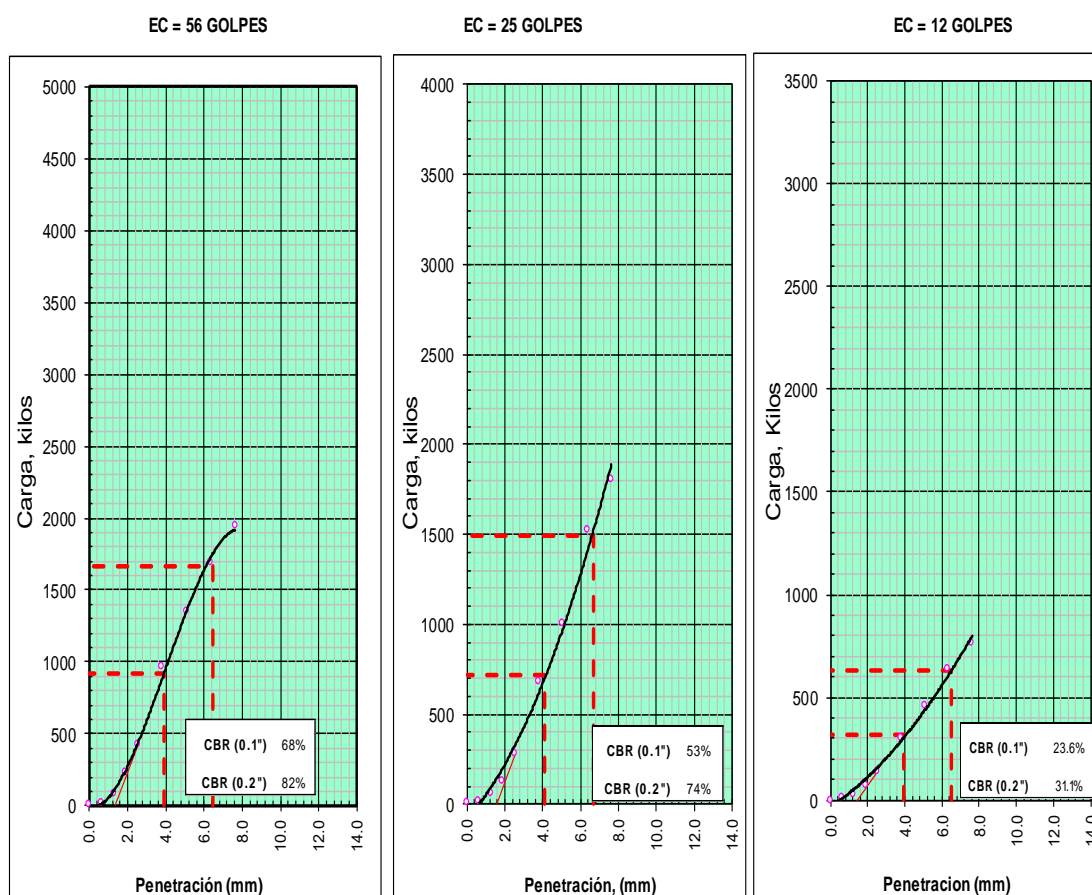
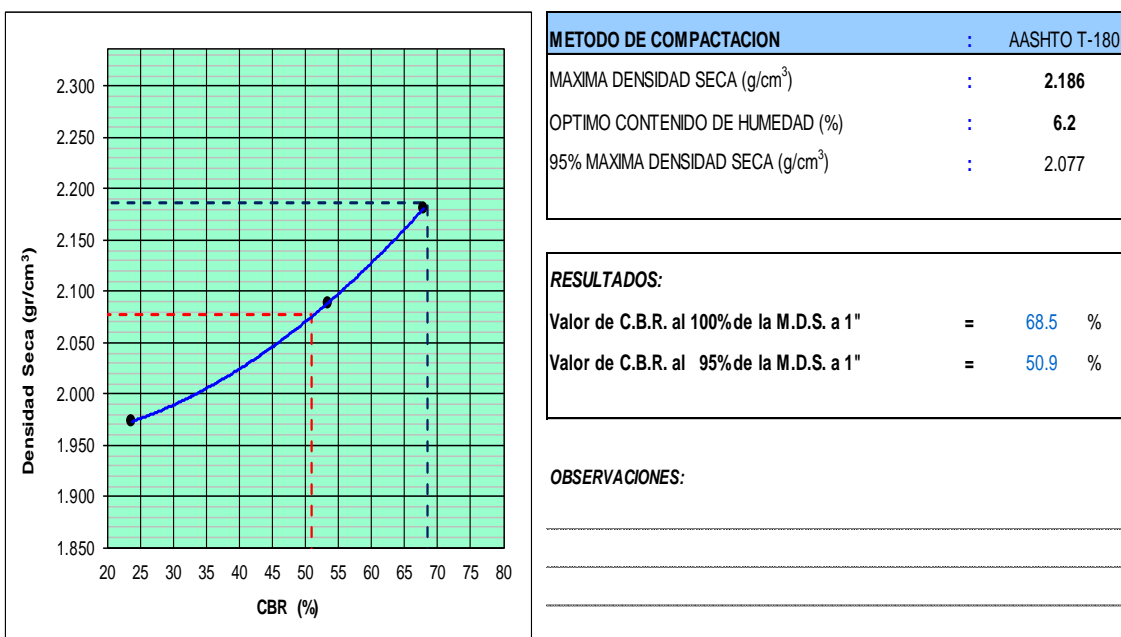


Figura 31. curva relación % CBR - Densidad Seca (gr/cm³) en muestra con fibra de caucho al 1.5%.

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

Tabla 33. Ensayo CBR en muestra patrón con 3.0% de fibra de caucho

CALCULO DEL CBR															
Molde N°	10			11			12								
Capas N°	5			5			5								
Golpes por capa N°	56			25			12								
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO				
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13410.0			13017.0			12843.0								
Peso de molde (g)	8582.0			8388.0			8526.0								
Peso del suelo húmedo (g)	4828.0			4629.0			4317.0								
Volumen del molde (cm ³)	2135.0			2134.0			2135.0								
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.261			2.169			2.022								
Tara (N°)															
Peso suelo húmedo + tara (g)	682.0			565.9			543.6								
Peso suelo seco + tara (g)	638.4			529.7			509.9								
Peso de tara (g)															
Peso de agua (g)	43.6			36.2			33.7								
Peso de suelo seco (g)	638.4			529.7			509.9								
Contenido de humedad (%)	6.8			6.8			6.6								
Densidad seca (g/cm ³)	2.117			2.031			1.897								
EXPANSION															
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION					
				mm	%		mm	%		mm	%				
NO EXPANSIVO															
PENETRACION															
PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-10		MOLDE N°		M-11		MOLDE N°		M-12	
		STAND.	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION					
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	
0.000	0.000			0				0			0	0			
0.635	0.025			19.0				13.0				10.0			
1.270	0.050			51.0				49.0				29.0			
1.905	0.075			109.0				110.0				56.0			
2.540	0.100	70.3		262.0	618	45.7		259.0	476	35.2		92.0	243.0	18.0	
3.810	0.150			592.0				485.0				205.0			
5.080	0.200	105.5		880.0	1,400	68.9		735.0	1,012	49.8		335.0	586	28.9	
6.350	0.250			1273.0				1033.0				454.0			
7.620	0.300			1782.0				1342.0				739.0			
10.160	0.400														
12.700	0.500														

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 12 GOLPES

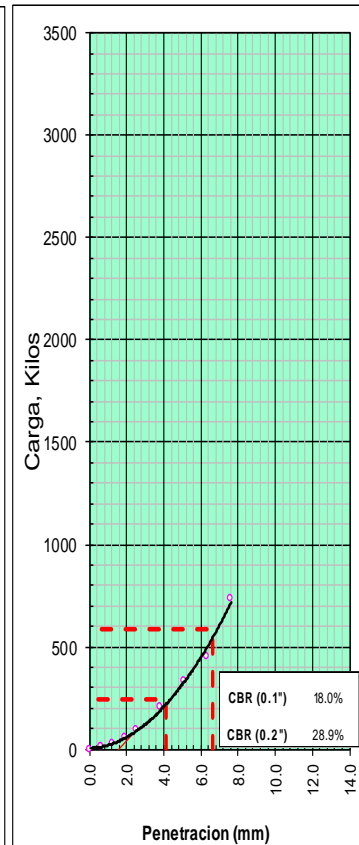
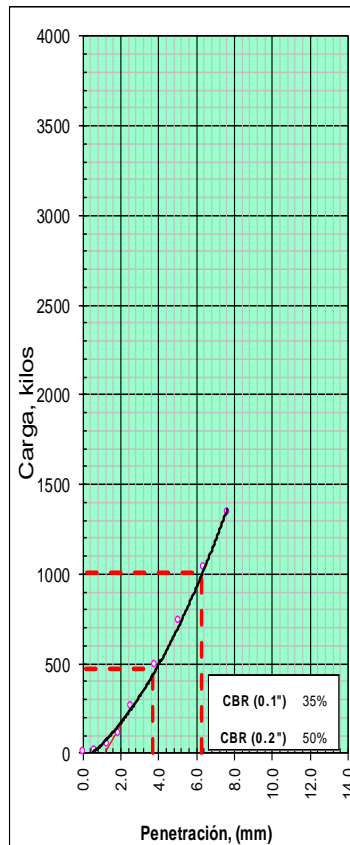
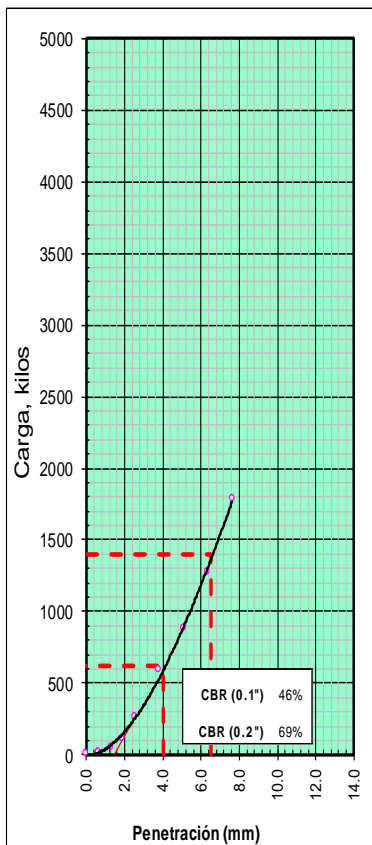


Figura 32. curva relación % CBR - Densidad Seca (gr/cm³) en muestra con fibra de caucho al 3.0%.

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

C) Resultados tercer ensayo CBR

Tabla 34. Ensayo CBR en muestra patrón con 0.5% de fibra de caucho

CALCULO DEL CBR															
Molde N°	10				11				12						
Capas N°	5				5				5						
Golpes por capa N°	56				25				12						
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO				
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13575.0				13207.0				13034.0						
Peso de molde (g)	8582.0				8388.0				8526.0						
Peso del suelo húmedo (g)	4993.0				4819.0				4508.0						
Volumen del molde (cm ³)	2135.0				2134.0				2135.0						
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.339				2.258				2.111						
Tara (N°)															
Peso suelo húmedo + tara (g)	680.0				565.0				543.0						
Peso suelo seco + tara (g)	638.0				530.2				509.5						
Peso de tara (g)															
Peso de agua (g)	42.0				34.8				33.5						
Peso de suelo seco (g)	638.0				530.2				509.5						
Contenido de humedad (%)	6.6				6.6				6.6						
Densidad seca (g/cm ³)	2.194				2.118				1.980						
EXPANSION															
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION					
				mm	%		mm	%		mm	%				
NO EXPANSIVO															
PENETRACION															
PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-10		MOLDE N°		M-11		MOLDE N°		M-12	
		STAND.	CARGA	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
mm	pulg.	kg/cm2													
0.000	0.000			0				0				0	0		
0.635	0.025			15.0				26.0				38.0			
1.270	0.050			62.0				118.0				162.0			
1.905	0.075			209.0				308.0				338.0			
2.540	0.100	70.3		448.0	1.603	118.4		553.0	1.020	75.4		502.0	-	37.1	
3.810	0.150			1163.0				1059.0				778.0			
5.080	0.200	105.5		2051.0	3.058	150.6		1573.0	1.908	94.0		968.0	-	47.7	
6.350	0.250			2784.0				1985.0				1175.0			
7.620	0.300			3449.0				2305.0				1301.0			
10.160	0.400														
12.700	0.500														

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR

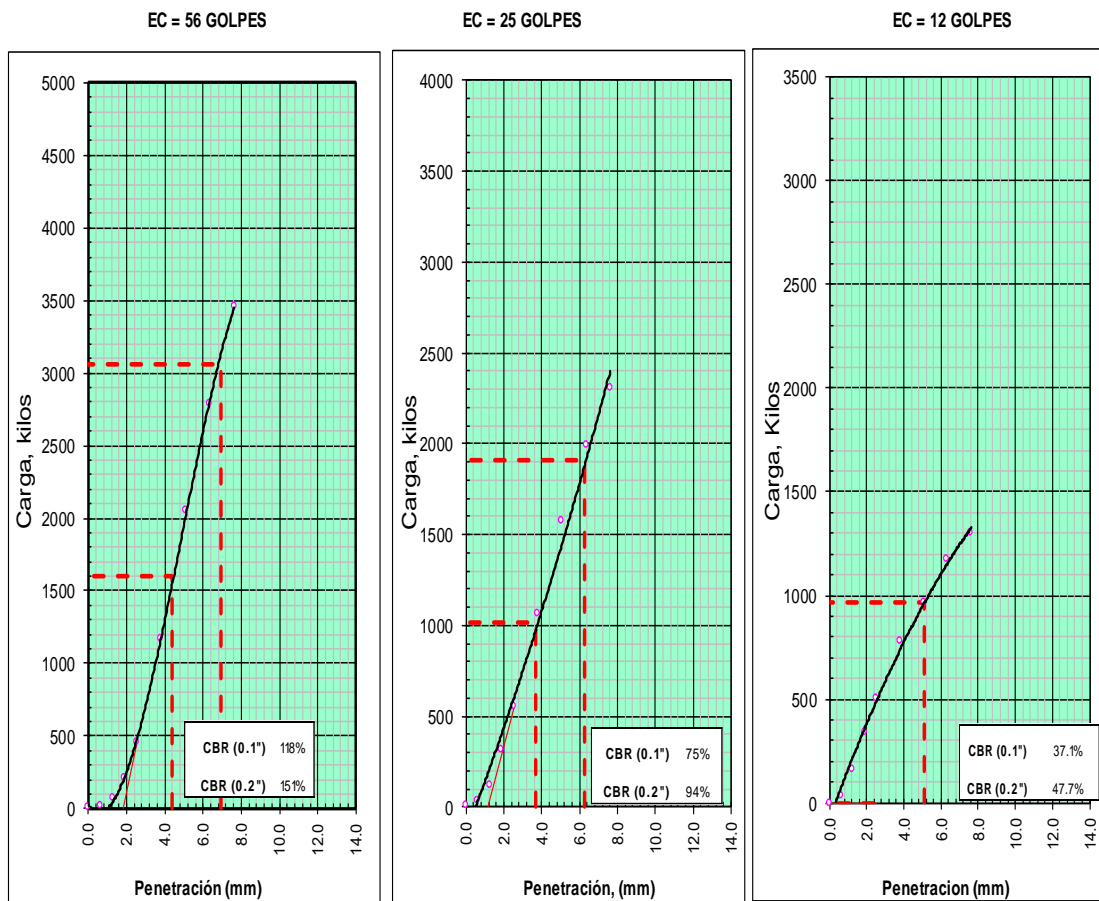
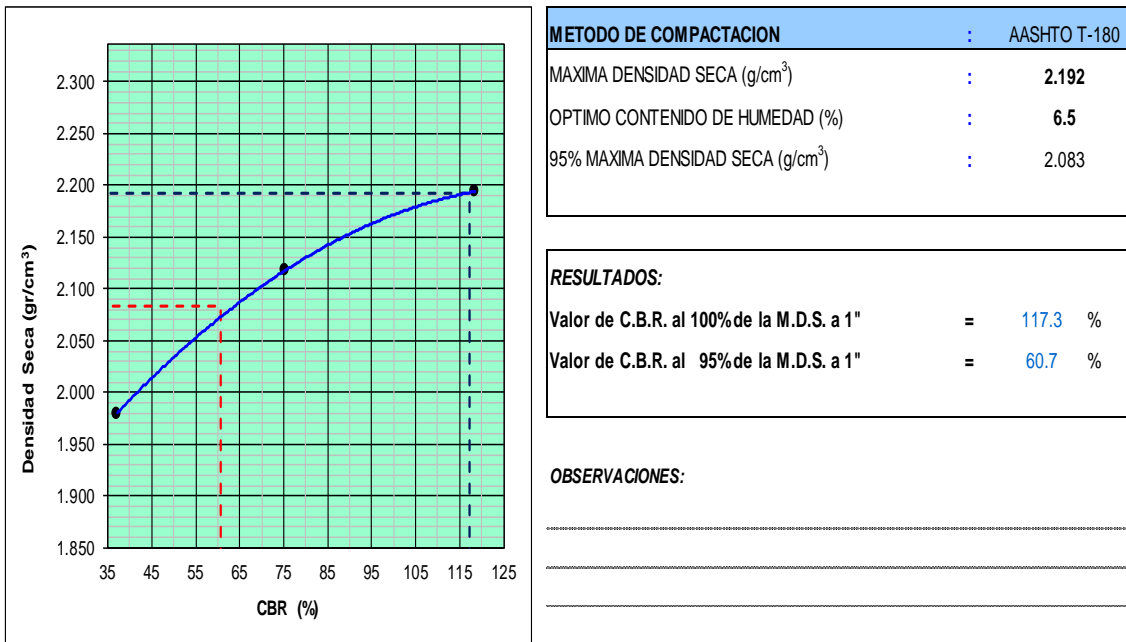


Figura 33. curva relación % CBR - Densidad Seca (gr/cm³) en muestra con fibra de caucho al 0.5%.

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

Tabla 35. Ensayo CBR en muestra patrón con 1.5% de fibra de caucho

CALCULO DEL CBR															
Molde N°	10				11				12						
Capas N°	5				5				5						
Golpes por capa N°	56				25				12						
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO				
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13550.0				13186.0				13051.0						
Peso de molde (g)	8582.0				8388.0				8526.0						
Peso del suelo húmedo (g)	4968.0				4798.0				4525.0						
Volumen del molde (cm ³)	2135.0				2134.0				2135.0						
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.327				2.248				2.119						
Tara (N°)															
Peso suelo húmedo + tara (g)	680.0				565.0				543.0						
Peso suelo seco + tara (g)	638.0				530.2				509.5						
Peso de tara (g)															
Peso de agua (g)	42.0				34.8				33.5						
Peso de suelo seco (g)	638.0				530.2				509.5						
Contenido de humedad (%)	6.6				6.6				6.6						
Densidad seca (g/cm ³)	2.183				2.109				1.988						
EXPANSION															
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION					
				mm	%		mm	%		mm	%				
NO EXPANSIVO															
PENETRACION															
PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-10		MOLDE N°		M-11		MOLDE N°		M-12	
		STAND.	CARGA	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	
0.000	0.000			0				0				0	0		
0.635	0.025			23.0				16.0				11.0			
1.270	0.050			84.0				58.0				39.0			
1.905	0.075			222.0				125.0				89.0			
2.540	0.100	70.3		420.0	890	65.8		275.0	720	53.2		142.0	320.0	23.6	
3.810	0.150			955.0				658.0				305.0			
5.080	0.200	105.5		1310.0	1,648	81.2		995.0	1,492	73.5		462.0	640	31.5	
6.350	0.250			1685.0				1510.0				645.0			
7.620	0.300			1950.0				1799.0				782.0			
10.160	0.400														
12.700	0.500														

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR

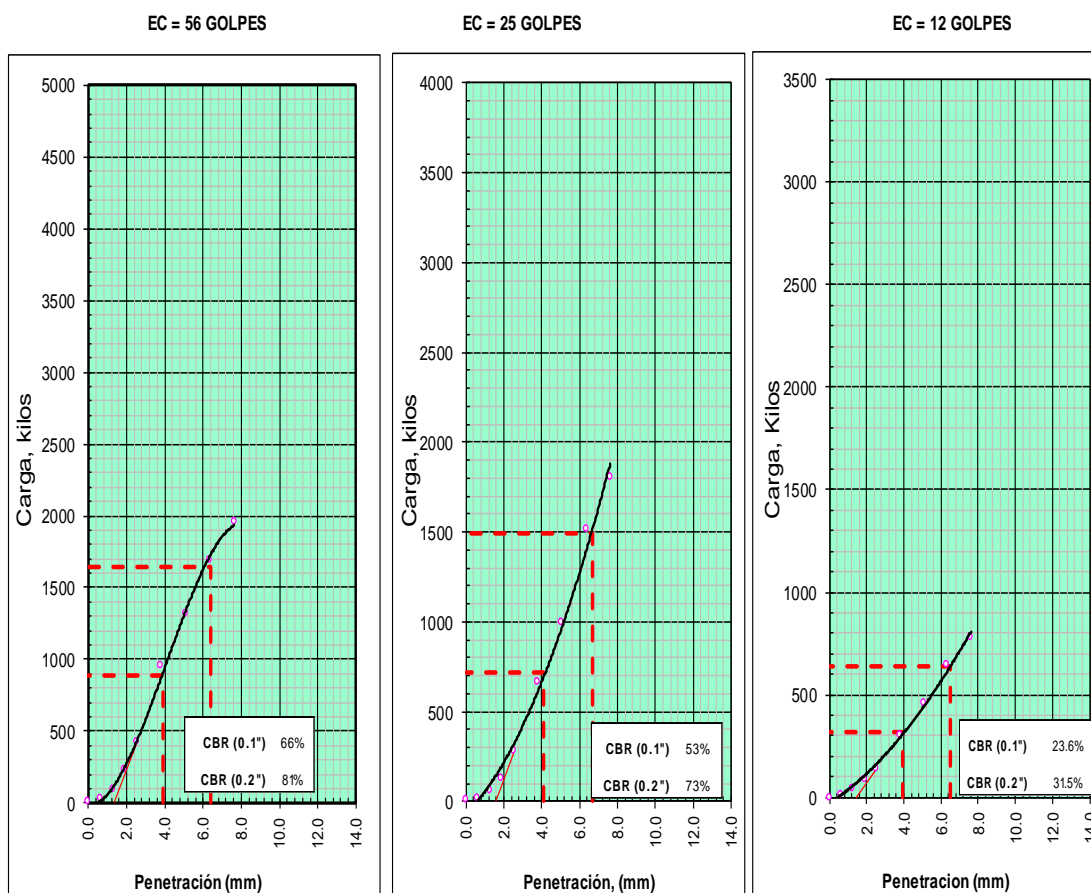
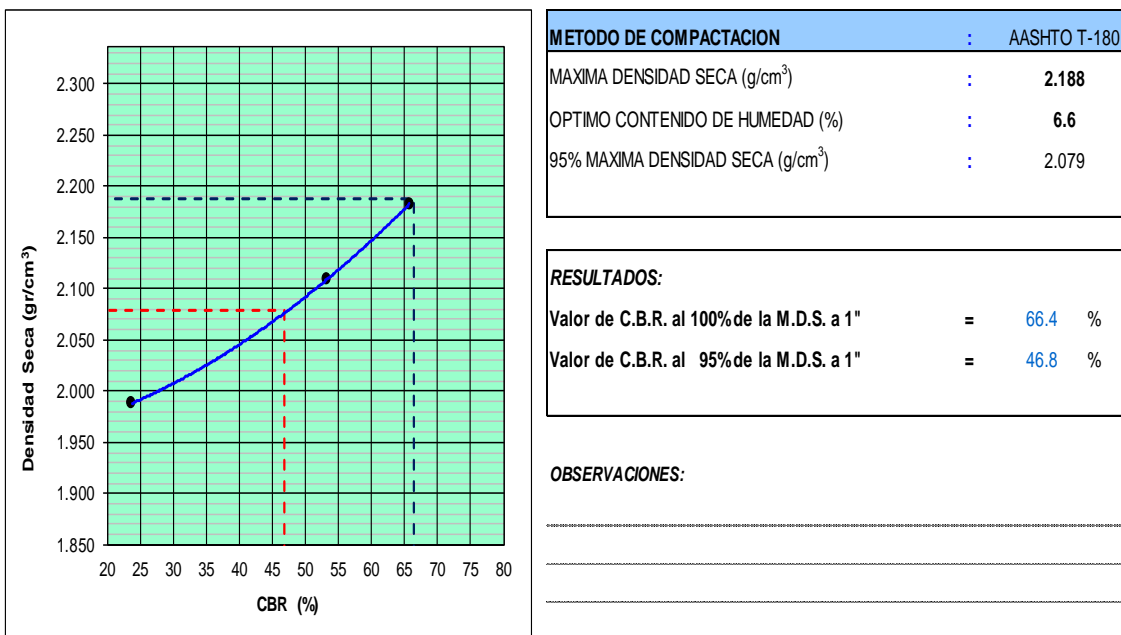


Figura 34. curva relación % CBR - Densidad Seca (gr/cm³) en muestra con fibra de caucho al 1.5%.

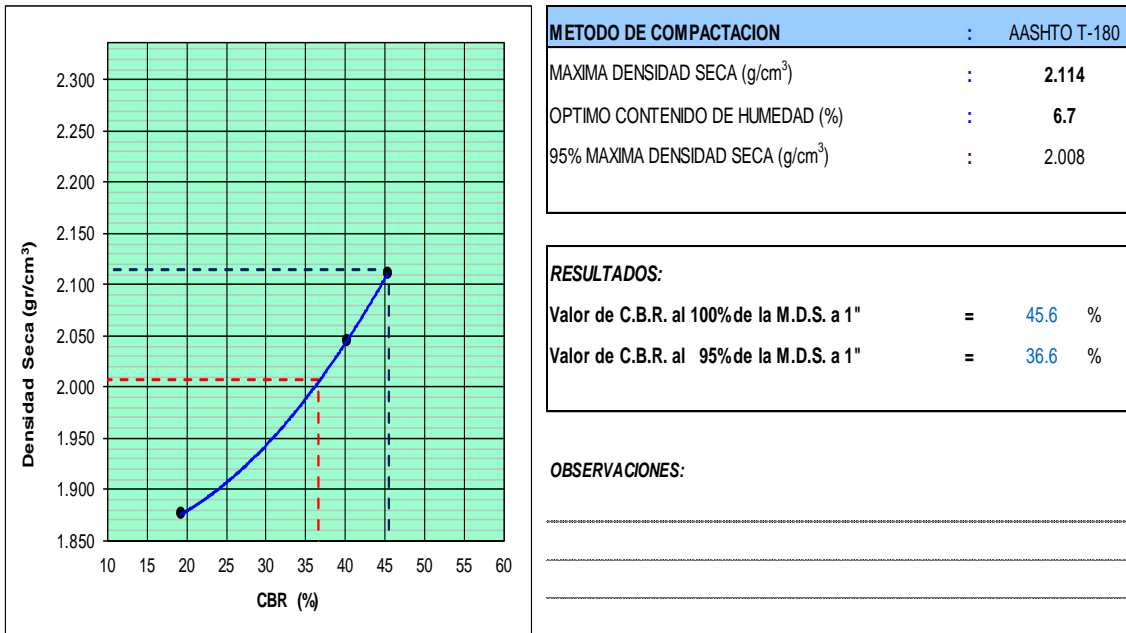
Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

Tabla 36. Ensayo CBR en muestra patrón con 3.0% de fibra de caucho

CALCULO DEL CBR															
Molde N°	10				11				12						
Capas N°	5				5				5						
Golpes por capa N°	56				25				12						
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO				
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13385.0				13042.0				12797.0						
Peso de molde (g)	8582.0				8388.0				8526.0						
Peso del suelo húmedo (g)	4803.0				4654.0				4271.0						
Volumen del molde (cm ³)	2135.0				2134.0				2135.0						
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.250				2.181				2.000						
Tara (N°)															
Peso suelo húmedo + tara (g)	680.0				565.0				543.0						
Peso suelo seco + tara (g)	638.0				530.2				509.5						
Peso de tara (g)															
Peso de agua (g)	42.0				34.8				33.5						
Peso de suelo seco (g)	638.0				530.2				509.5						
Contenido de humedad (%)	6.6				6.6				6.6						
Densidad seca (g/cm ³)	2.111				2.046				1.876						
EXPANSION															
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION					
				mm	%		mm	%		mm	%				
NO EXPANSIVO															
PENETRACION															
PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-10		MOLDE N°		M-11		MOLDE N°		M-12	
		STAND.	CARGA	CARGA		CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION			
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	
0.000	0.000			0				0				0	0		
0.635	0.025			15.0				14.0				10.0			
1.270	0.050			52.0				49.0				31.0			
1.905	0.075			116.0				112.0				56.0			
2.540	0.100	70.3		265.0	614	45.4		223.0	545	40.3		98.0	261.0	19.3	
3.810	0.150			605.0				478.0				216.0			
5.080	0.200	105.5		879.0	1,399	68.9		768.0	1,120	55.2		359.0	611	30.1	
6.350	0.250			1286.0				1053.0				456.0			
7.620	0.300			1794.0				1364.0				762.0			
10.160	0.400														
12.700	0.500														

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 12 GOLPES

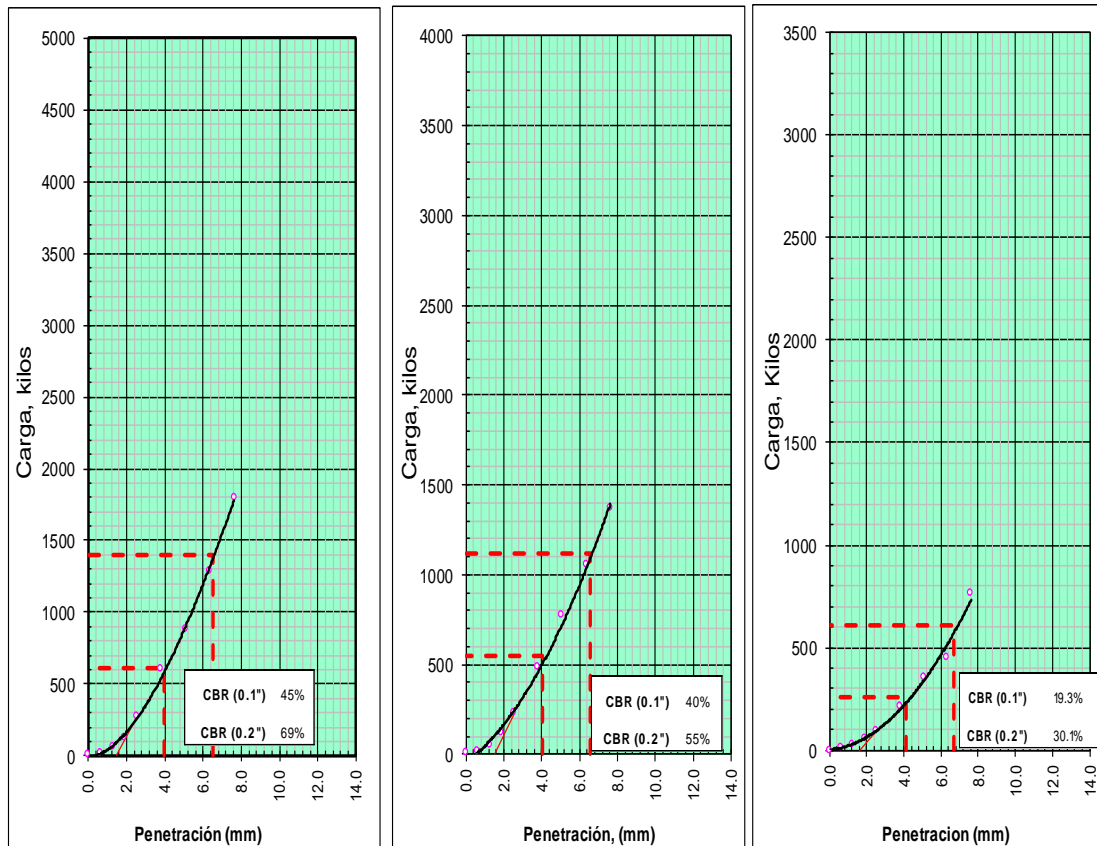


Figura 35. curva relación % CBR - Densidad Seca (gr/cm³) en muestra con fibra de caucho al 3.0%.

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Santa Cruz SCRL

Tabla 37. Promedio de resultados de los tres ensayos de CBR para material granular con fibra de caucho a 0.50%, 1.5% y 3.0%

RESULTADOS FINALES DE CBR PARA BASE GRANULAR CON FIBRA DE CAUCHO				
FIBRA DE CAUCHO (%)	PRIMER ENSAYO	SEGUNDO ENSAYO	TERCER ENSAYO	PROMEDIO
	CBR al 100% de MDS (%)	CBR al 100% de MDS (%)	CBR al 100% de MDS (%)	CBR al 100% de MDS (%)
0.50	118.20	119.40	117.30	118.3
1.50	65.70	68.50	66.40	66.9
3.00	44.10	45.50	45.60	45.1

Fuente: propia

De los resultados promedios para el estudio se toma el valor CBR de 118.30 % con 0.5% de fibra de caucho, por ser el valor con mayor capacidad de soporte en comparación a las muestras con adición de fibra de caucho al 1.5% y 3.0%.

Todos los resultados presentados mediante tablas y graficos fueron obtenidos de los ensayos que se realizaron en el laboratorio, los certificados brindados por el laboratorio se presentan como anexos en la presente tesis.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

4.2.1. Contrastación de Hipótesis General

La fibra de caucho influye de manera positiva en las propiedades mecánicas de la base granular de los pavimentos de la ciudad de Huancayo.

Ho: La fibra de caucho no influye de manera positiva en las propiedades mecánicas de la base granular de los pavimentos de la ciudad de Huancayo.

Hi: La fibra de caucho influye de manera positiva en las propiedades mecánicas de la base granular de los pavimentos de la ciudad de Huancayo.

Según los resultados obtenidos a nivel de laboratorio e interpretados de manera técnica para determinar si la fibra de caucho influye de manera positiva en las propiedades mecánicas de la base granular de los pavimentos. Mencionando que la adición de fibra de caucho al 0.50% presenta mejoras en el CBR y a la vez el agregarle 1.50% y 3.00% de fibra de caucho disminuyen

significativamente el valor de CBR, como se puede observar en la siguiente figura:

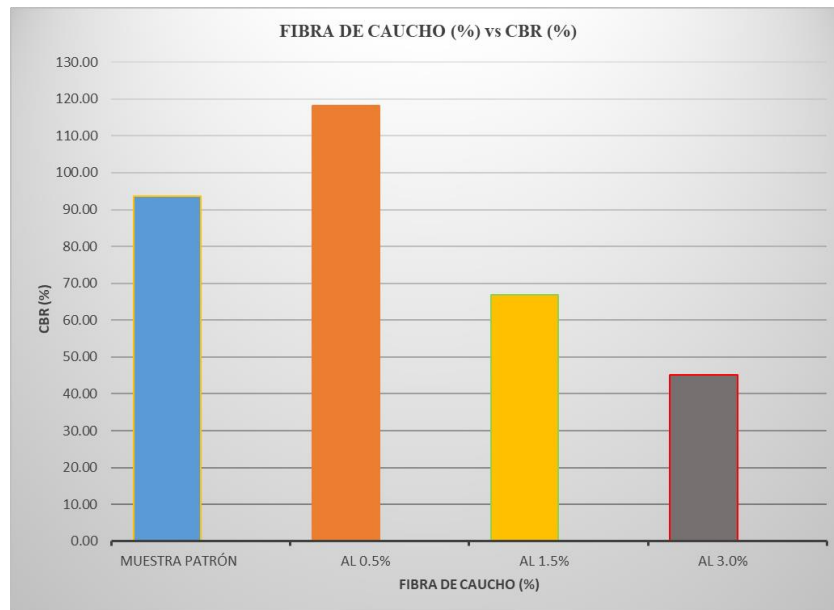


Figura 36. Influencia de la fibra de caucho en las propiedades mecánicas de la base granular
Fuente: propia

En conclusión según los resultados obtenidos se rechaza la hipótesis nula que establecía que la fibra de caucho no influye de manera positiva en las propiedades mecánicas de la base granular de los pavimentos de la ciudad de Huancayo, y se acepta la hipótesis de investigación: La fibra de caucho influye de manera positiva en las propiedades mecánicas de la base granular de los pavimentos de la ciudad de Huancayo.

4.2.2. Contrastación de hipótesis específicas

a) Hipótesis específica 01:

Al analizar la fibra de caucho eleva el óptimo contenido de humedad de la base granular de los pavimentos.

Ho: Al analizar la fibra de caucho no eleva el óptimo contenido de humedad de la base granular de los pavimentos.

Hi: Al analizar la fibra de caucho eleva el óptimo contenido de humedad de la base granular de los pavimentos.

Según los resultados obtenidos a nivel de laboratorio e interpretados de manera técnica para analizar si la fibra de caucho eleva

el valor en el óptimo contenido de humedad de la base granular de los pavimentos de los cuales con los resultados obtenidos del OCH se pudo constatar la hipótesis de investigación argumentando que la adición de la fibra de caucho en 0.50%, 1.50% y 3.0% al material para base granular eleva el valor en el OCH a 6.40%, 6.4% y 6.70% respectivamente en comparación con los valores convencionales, como se puede observar en la siguiente figura:

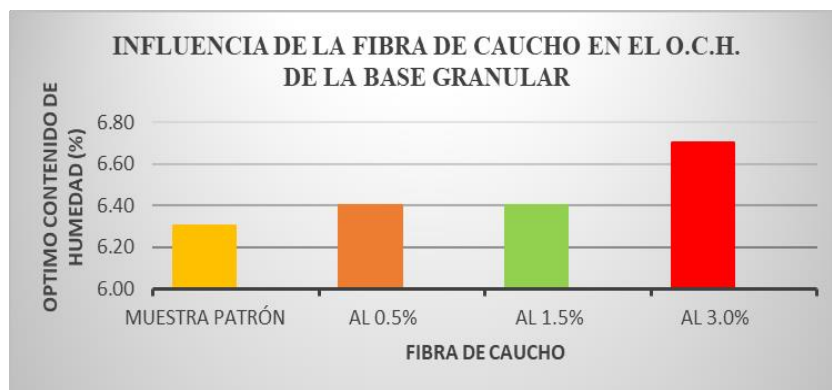


Figura 37. Influencia de la fibra de caucho en el óptimo contenido de humedad de la base granular
Fuente: propia

En conclusión según los resultados obtenidos se rechaza la hipótesis nula que establecía que la fibra de caucho no eleva el valor en el óptimo contenido de humedad de la base granular de los pavimentos, y se acepta la hipótesis de investigación: Al analizar la fibra de caucho eleva el óptimo contenido de humedad de la base granular de los pavimentos.

b) Hipótesis específica 02:

La fibra de caucho disminuye la máxima densidad seca de la base granular de los pavimentos.

Ho: La fibra de caucho no disminuye la máxima densidad seca de la base granular de los pavimentos.

Hi: La fibra de caucho disminuye la máxima densidad seca de la base granular de los pavimentos.

Según los resultados obtenidos a nivel de laboratorio e interpretados de manera técnica para determinar si la fibra de caucho disminuye la máxima densidad seca de la base granular de los

pavimentos, de los cuales los datos obtenidos de la adición de fibra de caucho en material para base granular no hay un porcentaje de fibra de caucho que eleve el valor en la máxima densidad seca de la base granular de los pavimentos, por el contrario la adición de fibra de caucho en 0.50%, 1.50% y 3.0% hizo que la máxima densidad seca presente un resultado decreciente de 2.19 gr/cm³, 2.19 gr/cm³ y 2.11 gr/cm³ respectivamente en comparación a los resultados de la muestra sin adición de fibra de caucho, como se puede observar en la siguiente figura:

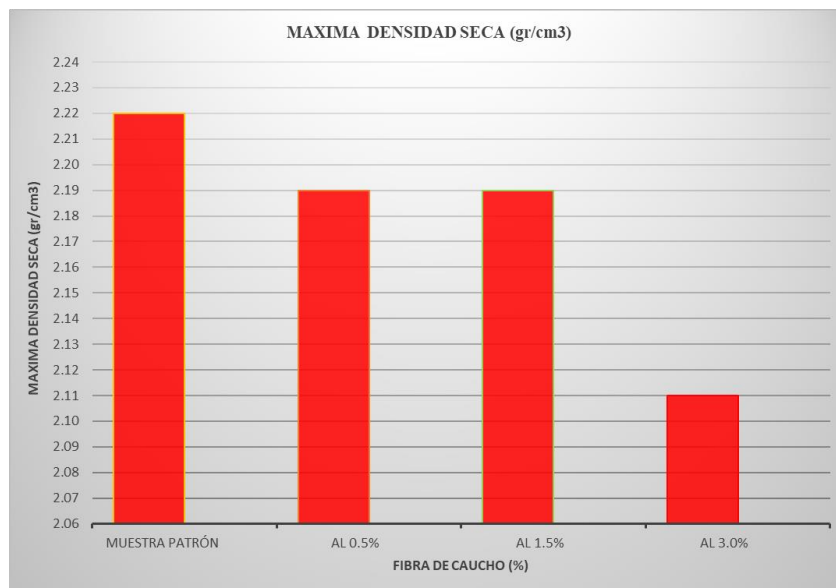


Figura 38. Influencia de la fibra de caucho en la máxima densidad seca de la base granular
Fuente: propia

En conclusión según los resultados obtenidos se rechaza la hipótesis nula que establecía que la fibra de caucho no disminuye la máxima densidad seca de la base granular de los pavimentos, y se acepta la hipótesis de investigación: La fibra de caucho disminuye la máxima densidad seca de la base granular de los pavimentos.

c) Hipótesis específica 03:

La fibra de caucho mejora la base granular de los pavimentos.

Ho: La fibra de caucho no mejora la base granular de los pavimentos.

Hi: La fibra de caucho mejora la base granular de los pavimentos.

Según los resultados obtenidos a nivel de laboratorio e interpretados de manera técnica para identificar si la fibra de caucho mejora la base granular de los pavimentos con los cuales se determinó que la muestra con 0.50% de fibra de caucho ofrece mejores resultados en el CBR, aumento del OCH y disminución de la MDS por lo tanto mejora la base granular de los pavimentos, como se puede observar en la siguiente figura:

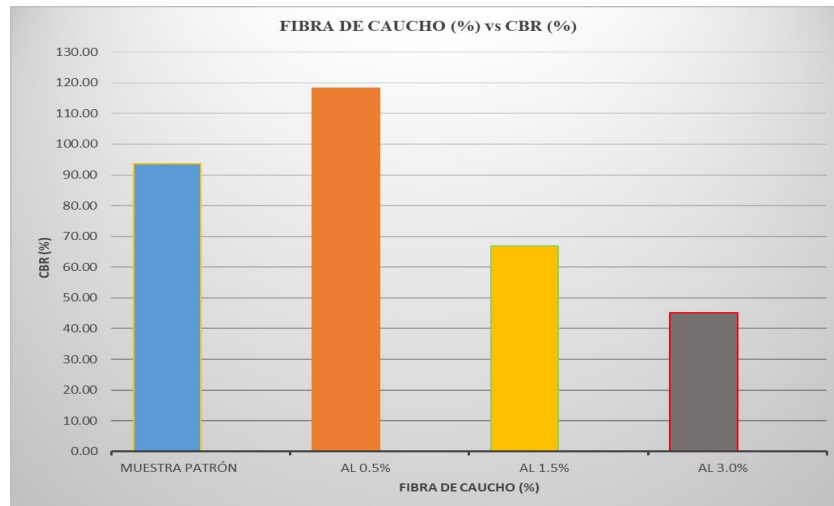


Figura 39. Influencia de la fibra de caucho en el CBR de la base granular
Fuente: propia

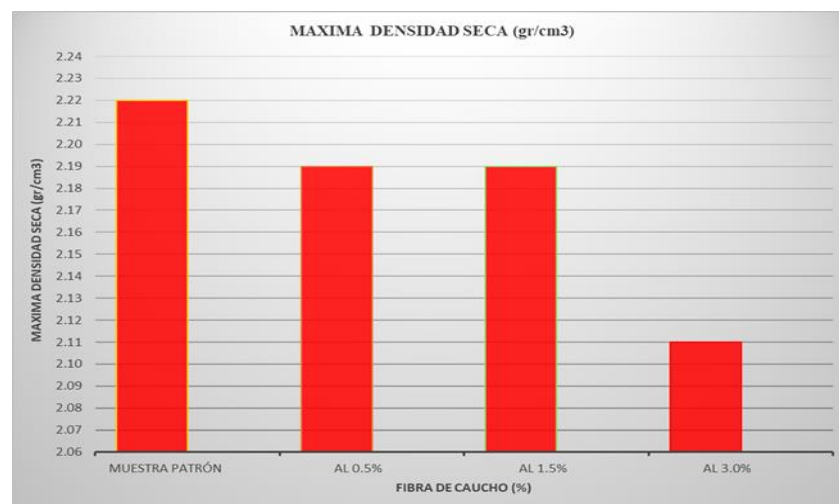


Figura 40. Influencia de la fibra de caucho en la MDS de la base granular
fuente: propia

En conclusión según los resultados obtenidos se rechaza la hipótesis nula que establecía que la fibra de caucho no mejora la base granular de los pavimentos y se acepta la hipótesis de investigación: La fibra de caucho mejora la base granular de los pavimentos.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

PROPIEDADES MECÁNICAS

Ensayo Proctor Modificado

Se ha producido cambios en la máxima densidad seca y el contenido óptimo de humedad del suelo ensayado a medida que se incrementa el porcentaje de fibra de caucho.

Se pudo observar que a la misma aplicación de energía de compactación fue posible obtener una máxima densidad seca menor. Por consiguiente, la reducción de la máxima densidad seca es menor a la base granular adicionado que la base granular en estado natural. A continuación, se presenta un resumen en el que se muestran el promedio total de los tres ensayos realizados tanto para muestra patrón y muestra con la adición de porcentajes de fibra de caucho de 0.5%, 1.5% y 3.0%.

Tabla 38. resultados promedios de proctor modificado

PROCTOR MODIFICADO MATERIAL GRANULAR CON FIBRA DE CAUCHO		
FIBRA DE CAUCHO (%)	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
muestra patrón	2.22	6.30
0.50	2.19	6.40
1.50	2.19	6.40
3.00	2.11	6.70

Fuente: propia

Variación del CBR a la adición de fibra de caucho

Para analizar el comportamiento del valor de soporte de la base granular se realizó el ensayo de CBR, tanto para la muestra patrón, así como la muestra con adición de la fibra de caucho en porcentajes crecientes, se tomaron porcentajes de fibra de caucho de 0.5%, 1.5% y 3.0% respecto al peso seco del suelo y se realizaron los procedimientos correspondientes del ensayo para obtener los resultados finales, como se observa a continuación.

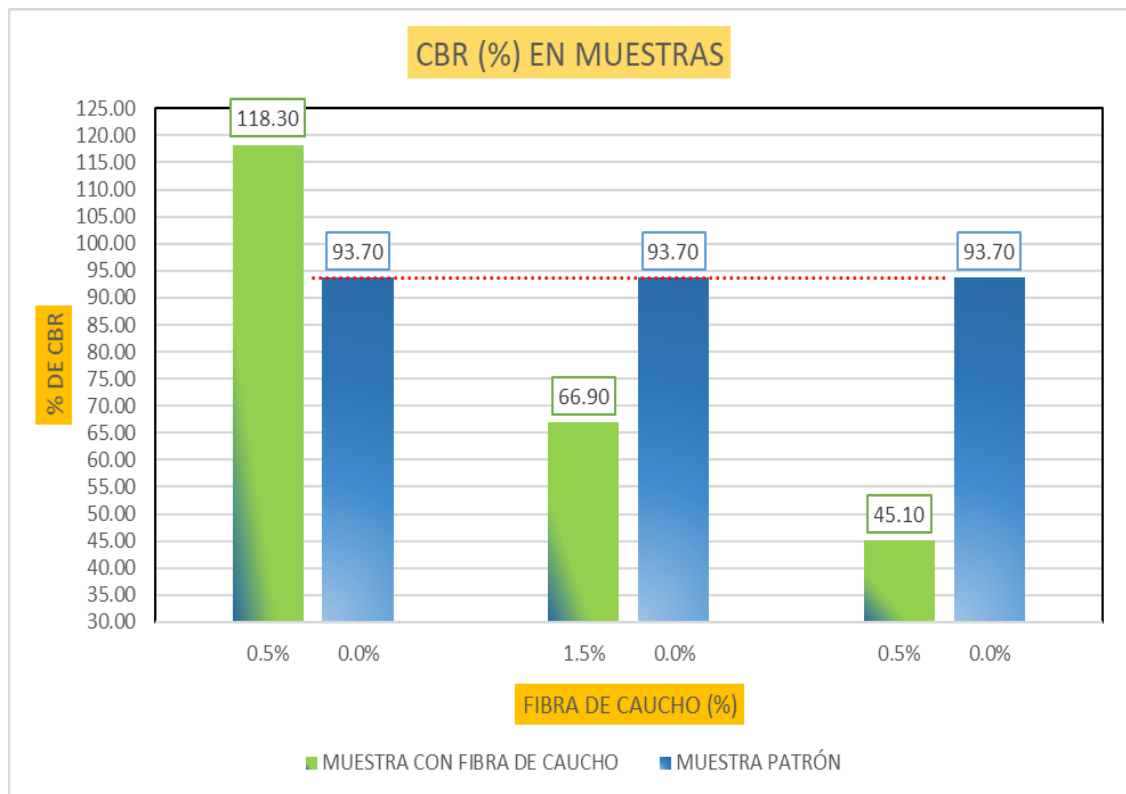


Figura 41. Resultados C.B.R. muestra patrón y muestra con fibra de caucho

Fuente: propia

Los resultados del ensayo de C.B.R. para suelo natural y posteriormente con la adición de fibra de caucho muestra que el CBR convencional es de 93.70% y en proporciones de 0.5%, 1.5% y 3.0%, el valor de C.B.R. es de 118.30%, 66.90% y 45.10% respectivamente, de donde se observa que el suelo natural se puede utilizar en bases granulares para trafico ligero y la muestra con adición de fibra de caucho se puede utilizar en vías de trafico pesado por presentar un CBR mayor al minimo de 100% soportando asi mayores cargas vehiculares, sin embargo, se puede notar que a la adición del 1.5% y 3.0%, este valor de C.B.R. desciende nuevamente.

Se realizó una gráfica relacionando los distintos porcentajes de fibra de caucho adicionados al suelo respecto al CBR obtenido para cada uno de estos porcentajes como se ve en la siguiente figura.

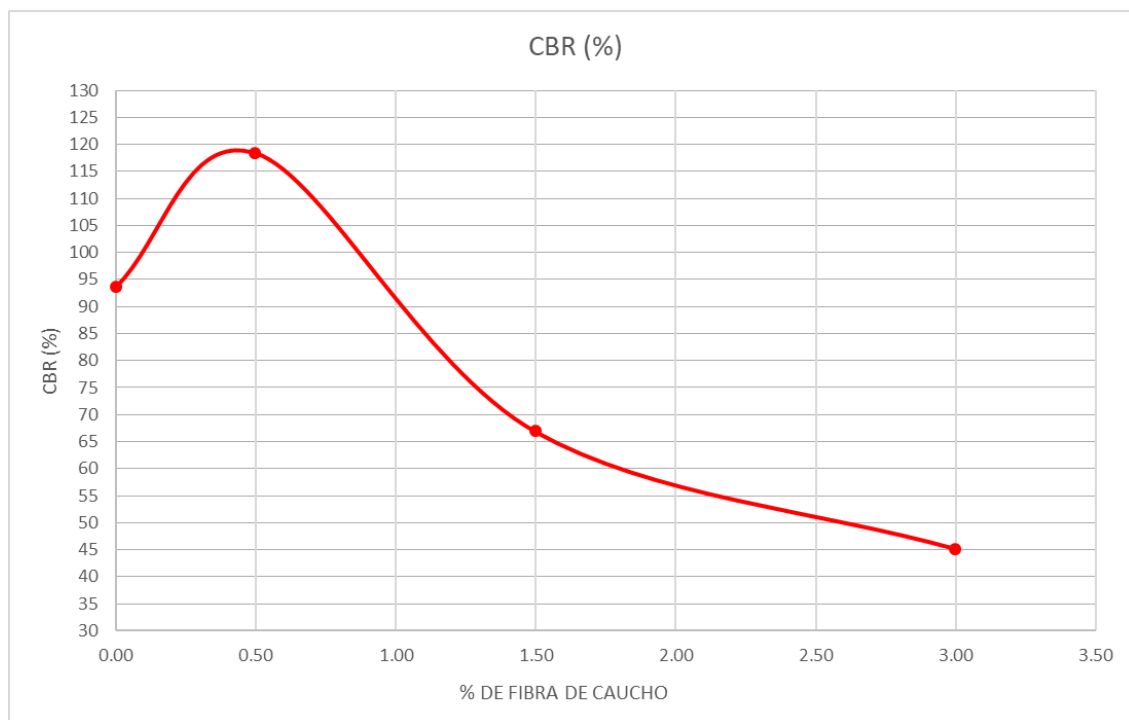


Figura 42. Resultados ensayo CBR
Fuente: propia

Variación del óptimo contenido de humedad a la adición de fibra de caucho

Para analizar el comportamiento del óptimo contenido de humedad de la base granular se realizó el ensayo de proctor modificado, tanto para la muestra patrón, así como la muestra con adición de la fibra de caucho en porcentajes

crecientes, se tomaron porcentajes de fibra de caucho de 0.5%, 1.5% y 3.0% respecto al peso seco del suelo, como se observa a continuación.

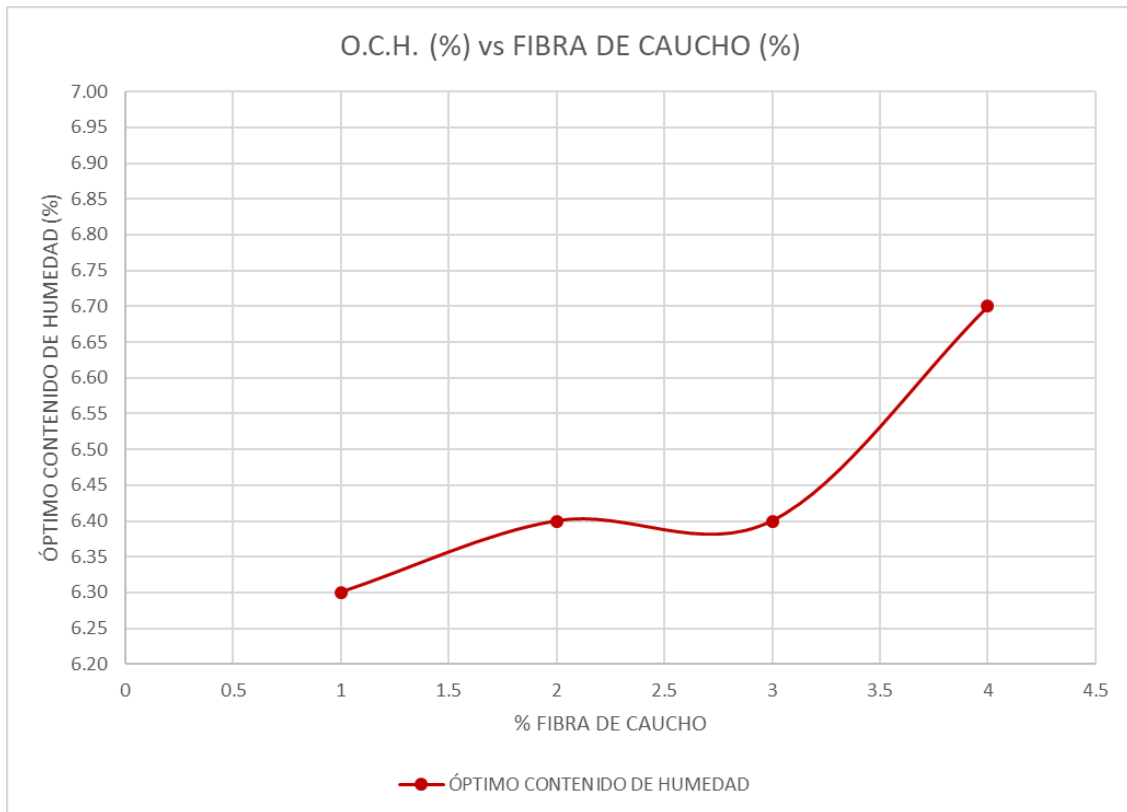


Figura 43. Resultados del óptimo contenido de humedad
Fuente: propia

Como se observa en la figura, se analizó los valores del óptimo contenido de humedad que aumenta para 0.5% de fibra de caucho de 6.30% a 6.40%, para 3.0% de fibra de caucho el valor del OCH llega a un valor elevado de 6.70%, tal como se observa en la figura.

Variación de la máxima densidad seca a la adición de fibra de caucho

Para determinar los efectos que produce la fibra de caucho en la máxima densidad seca de la base granular se realizó el ensayo de proctor modificado, para determinar la MDS, tanto para la muestra patrón, así como la muestra con adición de la fibra de caucho en porcentajes crecientes, se tomaron porcentajes de fibra de caucho de 0.5%, 1.5% y 3.0% respecto al peso seco del suelo, como se observa a continuación.

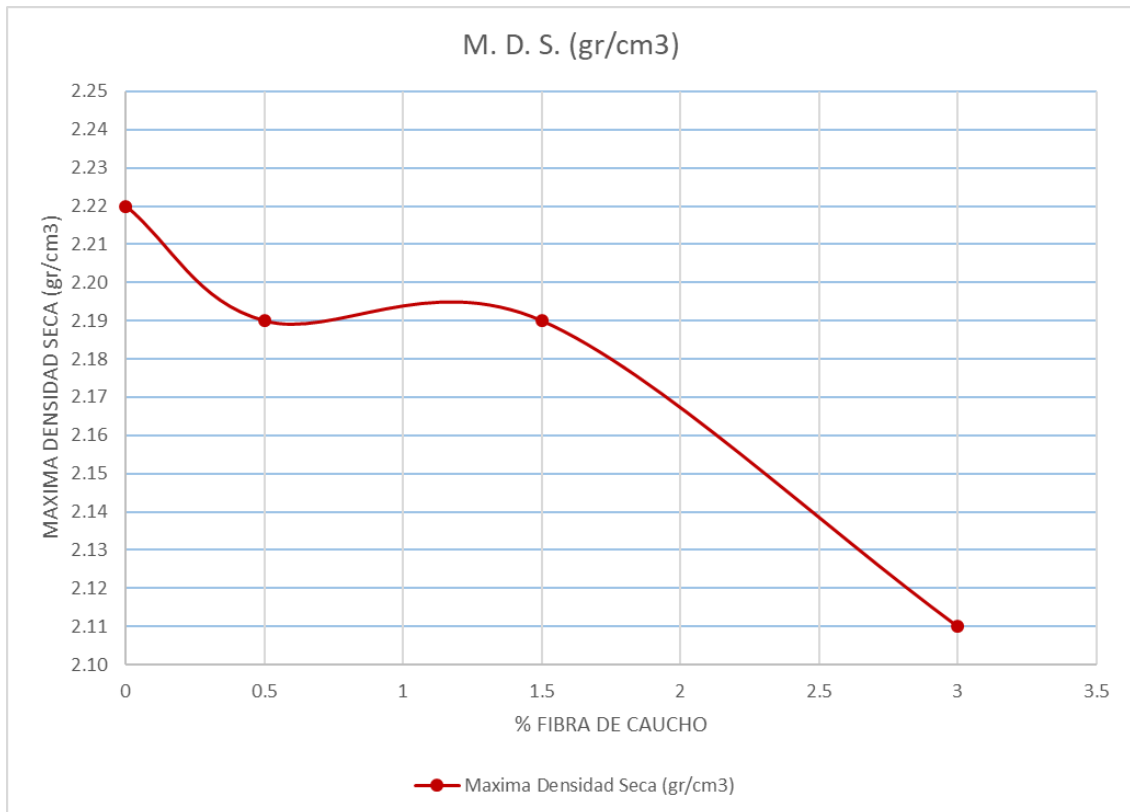


Figura 44. resultados de la maxima densidad seca
Fuente: propia

Los resultados del ensayo de proctor modificado para suelo natural y posteriormente con la adición de fibra de caucho en proporciones de 0.5%, 1.5% y 3.0%, revelan que a la adición proporcional de fibra de caucho al 0.5% respecto al peso del suelo; el valor de la máxima densidad seca va decreciendo lo mismo se puede notar a la adición del 1.5% y 3.0%, este valor de la máxima densidad seca desciende nuevamente, los valores obtenidos después del ensayo son de 2.19 gr/cm³, 2.19 gr/cm³ y 2.11 gr/cm³ respectivamente.

Mejoramiento de la base granular a la adición de fibra de caucho

Para explicar el mejoramiento de la base granular se realizó el ensayo de CBR y se halló el OCH y la MDS, tanto para la muestra patrón, así como la muestra con adición de la fibra de caucho en porcentajes crecientes, se tomaron porcentajes de fibra de caucho de 0.5%, 1.5% y 3.0% respecto al peso seco del suelo, como se observa a continuación.

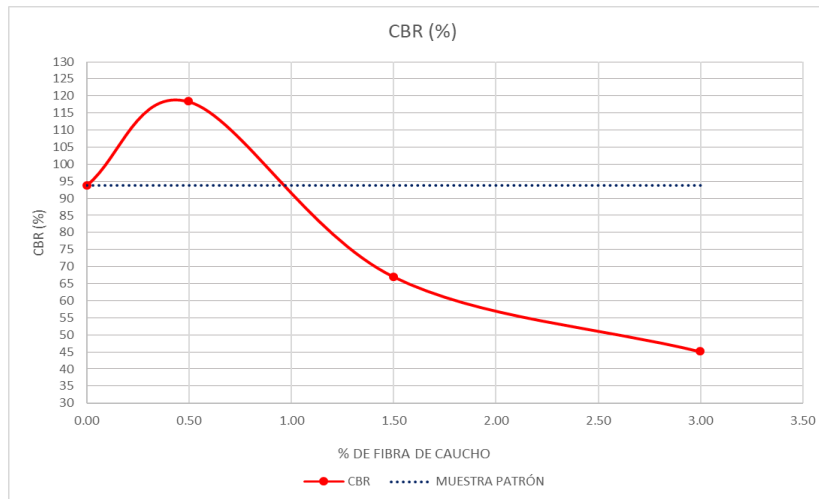


Figura 45. Resultados ensayo CBR
Fuente: propia

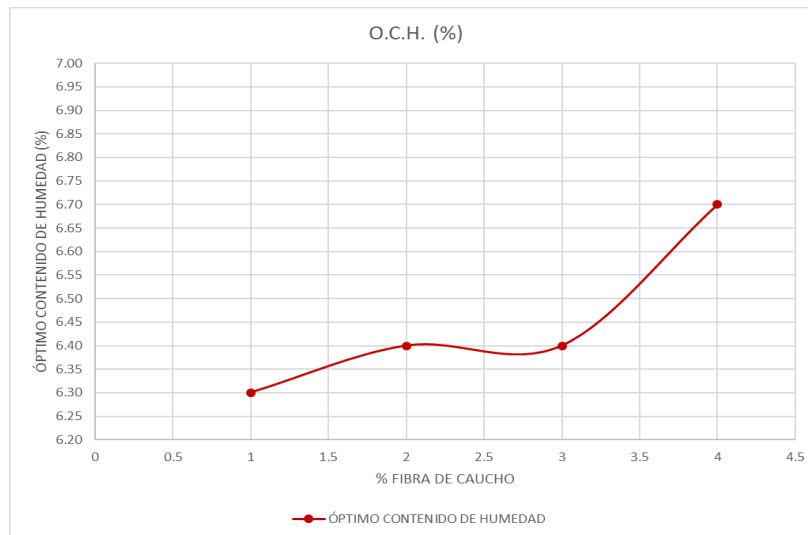


Figura 46. Resultados del óptimo contenido de humedad
Fuente: propia

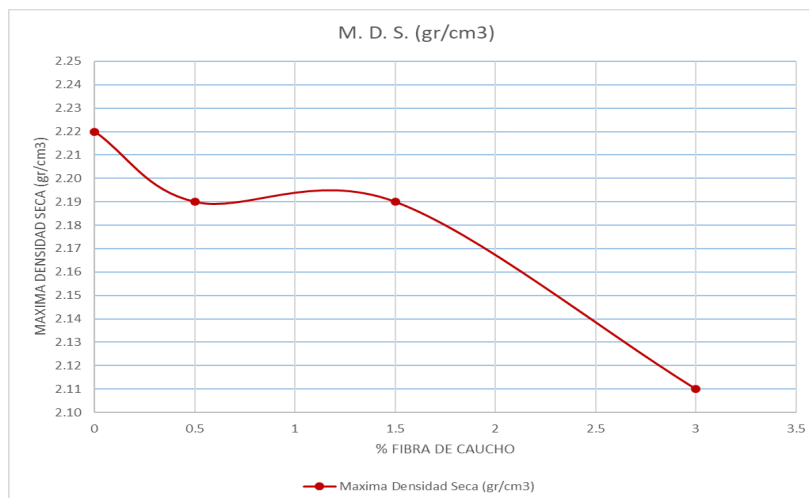


Figura 47. Resultados de la maxima densidad seca
Fuente: propia

De los resultados obtenidos de las figuras se explica que la adición de fibra de caucho mejora la base granular de los pavimentos al obtener el valor de soporte CBR de 118.30 %, el OCH de 6.40% y la MDS de 2.19 gr/cm³ para 0.5% de adición de fibra de caucho a la muestra natural, dándole mayor capacidad de soportar las cargas producidas por los vehículos y resistencia a la deformación bajo las sollicitaciones repetidas del tránsito correspondientes a la intensidad del tránsito pesado, la cual es la función principal de la base granular.

CONCLUSIONES

1. Se determinó que la adición de fibra de caucho óptima es un 0.5% en la base granular de los pavimentos, influyendo de manera positiva en la propiedades mecánicas al aumentar el CBR en un 24.60%, su óptimo contenido de humedad (O.C.H) aumenta en 0.10% y su máxima densidad seca (M.D.S) se reduce en un 0.03%, respecto a sus valores convencionales.
2. Se concluye que para la adición de fibra de caucho en porcentajes de 0.5%, 1.50% y 3.00% varía directamente el óptimo contenido de humedad obteniendo valores de 6.40%, 6.40% y 6.70% respectivamente, determinando así un aumento en la variación del contenido de humedad en un 0.01%, 0.01% y 0.04% respectivamente con respecto a los valores convencionales.
3. Se determinó que la máxima densidad seca del material granular convencional es de 2.22 gr/cm³ y con la adición de fibra de caucho en porcentajes de 0.5%, 1.50% y 3.00% disminuye la máxima densidad seca (M.D.S), obteniendo los valores de 2.19 gr/cm³, 2.19 gr/cm³ y 2.11 gr/cm³ respectivamente.
4. Se identifica que al adicionar fibra de caucho en porcentaje de 0.5% a la base granular, este presenta un mejor comportamiento estructural que cumple con los parámetros de calidad, resistencia y trabajabilidad asegurando las propiedades mecánicas que pueda cumplir con la asimilación de cargas vehiculares.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda usar la fibra de caucho en una dosificación de 0.5% para mejorar las propiedades mecánicas de las bases granular de los pavimentos.
2. Se recomienda establecer un nuevo análisis de dosificación de fibra de caucho para materiales granulares de diferentes canteras, que cumplan con las características mínimas de calidad.
3. Se recomienda realizar ensayos de caracterización de agregados para cada cambio de material, determinando así su CBR, proctor modificado, su óptimo contenido de humedad (O.C.H) y su máxima densidad Seca (M.D.S) que serán fundamentales para determinar una dosificación de fibra de caucho óptima.
4. Tener en cuenta las características geográficas de los puntos a emplear la fibra de caucho, por ser una de las variables que más afecta a las bases granulares de los pavimentos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arrieta, Y. y Pérez, J. (2017). *Estudio para caracterizar una mezcla de concreto con caucho reciclado en un 5% en peso comparado con una mezcla de concreto tradicional de 3500 psi.* (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia; Bogotá, Colombia.
2. Badillo, O. y Alfonso, J., (2011). *Evaluación de la capacidad de disipación de energía de concreto con fibras metálicas y de caucho de desecho de llanta.* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana; Bogotá D.C., Colombia.
3. Borja, F. (2014). *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados del pavimento flexible de la carretera cañete – lunahuana.* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca; Jaén, Cajamarca, Perú.
4. Cabanillas, E. (2017) en su tesis denominada: *Comportamiento físico mecánico del concreto hidráulico adicionado con caucho.* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Cajamarca; Cajamarca, Perú.
5. Ccoillo, I. (2017). *Comportamiento de la subrasante de suelos con adición de escoria en pavimentos flexibles de la Universidad Agraria la Molina – 2016.* (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo; Lima, Perú.
6. Cuadros, C. (2017). *Mejoramiento de las propiedades físico - mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la red vial departamental de la región Junín mediante la estabilización química con óxido de calcio – 2016.* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana Los Andes; Huancayo, Perú.
7. Delgadillo y Gómez, (2015) en su tesis denominada: *Caracterización mecánica y petrográfica de materiales de base granular bg-25 a partir de normas Idu e Invias.* (Tesis de pregrado).Universidad Distrital Francisco José de Caldas; Bogotá, Colombia.
8. Díaz, J. (2016). *Análisis de los procedimientos constructivos de bases y sub - bases granulares para pavimentos flexibles.* (Tesis de posgrado).Universidad Nacional Autónoma de México; Ciudad de México, México.
9. Herrera V. y Contreras, K. (2015). *Mejoramiento del agregado obtenido de escombros de la construcción para bases y sub - bases de estructura de pavimento en Nuevo Chimbote – Santa – Ancash.* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Santa; Nuevo Chimbote, Perú.

10. Laica, J. (2016). *Influencia de la inclusión de polímero reciclado (caucho) en las propiedades mecánicas de una sub base*. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato; Ambato, Ecuador.
11. Leiva, R. (2016). *Utilización de bolsas de polietileno para el mejoramiento de suelo a nivel de la subrasante en el jr. Arequipa, progresiva km 0+000 - km 0+100, distrito de orcotuna, Concepción*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro; Huancayo, Perú.
12. Luna, P. (2013). *Estudio de la aplicación potencial de compuestos obtenidos con residuos de caucho reciclado provenientes de continental tire andina como materiales estructurales*. (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana; Cuenca, Ecuador:
13. Lozada, E. (2018). *Estudio de las características físicas y mecánicas de las canteras Hualango como material de afirmado en carreteras - provincia de Utcubamba*. (Tesis de pregrado). Universidad Señor de Sipán; Pimentel, Perú.
14. Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013), Perú.
15. Manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (2016), Perú.
16. Ramírez, A. (2016). *Estudio del comportamiento del concreto reforzado con fibras obtenidas del reciclado de llantas*. (tesis de posgrado). Universidad Nacional Autónoma de México; Ciudad de Mexico, Mexico.
17. Ramírez, M. (2013). *La geogrilla de fibra de vidrio, en el marco de la mecánica de materiales, como alternativa para la reparación de pavimentos*. (Tesis de pregrado). Universidad Ricardo Palma; Lima, Perú.

ANEXOS

Anexo 1 Matriz de consistencia

TESIS: “INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LA PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS”

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	METODOLOGÍA
<p>Problema General</p> <p>¿De qué manera influye la fibra de caucho en las propiedades mecánicas de la base granular de los pavimentos en la ciudad de Huancayo?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Determinar que la fibra de caucho influye en las propiedades mecánicas de la base granular de los pavimentos de la ciudad de Huancayo.</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>La fibra de caucho influye de manera positiva en las propiedades mecánicas de la base granular de los pavimentos de la ciudad de Huancayo.</p>	<p>Variable independiente: Fibra de caucho</p> <p>Dimensiones: Caucho natural Caucho sintético</p>	<p>Método: Científico</p> <p>Tipo: Aplicada</p> <p>Nivel: Explicativo</p> <p>Diseño: Experimental</p> <p>Tipo de muestreo: por conveniencia</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>¿Cuál es la variación del óptimo contenido de humedad al adicionar fibra de caucho en la base</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>Analizar la variación del contenido óptimo de humedad al adicionar fibra de caucho en la base granular de los pavimentos.</p>	<p>Hipótesis Específicas</p> <p>Al analizar la fibra de caucho eleva el óptimo contenido de humedad de la base granular de los pavimentos.</p>	<p>Variable dependiente: Propiedades mecánicas de la base granular</p> <p>Dimensiones: - Óptimo contenido de humedad</p>	<p>Población: La población está conformado por los agregados para base granular de la cantera de San Juan de Iscos.</p>

<p>granular de los pavimentos?</p> <p>¿Qué efecto produce la fibra de caucho en la máxima densidad seca de la base granular de los pavimentos?</p> <p>¿Cuál es el mejoramiento que produce la fibra de caucho en la base granular de los pavimentos?</p>	<p>Determinar los efectos que produce la fibra de caucho en la máxima densidad seca de la base granular de los pavimentos.</p> <p>Identificar el mejoramiento que produce la fibra de caucho en la base granular de los pavimentos.</p>	<p>La fibra de caucho disminuye la máxima densidad seca de la base granular de los pavimentos.</p> <p>La fibra de caucho mejora la base granular de los pavimentos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Máxima densidad seca - Mejoramiento 	<p>Muestra: Se realizó 4 ensayos para el proctor modificado y C.B.R.</p> <p>Técnicas e instrumentos: Técnica: la observación, medición y experimentación; instrumentos: los equipos y herramientas de laboratorio.</p>
--	---	---	--	--

Anexo 2 Certificados de laboratorio para muestra patrón

- **Análisis granulométrico**
- **Límites de consistencia**
- **Abrasión los angeles**
- **Equivalente de arena**
- **Durabilidad de agregados**
- **Partículas chatas y alargadas**
- **Proctor modificado**
- **Relación de capacidad de soporte (CBR)**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS ASESORES

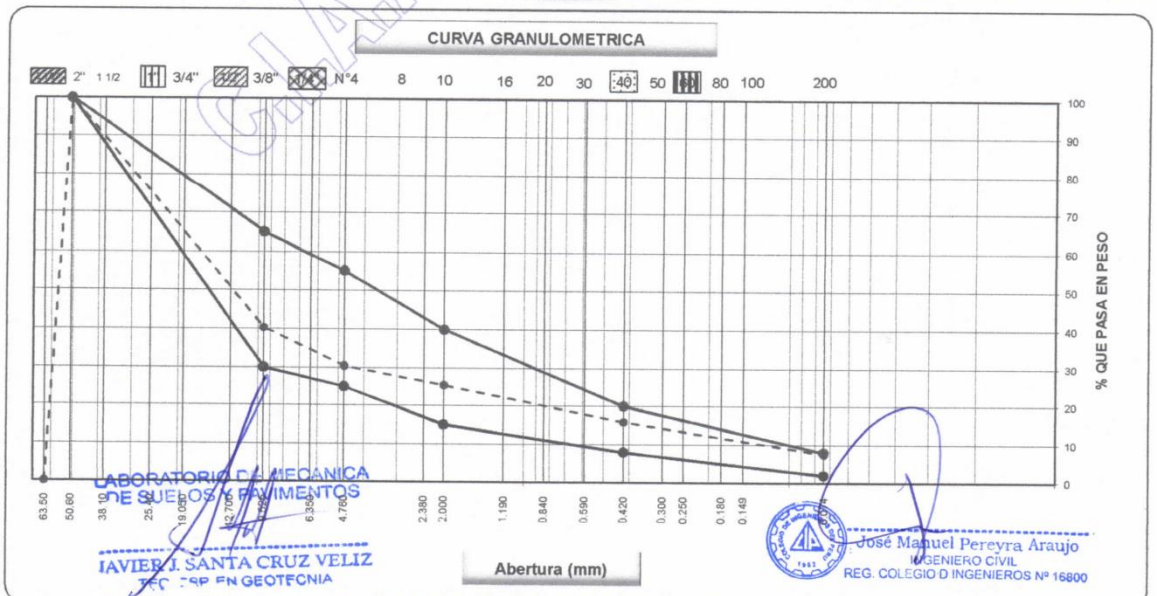
SANTA CRUZ SCRL

ELABORACION DE PROYECTOS - EJECUCION DE OBRAS - CONTROL DE CALIDAD EN MECANICA DE SUELOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS	ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	
	(MTC E-107 / A	-117 / AASHTO T-27, T-88)
TESIS: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS		
Cantera : YSCOS	Provincia : CHUPACA	Ing. Resp. : J.G.D.I
Material : PARA BASE GRANULAR	Fecha : 02/09/19	Téc. Resp. : J.S.C.V
Distrito : SAN JUAN DE YSCOS	Lado : IZQ.	Téc. Lab. : J.S.C.V

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Base Gradacion A		Descripción
5"	127.000							1. Peso de Material 11
4"	101.600							Peso Inicial Total (kg) 4,385.0
3"	76.200							Peso Fracción Fina Para Lavar (gr) 0.0
2 1/2"	63.500							
2"	50.800				100.0	100	100	2. Características
1 1/2"	38.100	198.0	4.5	4.5	95.5			Tamaño Máximo 2"
1"	25.400	225.0	5.1	9.7	90.4			Tamaño Máximo Nominal 1 1/2"
3/4"	19.000	650.0	14.8	24.5	75.5			Grava (%) 69.6
1/2"	12.700	985.0	22.5	46.9	53.1			Arena (%) 22.8
3/8"	9.520	560.0	12.8	59.7	40.3	30	65	Finos (%) 7.6
1/4"	6.350	225.0	5.1	64.8	35.2			Módulo de Fineza (%)
N° 4	4.750	210.0	4.8	69.6	30.4	25	55	
N° 8	2.360	178.0	4.1	73.7	26.3			3. Clasificación
N° 10	2.000	38.0	0.9	74.6	25.5	15	40	Límite Líquido (%) NP
N° 16	1.190	102.0	2.3	76.9	23.1			Límite Plástico (%) NP
N° 20	0.850	80.0	1.8	78.7	21.3			Índice de Plasticidad (%) NP
N° 30	0.600	85.0	1.9	80.6	19.4			Clasificación SUCS GP-GM
N° 40	0.420	155.0	3.5	84.2	15.8	8	20	Clasificación AASHTO A-1-a (0)
N° 50	0.300	140.0	3.2	87.4	12.6			4. Descripción:
N° 60	0.250	0.0	0.0	0.0	12.6			
N° 80	0.180	145.0	3.3	90.7	9.3			5. Observaciones (Fuente de Normalización)
N° 100	0.150	35.0	0.8	91.5	8.5			Manual de carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG-2013)
N° 200	0.074	40.0	0.9	92.4	7.6	2	8	
Pasante		334.0	7.6	100.0	0.0			



Av oriente N° 772-Concepcion Telef. 581405 - Cel. Mov. 975151126 - *413854 - 964512425 - *165302 - 954431184 - claro 964328911
 Email CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

LÍMITES DE CONSISTENCIA

SANTA CRUZ SCRL

ELABORACION DE PROYECTOS - EJECUCION DE OBRAS - CONTROL DE CALIDAD EN MECANICA DE SUELOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS		LIMITES DE CONSISTENCIA		
		NORMA (MTC E 110-111 / ASTM D-4318 7 AASHTO T-90, T-89)		
TESIS: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS				
Cantera :	YSCOS	Provincia :	CHUPACA	Ing. Resp. : J.G.D.I
Material :	PARA BASE GRANULAR	Fecha :	02/09/19	Téc. Resp. : J.S.C.V
Distrito :	SAN JUAN DE YSCOS	Lado :	IZQ.	Téc. Lab. : J.S.C.V

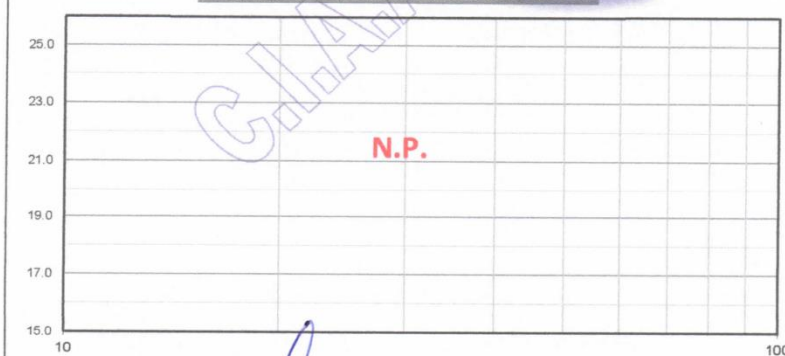
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de Tarro					
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.				
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.				
Peso de Tarro	gr.				
Peso de Agua	gr.				
Peso del Suelo Seco	gr.				Limite Liquido
Contenido de Humedad	%				NP
Numero de Golpes					

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro		10	5		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.				
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.				
Peso de Tarro	gr.				
Peso de Agua	gr.				
Peso de Suelo seco	gr.				NP
Contenido de Humedad	%				

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



Constantes Físicas de la Muestra

Limite Liquido	NP
Limite Plástico	NP
Indice de Plasticidad	NP

Observaciones

Pasante Tamiz N° 40

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

JAVIER J. SANTA CRUZ VELIZ
INGENIERO EN GEOTECNIA



José Manuel Pereyra Araujo
INGENIERO CIVIL
REG. COLEGIO D INGENIEROS N° 16900

ABRASIÓN LOS ANGELES

SANTA CRUZ SCRL

ELABORACION DE PROYECTOS - EJECUCION DE OBRAS - CONTROL DE CALIDAD EN MECANICA DE SUELOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS		ABRASION LOS ANGELES (MTC E-207 / ASTM C-131, C-535 / AASTHO T-96)		
TESIS: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS				
Cantera : YSCOS	Provincia : CHUPACA	Fecha : 02/09/19	Ing. Resp. : J.G.D.J	
Material : PARA BASE GRANULAR		Lado : IZQ.	Téc. Resp. : J.S.C.V	
Distrito : SAN JUAN DE YSCOS			Téc. Lab. : J.S.C.V	

Muestra				1	2	3
Pasa Tamiz		Retenido en Tamiz		PESOS Y GRANULOMETRIAS (grs) GRADACION		
mm	pulg.	mm	pulg.	A	B	C
37.5	1 1/2"	1 1/2"	1"	1255		
25	1"	1"	3/4"	1248		
19	3/4"	3/4"	1/2"	1250		
12.5	1/2"	1/2"	3/8"	1251		
9.5	3/8"	3/8"	1/4"			
6.3	1/4"	1/4"	N° 04			
4.75	N°4	N° 4	N° 08			
Peso Total				5004		
Perdida despues del ensayo				1204		
Peso Obtenido				3800		
N° de Esferas				12		
Peso de las Esferas						
Porcentaje Obtenido				24.1		

OBSERVACIONES :

LABORATORIO DE MECANICA
DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JAVIER L. SANTA CRUZ VELIZ
INGENIERO EN GEOTECNIA

José Manuel Pereyra Araujo
INGENIERO CIVIL
REG. COLEGIO D INGENIEROS N° 16800

EQUIVALENTE DE ARENA

SANTA CRUZ SCRL

ELABORACION DE PROYECTOS - EJECUCION DE OBRAS - CONTROL DE CALIDAD EN MECANICA DE SUELOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS	EQUIVALENTE DE ARENA (MTC E-114 / ASTM D-2419 / AASTHO T-176)		
TESIS: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS			
Cantera : YSCOS	Provincia : CHUPACA	Fecha : 02/09/19	Ing. Resp. : J.G.D.J
Material : PARA BASE GRANULAR		Lado : IZQ.	Téc. Resp. : J.S.C.V
Distrto : SAN JUAN DE YSCOS			Téc. Lab. : J.S.C.V

Descripcion	U/m	IDENTIFICACION				Promedio
		1	2	3	4	
Tamaño máximo (pasa malla N° 4)	mm	4.76	4.76	4.76		
Hora de entrada a saturación		10:20	10:22	10:24		
Hora de salida de saturación (mas 10")		10:30	10:32	10:34		
Hora de entrada a decantación		10:32	10:34	10:36		
Hora de salida de decantación (mas 20")		10:52	10:54	10:56		
Altura máxima de material fino	mm	5.00	5.10	4.90		
Altura máxima de la arena	mm	2.90	2.90	2.80		
Equivalente de Arena	%	58.00	56.86	57.14		57

OBSERVACIONES :

LABORATORIO DE MECANICA
DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JAVIER SANTA CRUZ VELIZ
TEC EN GEOTECNIA



José Manuel Pereyra Araujo
INGENIERO CIVIL
REG. COLEGIO D INGENIEROS N° 16800

DURABILIDAD DE AGREGADOS

SANTA CRUZ SCRL

ELABORACION DE PROYECTOS - EJECUCION DE OBRAS - CONTROL DE CALIDAD EN MECANICA DE SUELOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS		DURABILIDAD DE AGREGADOS (MTC E-209 / ASTM C-88 / AASTHO T-104)			
TESIS: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS					
Cantera :	YSCOS	Provincia :	CHUPACA	Ing. Resp. :	J.G.D.I
Material :	PARA BASE GRANULAR	Fecha :	02/09/19	Téc. Resp. :	J.S.C.V
Distrito :	SAN JUAN DE YSCOS	Lado :	IZQ.	Téc. Lab. :	J.S.C.V

AGREGADO GRUESO

Tamaño de Tamiz		Peso Requer. (gr.)	Recipient. N°	Peso Inicial (gr.)	Peso Final (gr.)	Pérdida		Escalonado Original	Pérdida Corregida
						Peso	%		
2"	1 1/2"								
1 1/2"	1"	5000 +/- 300	1	4940.0	4835.0	105.0	2.13	5.13	0.109
1"	3/4"	5000 +/- 300	2	4940.0	4850.0	90.0	1.82	14.82	0.270
3/4"	1/2"	670 +/- 10	3	675.0	596.0	79.0	11.70	22.46	2.629
1/2"	3/8"	670 +/- 10	4	675.0	625.0	50.0	7.41	12.77	0.946
3/8"	N° 04"	300 +/- 5	5	300.1	255.0	45.1	15.0	4.8	2.2
TOTALES								60.0	6.11%

AGREGADO FINO

Tamaño de Tamiz		Peso Requer. (gr.)	Recipient. N°	Peso Inicial (gr.)	Peso Final (gr.)	Pérdida		Escalonado Original	Pérdida Corregida
						Peso	%		
3/8"	N° 04	100							
N° 04	N° 08	100	1	100.0	91.50	8.50	8.50	1.1	0.09
N° 08	N° 16	100	2	100.0	90.00	10.00	10.00	17.0	1.70
N° 16	N° 30	100	3	100.0	90.88	9.12	9.12	25.2	2.30
N° 30	N° 50	100	4	100.0	91.65	8.35	8.35	26.0	2.17
N° 50	N° 100	100	5	100.0	90.58	9.42	9.42	11.4	1.07
N° 100								5.0	
TOTALES								85.7	7.33%

OBSERVACIONES : Ensayo realizado con Sulfato de Magnesio

LABORATORIO DE MECANICA
DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JAVIER SANTA CRUZ VELIZ
TEC EN GEOTECNIA

Jose Manuel Pereyra Araujo
INGENIERO CIVIL
REG. COLEGIO D INGENIEROS N° 16800

PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS

SANTA CRUZ SCRL

ELABORACION DE PROYECTOS - EJECUCION DE OBRAS - CONTROL DE CALIDAD EN MECANICA DE SUELOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CONSORCIO ISCOS		PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (MTC E-221 / ASTM D-4791)		
TESIS: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS				
Cantera : YSCOS	Provincia : CHUPACA		Ing. Resp. : J.G.D.J	
Material : PARA BASE GRANULAR		Fecha : 02/09/19	Téc. Resp. : J.S.C.V	
Distrito : SAN JUAN DE YSCOS		Lado : IZQ.	Téc. Lab. : J.S.C.V	

Tamaño Maximo de Agregado		Agregado Grueso			Particulas Chatas y Alargadas				Chata y Alargadas
		Peso Retenido	% Retenido	% que Pasa	Peso de Fraccion	Peso	(%)	% Corregido	% Parcial
Tamiz	Retenido	A	B	C	D	E	$F = ((E/D) * 100)$	$G = F * B$	H=G
1 1/2"	2"								
1"	1 1/2"	225	8.5	91.5	2786	20.0	0.7	6.1	6.1
3/4"	1"	650	24.6	75.4	1466	20.0	1.4	33.5	33.5
1/2"	3/4"	985	37.2	62.8	1080	18.0	1.7	62.1	62.1
3/8"	1/2"	560	21.2	78.8	311	19.0	6.1	129.3	129.3
1/4"	3/8"	225	8.5	91.5	148	12.0	8.1	69.0	69.0
Total		2645.0	100.0	0.0	5791	89		300.0	300.0

Resultados:

Peso Total de la Muestra	5791.0
Particulas Chatas y Alargadas	3.0

OBSERVACIONES : Relacion Espesor/Longitud 1:3

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

JAVIERA SANTA CRUZ VELIZ
INGENIERA EN GEOTECNIA



José Manuel Pereyra Araujo
INGENIERO CIVIL
REG. COLEGIO D INGENIEROS N° 16800

PROCTOR
MODIFICADO

SANTA CRUZ SCRL

ELABORACION DE PROYECTOS - EJECUCION DE OBRAS - CONTROL DE CALIDAD EN MECANICA DE SUELOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS	RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)	
	(MTC E-116, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)	

TESIS: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS

Cantera :	YSCOS	Provincia :	CHUPACA	Ing. Resp. :	J.G.D.I
Material :	PARA BASE GRANULAR	Fecha :	02/09/19	Téc. Resp. :	J.S.C.V
Distrito :	SAN JUAN DE YSCOS	Lado :	IZQ.	Téc. Lab. :	J.S.C.V

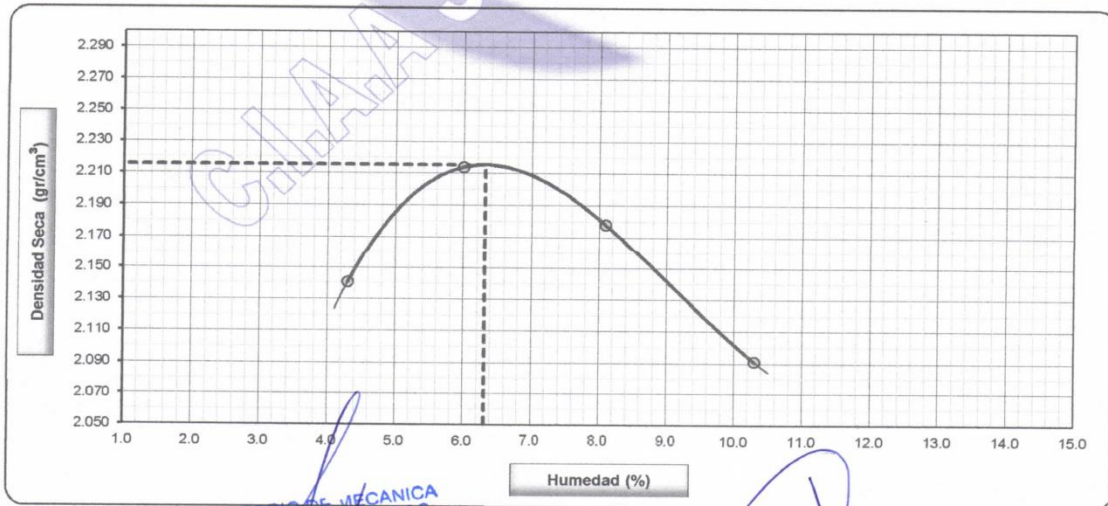
Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Peso Molde	2858	m3.	N° de capas	5
	Metodo	A	B	C	Volumen Molde	2121	gr.	N° de golpes	56Glp.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	7,595	7,835	7,850	7,750	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	4,737	4,977	4,992	4,892	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2.233	2.347	2.354	2.306	
Recipiente Numero		1	2	3	4	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	163.2	175.6	152.3	139.5	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	156.5	165.6	140.9	126.5	
Peso de la Tara	gr.					
Peso del agua	gr.	6.7	10.0	11.4	13.0	
Peso del suelo seco	gr.	157	166	141	127	
Contenido de agua	%	4.3	6.0	8.1	10.3	
Densidad Seca	gr/cc	2,141	2,214	2,178	2,091	

RESULTADOS

Densidad Máxima Seca	2.22	(gr/cm3)	Humedad óptima	6.3	%
Densidad Máxima Seca Corregida	2.319	(gr/cm3)	Humedad óptima	4.8	%

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES :

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JAVIER J. SANTA CRUZ VELIZ
TEC. EN INGENIERIA EN GEOTECNIA

Jose Manuel Pereyra Araujo
INGENIERO CIVIL
REG. COLEGIO INGENIEROS N° 16800

RELACIÓN DE CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR)

SANTA CRUZ SCRL

ELABORACION DE PROYECTOS - EJECUCION DE OBRAS - CONTROL DE CALIDAD EN MECANICA DE SUELOS
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS		RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR (MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)		
TESIS: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS				
Cantera :	YSCOS	Provincia :	CHUPACA	Ing. Resp. : J.G.D.I
Material :	PARA BASE GRANULAR	Fecha :	02/09/19	Téc. Resp. : J.S.C.V
Distrito :	SAN JUAN DE YSCOS	Lado :	IZQ.	Téc. Lab. : J.S.C.V

CALCULO DEL CBR

Condición de la muestra	10		11		12	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	10		11		12	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13650.0	13650.0	13250.0	13250.0	13150.0	13150.0
Peso de molde (g)	8582.0	8582.0	8388.0	8388.0	8538.0	8538.0
Peso del suelo húmedo (g)	5068.0	5068.0	4862.0	4862.0	4612.0	4612.0
Volumen del molde (cm ³)	2135.0	2135.0	2134.0	2134.0	2135.0	2135.0
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.374	2.374	2.278	2.278	2.160	2.160
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	680.0	636.1	566.0	612.4	543.0	543.0
Peso suelo seco + tara (g)	637.0	595.6	529.0	573.4	508.0	508.0
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	43.0	40.5	36.0	39.0	35.0	35.0
Peso de suelo seco (g)	637.0	595.6	529.0	573.4	508.0	508.0
Contenido de humedad (%)	6.8	6.8	6.8	6.8	6.9	6.9
Densidad seca (g/cm ³)	2.223	2.223	2.133	2.133	2.021	2.021

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
02/09/19	07:30	0		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
03/09/19	07:30	24		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
04/09/19	07:30	48		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
05/09/19	07:30	72		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000

NO EXPANSIVO

PENETRACION

PENETRACION		CARGA	MOLDE N°	M-10		MOLDE N°		M-11		MOLDE N°		M-12		
		STAND.	CARGA	CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000			0				0			0	0		
0.635	0.025			16.0				25.0			23.0			
1.270	0.050			52.0				105.0			46.0			
1.905	0.075			185.0				236.0			70.0			
2.540	0.100	70.3		450.0	1,300	96.0		350.0	900	66.5	150.0	300.0	22.2	
3.810	0.150			850.0				750.0			285.0			
5.080	0.200	105.5		1750.0	2,231	109.9		1250.0	1,494	73.6	450.0	568	28.0	
6.350	0.250			2120.0				1301.0			450.0			
7.620	0.300			2485.0				1650.0			685.0			
10.160	0.400													
12.700	0.500													

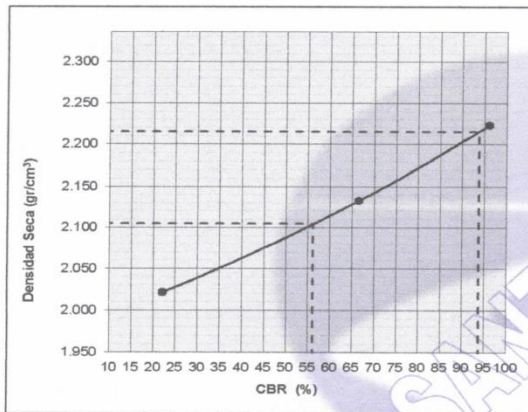
OBSERVACIONES: Av. Principal de la Industria 581405 - Cel. Mov. 975151126 - *413854- 964512425 - *165302- 954431184 - claro 964328911

Email CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

JAVIER J. SANTA CRUZ VELIZ
INGENIERO EN GEOTECNIAJosé Manuel Pezera Araujo
INGENIERO CIVIL
REG. COLEGIO D INGENIEROS N° 16800

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS			
BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS		RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR (MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)	
TESIS: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS			
Cantera :	YSCOS	Provincia :	CHUPACA
Material :	PARA BASE GRANULAR	Fecha :	02/09/19
Distrito :	SAN JUAN DE YSCOS	Lado :	IZQ.
		Ing. Resp. :	J.G.D.I
		Téc. Resp. :	J.S.C.V
		Téc. Lab. :	J.S.C.V

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR

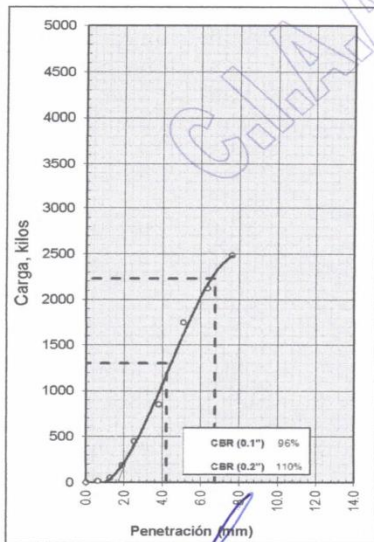


METODO DE COMPACTACION	: AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.215
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 6.3
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.105

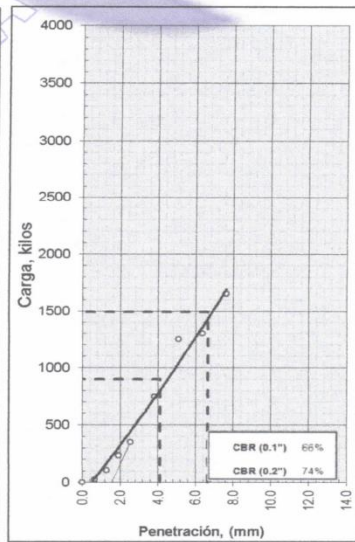
RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 93.7 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 56.0 %

OBSERVACIONES:

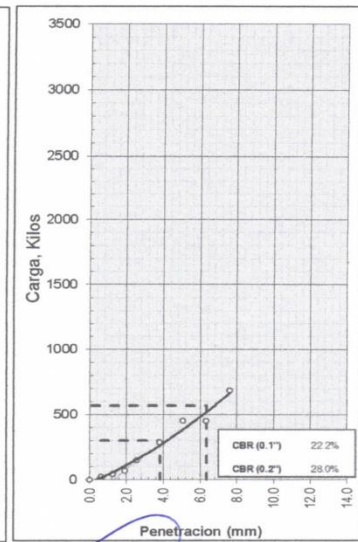
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ
INGENIERO EN GEOTECNIA

Tel. 581405 - Cel. Mov. 975151126 - *413854 - 964512425 - *165302 - 954431184 - claro 964328911

Email CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com



Jose Manuel Perceyra Aratujo
INGENIERO CIVIL
REG. COLEGIO D INGENIEROS N° 16800

Anexo 3 Certificados de laboratorio para las tres muestras patrón ensayadas con adición de fibra de caucho al 0.50%, 1.50% y 3.00%

- **Peso específico de la fibra de caucho**
- **Proctor modificado**
- **Relación de capacidad de soporte (CBR)**

PESO ESPECIFICO DE LA FIBRA DE CAUCHO

PESO ESPECIFICO

MTC E 206 - 2000

SOLICITA / PETICIONARIO : BACH. ABREGU CHAVEZ, JOSE LUIS
 PROYECTO / OBRA : INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA
 TRAMO : BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS

MUESTRA N° : FIBRAS DE CAUCHO
 MUESTRA : M-01
 UBICACIÓN DE OBRA : Distrito HUANCAYO
 Provincia HUANCAYO
 Region JUNIN

TECNICO : J.Santa Cruz V.
 FECHA : 02/09/2019

PESO ESPECIFICO DE LA FIBRA DE CAUCHO

MUESTRAS		MUESTRA 1	MUESTRA 2	PROMEDIO
A	PESO MAT. SAT. SUP. SECA (EN AIRE)	505.0	550.0	
B	PESO MAT. SAT. SUP. SECA (EN AGUA)	196.0	200.0	
C	VOL. DE MASA+VOL. DE VACIOS = A-B	309.0	350.0	
D	PESO MATERIAL SECO EN ESTUFA (105°C)	500.0	549.5	
E	VOL. DE MASA = C-(A-D)	304.0	349.5	
PESO ESPECIFICO= D/C		1.62	1.57	1.59

CIAA SANTA CRUZ SRL
 LABORATORIO DE SUELOS
 CONCRETO Y ASFALTADO
 JAVIER SANTA CRUZ VELIZ
 TECNICO LABORATORISTA


 José Manuel Pereyra Araujo
 INGENIERO CIVIL
 REG. COLECCION INGENIEROS N° 16800

PROCTOR
MODIFICADO

SANTA CRUZ SCRL

ELABORACION DE PROYECTOS - EJECUCION DE OBRAS - CONTROL DE CALIDAD EN MECANICA DE SUELOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

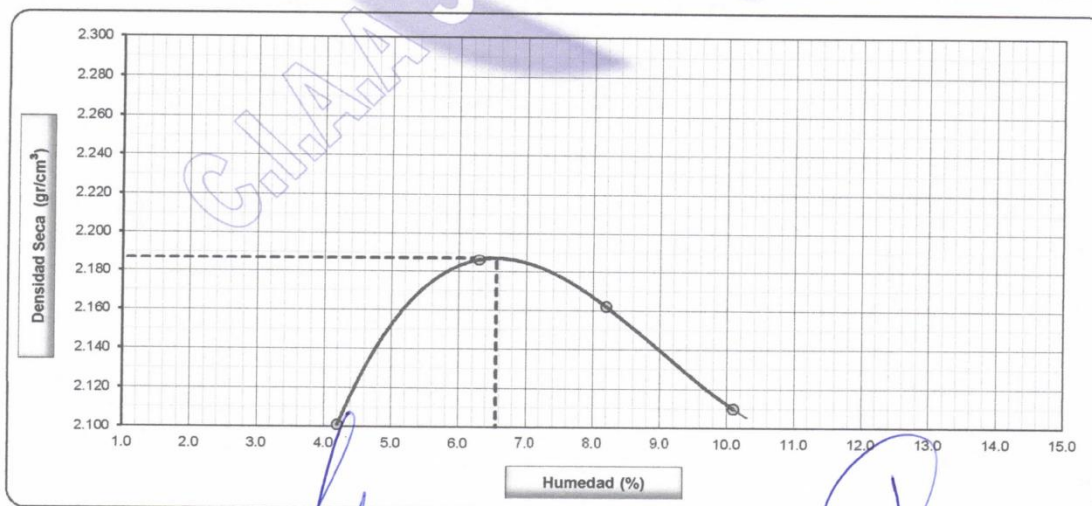
BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS		RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR) (MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)		FIBRA DE CAUCHO AL 0.5%	
TESIS: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS					
Cantera :	YSCOS	Cantera:	CHUPACA	Ing. Resp. :	J.G.D.I
Material :	PARA BASE GRANULAR	Fecha :	02/09/19	Téc. Resp. :	J.S.C.V
Distrito :	SAN JUAN DE YSCOS	Lado :	IZQ.	Téc. Lab. :	J.S.C.V

Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Peso Molde	2858	m3.	N° de capas	5
	Metodo	A	B	C	Volumen Molde	2121	gr.	N° de golpes	56Glp.
NUMERO DE ENSAYOS					1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.				7,500	7,788	7,820	7,785	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.				4,642	4,930	4,962	4,927	
Peso Volumetrico Humedo	gr.				2,189	2,324	2,339	2,323	
Recipiente Numero					1	2	3	4	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.				165.2	171.7	152.6	142.6	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.				158.5	161.5	141.0	129.5	
Peso de la Tara	gr.								
Peso del agua	gr.				6.7	10.2	11.6	13.1	
Peso del suelo seco	gr.				159	162	141	130	
Contenido de agua	%				4.2	6.3	8.2	10.1	
Densidad Seca	gr/cc				2.101	2.186	2.162	2.110	

RESULTADOS

Densidad Máxima Seca	2.19	(gr/cm3)	Humedad óptima	6.6	%
Densidad Máxima Seca Corregida	2.295	(gr/cm3)	Humedad óptima	4.9	%

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES :

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ
INGENIERO EN GEOTECNIA

Jose Manuel Percyra Araujo
INGENIERO CIVIL
REG. COLECCION DE INGENIEROS N° 16800



CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS ASESORES

SANTA CRUZ SCRL

ELABORACION DE PROYECTOS - EJECUCION DE OBRAS - CONTROL DE CALIDAD EN MECANICA DE SUELOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS	RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR) <small>(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)</small>	FIBRA DE CAUCHO AL 1.5 %
--	---	--------------------------

TESIS: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS

Cantera :	YSCOS	Provincia :	CHUPACA	Ing. Resp. :	J.G.D.I
Material :	PARA BASE GRANULAR	Fecha :	02/09/19	Téc. Resp. :	J.S.C.V
Distrito :	SAN JUAN DE YSCOS	Lado :	IZQ.	Téc. Lab. :	J.S.C.V

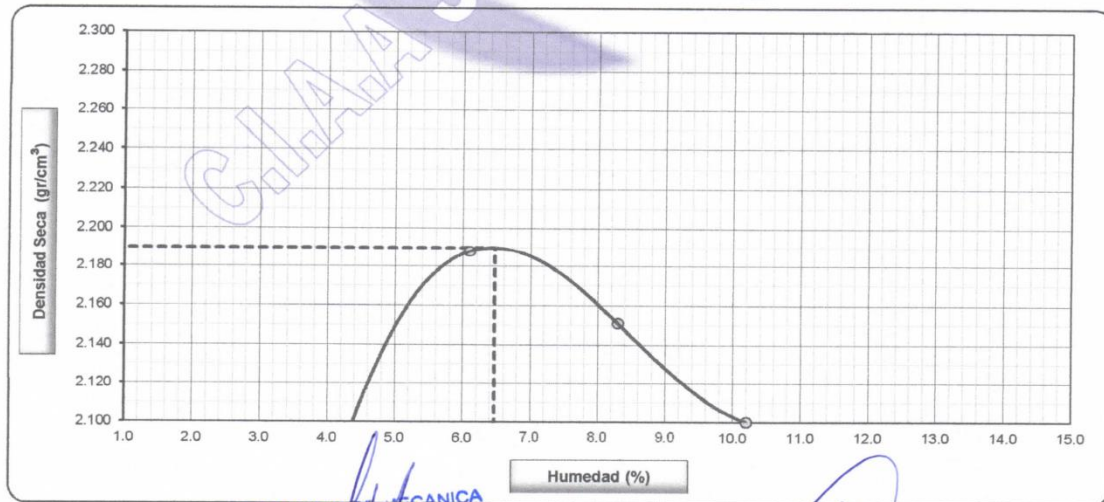
Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"	Peso Molde	2858	m3.	N° de capas	5
	Metodo	A	B	C	Volumen Molde	2121	gr.	N° de golpes
								56Glp.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	7,485	7,781	7,800	7,765	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	4,627	4,923	4,942	4,907	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2.182	2.321	2.330	2.314	
Recipiente Numero		1	2	3	4	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	175.5	175.2	162.6	154.3	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	168.3	165.2	150.2	140.0	
Peso de la Tara	gr.					
Peso del agua	gr.	7.2	10.0	12.4	14.3	
Peso del suelo seco	gr.	168	165	150	140	
Contenido de agua	%	4.3	6.1	8.3	10.2	
Densidad Seca	gr/cc	2.092	2.188	2.151	2.100	

RESULTADOS

Densidad Máxima Seca	2.19	(gr/cm3)	Humedad óptima	6.5	%
Densidad Máxima Seca Corregida	2.298	(gr/cm3)	Humedad óptima	4.9	%

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES :

LABORATORIO DE MECANICA
DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JAVIER SANTA CRUZ VELIZ
INGENIERO EN GEOTECNIA



José Manuel Pereyra Araujo
INGENIERO CIVIL
REG. COLEGIO DE INGENIEROS N° 16800

SANTA CRUZ SCRL

ELABORACION DE PROYECTOS - EJECUCION DE OBRAS - CONTROL DE CALIDAD EN MECANICA DE SUELOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS	RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR) (MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)	FIBRA DE CAUCHO AL 3.0 %
--	--	--------------------------

TESIS: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS

Cantera :	YSCOS	Provincia :	CHUPACA	Ing. Resp. :	J.G.D.I
Material :	PARA BASE GRANULAR	Fecha :	02/09/19	Téc. Resp. :	J.S.C.V
Distrito :	SAN JUAN DE YSCOS	Lado :	IZQ.	Téc. Lab. :	J.S.C.V

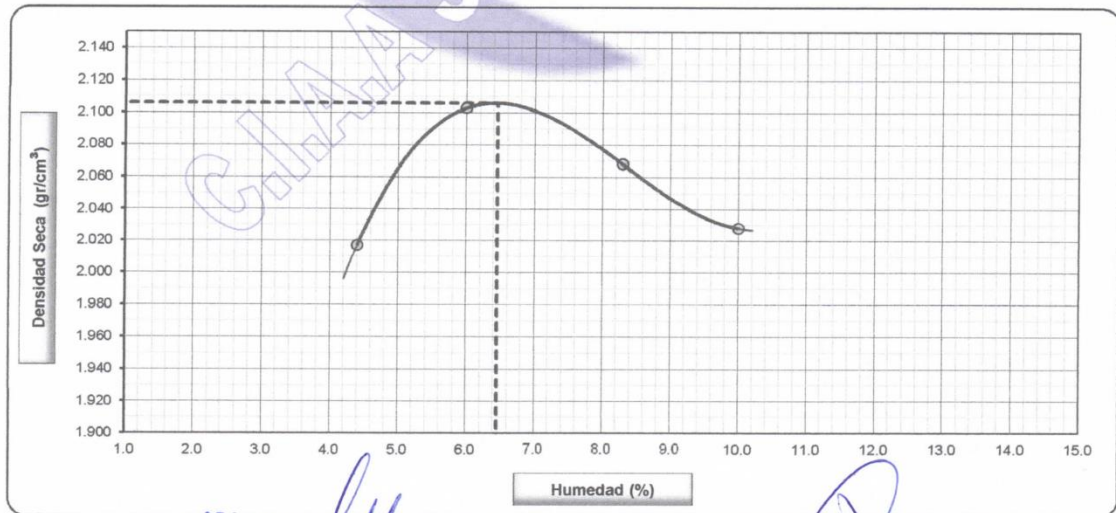
Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Peso Molde	2858	m3.	N° de capas	5
	Metodo	A	B	C	Volumen Molde	2121	gr.	N° de golpes	56Glp.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	7,325	7,585	7,610	7,590	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	4,467	4,727	4,752	4,732	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2.106	2.229	2.240	2.231	
Recipiente Numero		1	2	3	4	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	135.9	158.8	165.3	165.2	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	130.2	149.8	152.6	150.2	
Peso de la Tara	gr.					
Peso del agua	gr.	5.7	9.0	12.7	15.0	
Peso del suelo seco	gr.	130	150	153	150	
Contenido de agua	%	4.4	6.0	8.3	10.0	
Densidad Seca	gr/cc	2.017	2.103	2.068	2.028	

RESULTADOS

Densidad Máxima Seca	2.11	(gr/cm3)	Humedad óptima	6.5	%
Densidad Máxima Seca Corregida	2.228	(gr/cm3)	Humedad óptima	4.9	%

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES :

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

JAVIER J. SANTA CRUZ VELIZ
INGENIERO EN GEOTECNIA



Jose Manuel Pereyra Araujo
INGENIERO CIVIL
REG. COLECCION INGENIEROS N° 16800

SANTA CRUZ SCRL

ELABORACION DE PROYECTOS - EJECUCION DE OBRAS - CONTROL DE CALIDAD EN MECANICA DE SUELOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS	RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)			FIBRA DE CAUCHO AL 3.0 %	
	(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-190)				
TESIS: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS					
Cantera :	YSCOS	Provincia :	CHUPACA	Ing. Resp. :	J.G.D.I
Material :	PARA BASE GRANULAR	Fecha :	02/09/19	Téc. Resp. :	J.S.C.V
Distrito :	SAN JUAN DE YSCOS	Lado :	IZQ.	Téc. Lab. :	J.S.C.V

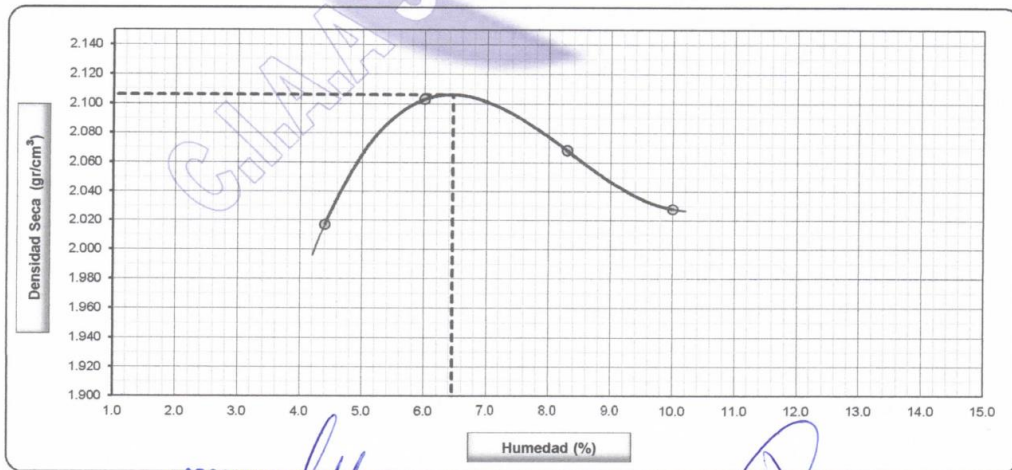
Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Peso Molde	2858	m3.	N° de capas	5
	Metodo	A	B	C	Volumen Molde	2121	gr.	N° de golpes	56Glp.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	7,325	7,585	7,610	7,590	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	4,467	4,727	4,752	4,732	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2,106	2,229	2,240	2,231	
Recipiente Numero		1	2	3	4	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	135.9	158.8	165.3	165.2	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	130.2	149.8	152.6	150.2	
Peso de la Tara	gr.					
Peso del agua	gr.	5.7	9.0	12.7	15.0	
Peso del suelo seco	gr.	130	150	153	150	
Contenido de agua	%	4.4	6.0	8.3	10.0	
Densidad Seca	gr/cc	2,017	2,103	2,068	2,028	

RESULTADOS

Densidad Máxima Seca	2.11	(gr/cm3)	Humedad óptima	6.5	%
Densidad Máxima Seca Corregida	2.228	(gr/cm3)	Humedad óptima	4.9	%

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES :

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JAVIER J. SANTA CRUZ VELTZ
INGENIERO EN GEOTECNIA



Jose Manuel Peryera Araujo
INGENIERO CIVIL
REG. COLECCION INGENIEROS N° 16800



CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS ASESORES

SANTA CRUZ SCRL

ELABORACION DE PROYECTOS - EJECUCION DE OBRAS - CONTROL DE CALIDAD EN MECANICA DE SUELOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS	RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR) (MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)	ENSAYO N° 02 FIBRA DE CAUCHO AL 0.5%
--	--	--

TESIS: **INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS**

Cantera: ISCOS	Cantera: CHUPACA	Ing. Resp.: J.G.D.I
Material: PARA BASE GRANULAR	Fecha: 02/09/19	Téc. Resp.: J.S.C.V
Distrito: SAN JUAN DE ISCOS	Lado: IZQ.	Téc. Lab.: J.S.C.V

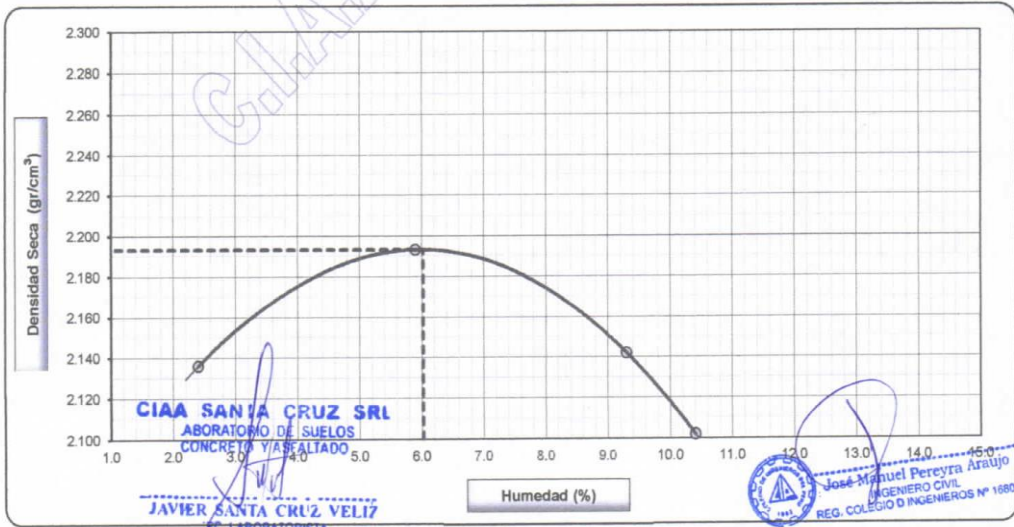
Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Peso Molde	2858	m3.	N° de capas	5
	Metodo	A	B	C	Volumen Molde	2121	gr.	N° de golpes	56Glp.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	7,497	7,784	7,823	7,781	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	4,639	4,926	4,965	4,923	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2,187	2,322	2,341	2,321	
Recipiente Numero		1	2	3	4	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	162.3	172.2	153.4	142.5	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	158.5	162.7	140.4	129.0	
Peso de la Tara	gr.					
Peso del agua	gr.	3.8	9.5	13.0	13.5	
Peso del suelo seco	gr.	159	163	140	129	
Contenido de agua	%	2.4	5.9	9.3	10.4	
Densidad Seca	gr/cc	2.136	2.193	2.142	2.102	

RESULTADOS

Densidad Máxima Seca	2.193	(gr/cm3)	Humedad óptima	6.0	%
Densidad Máxima Seca Correjada	2.300	(gr/cm3)	Humedad óptima	4.5	%

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



AV oriente N° 172-Concepcion | telef.-581405 - Cel. Mov. 975151126 - *413854 - 964512425 - **165302 - 954431184 - claro 964328911

OBSERVACIONES : Email CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

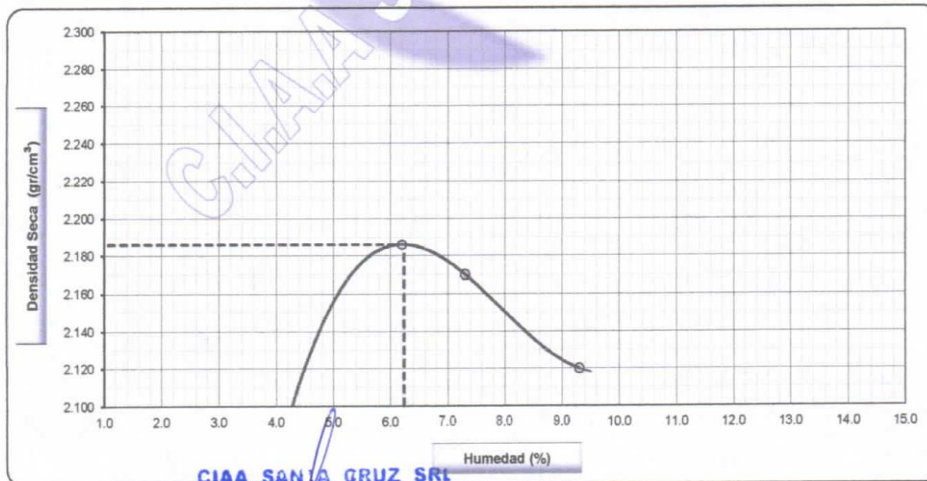
BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS	RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR) (MTC E-116, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-190)	ENSAYO N°2 FIBRA DE CAUCHO AL 1.5 %
TESIS: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS		
Cantera: ISCOS	Provincia: CHUPACA	Ing. Resp.: J.G.D.I
Material: PARA BASE GRANULAR	Fecha: 02/09/19	Téc. Resp.: J.S.C.V
Distrito: SAN JUAN DE ISCOS	Lado: IZQ.	Téc. Lab.: J.S.C.V

Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Peso Molde	2858	m3	N° de capas	5	
	Metodo	A	B	C	Volumen Molde	2121	gr.	N° de golpes	56Glp.	
NUMERO DE ENSAYOS						1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	7,482	7,783	7,795	7,772					
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	4,624	4,925	4,937	4,914					
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2.180	2.322	2.328	2.317					
Recipiente Numero		1	2	3	4					
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	175.9	176.0	162.0	154.6					
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	168.8	165.8	151.0	141.5					
Peso de la Tara	gr.									
Peso del agua	gr.	7.1	10.2	11.0	13.1					
Peso del suelo seco	gr.	169	166	151	142					
Contenido de agua	%	4.2	6.2	7.3	9.3					
Densidad Seca	gr/cc	2.092	2.186	2.170	2.120					

RESULTADOS

Densidad Máxima Seca	2.186	(gr/cm3)	Humedad óptima	6.2	%
Densidad Máxima Seca Corregida	2.295	(gr/cm3)	Humedad óptima	4.7	%

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



CIAA SANTA CRUZ SRL
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTADO

OBSERVACIONES :

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ
INGENIERO CIVIL

Av oriente N° 772-Concepcion Telef.-581405 - Cel. Mov. 975151126 - *413854 - 964512425 - *765302 - 954431184 - claro 964328911

Email CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com



Jose Manuel Pereyra Araujo
INGENIERO CIVIL
REG. COLEGIO D INGENIEROS N° 16800



CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS ASESORES

SANTA CRUZ SCRL

ELABORACION DE PROYECTOS - EJECUCION DE OBRAS - CONTROL DE CALIDAD EN MECANICA DE SUELOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS	RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR) (MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)	ENSAYO N°2 FIBRA DE CAUCHO AL 3.0 %
--	--	---

TESIS: **INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS**

Cantera : ISCOS	Provincia : CHUPACA	Ing. Resp. : J.G.D./
Material : PARA BASE GRANULAR	Fecha : 02/09/19	Téc. Resp. : J.S.C.V
Distrito : SAN JUAN DE ISCOS	Lado : IZQ.	Téc. Lab. : J.S.C.V

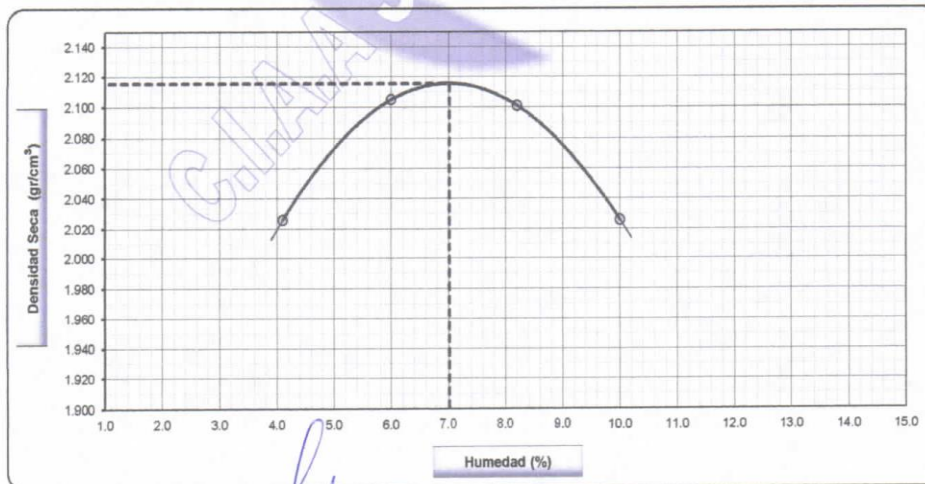
Moide N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Peso Molde	2858	m3.	N° de capas	5
	Metodo	A	B	C	Volumen Molde	2121	gr.	N° de golpes	56Glp.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	7,331	7,589	7,680	7,586	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	4,473	4,731	4,822	4,728	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2,109	2,231	2,273	2,229	
Recipiente Numero		1	2	3	4	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	136.3	168.0	165.4	165.5	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	130.9	149.0	152.8	150.5	
Peso de la Tara	gr.					
Peso del agua	gr.	5.4	9.0	12.6	15.0	
Peso del suelo seco	gr.	131	149	153	151	
Contenido de agua	%	4.1	6.0	8.2	10.0	
Densidad Seca	gr/cc	2.026	2.105	2.101	2.026	

RESULTADOS

Densidad Máxima Seca	2.116	(gr/cm ³)	Humedad óptima	7.0	%
Densidad Máxima Seca Corregida	2.236	(gr/cm ³)	Humedad óptima	5.3	%

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



CIAA SANTA CRUZ SRL
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTADO

OBSERVACIONES :

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ
ING. LABORATORISTA

Av oriente N° 772-Concepcion Telef.-581405 - Cel. Mov. 975151126 - *413854 - 964512425 - *165302 - 954431184 - claro 964328911
Email CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com



José Manuel Percyra Araujo
INGENIERO CIVIL
REG. COLEGIO D INGENIEROS N° 16800



CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS ASESORES

SANTA CRUZ SCRL

ELABORACION DE PROYECTOS - EJECUCION DE OBRAS - CONTROL DE CALIDAD EN MECANICA DE SUELOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

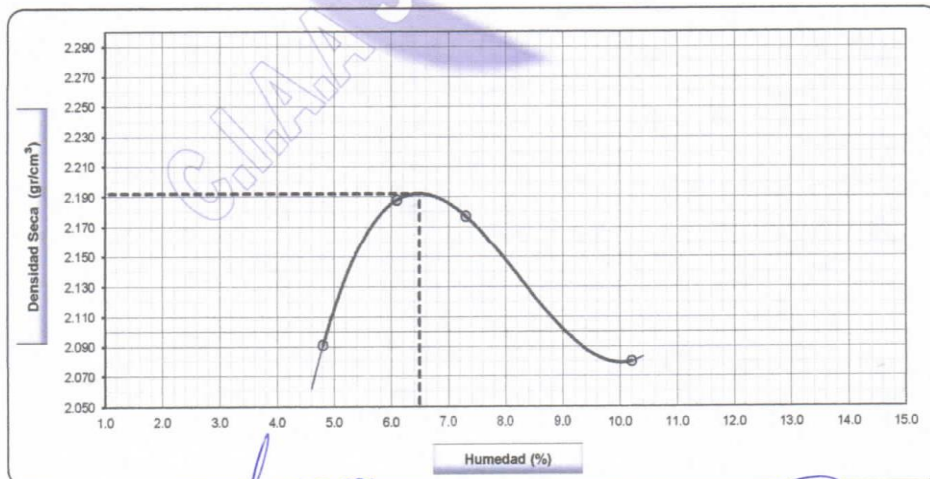
BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS	RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR) (MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-190)	ENSAYO N°3 FIBRA DE CAUCHO AL 0.5%
TESIS: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS		
Cantera: ISCOS	Cantera: CHUPACA	Ing. Resp.: J.G.D.I
Material: PARA BASE GRANULAR	Fecha: 02/09/19	Téc. Resp.: J.S.C.V
Distrito: SAN JUAN DE ISCOS	Lado: IZQ.	Téc. Lab.: J.S.C.V

Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Peso Molde	2858	m3	N° de capas	5	
	Metodo	A	B	C	Volumen Molde	2121	gr.	N° de golpes	56Glp.	
NUMERO DE ENSAYOS						1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	7,506	7,780	7,813	7,720					
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	4,648	4,922	4,955	4,862					
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2,191	2,321	2,336	2,292					
Recipiente Numero		1	2	3	4					
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	165.0	170.5	150.8	141.0					
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	157.5	160.7	140.5	128.0					
Peso de la Tara	gr.									
Peso del agua	gr.	7.5	9.8	10.3	13.0					
Peso del suelo seco	gr.	158	161	141	128					
Contenido de agua	%	4.8	6.1	7.3	10.2					
Densidad Seca	gr/cc	2.091	2.188	2.177	2.080					

RESULTADOS

Densidad Máxima Seca	2.192	(gr/cm3)	Humedad óptima	6.5	%
Densidad Máxima Seca Corregida	2.300	(gr/cm3)	Humedad óptima	4.9	%

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



CIAA SANTA CRUZ SRL
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO / ASFALTADO

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ
INGENIERO CIVIL

José Manuel Pereyra Araujo
INGENIERO CIVIL
REG. COLEGIO DE INGENIEROS N° 16800

Av oriente N° 772-Concepcion Telef.-581405 - Cel. Mov. 975151126 - *413854 - 964512425 - *165302 - 954431184 - claro 964328911
Email CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

SANTA CRUZ SCRL

ELABORACION DE PROYECTOS - EJECUCION DE OBRAS - CONTROL DE CALIDAD EN MECANICA DE SUELOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS	RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR) (MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-190)	ENSAYO N° 03 FIBRA DE CAUCHO AL 1.5 %
--	--	---

TESIS: **INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS**

Cantera : ISCOS	Provincia : CHUPACA	Ing. Resp. : J.G.D.I
Materia: PARA BASE GRANULAR	Fecha : 02/09/19	Téc. Resp. : J.S.C.V
Distrito : SAN JUAN DE ISCOS	Lado :	Téc. Lab. : J.S.C.V

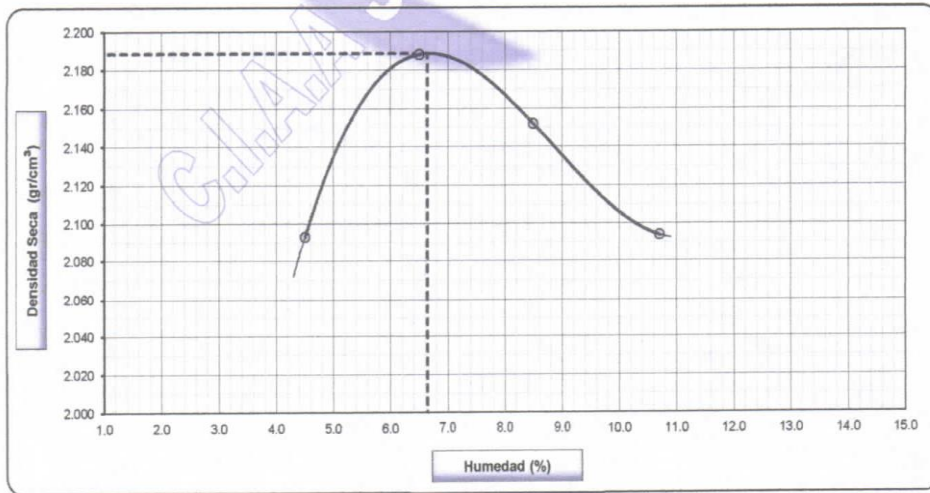
Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Peso Molde	2858	m3.	N° de capas	5
	Metodo	A	B	C	Volumen Molde	2121	gr.	N° de golpes	56Glp.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	7,497	7,799	7,811	7,775	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	4,639	4,941	4,953	4,917	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2.187	2.330	2.335	2.318	
Recipiente Numero		1	2	3	4	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	175.5	179.0	164.4	155.0	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	168.0	168.0	151.5	140.0	
Peso de la Tara	gr.					
Peso del agua	gr.	7.5	11.0	12.9	15.0	
Peso del suelo seco	gr.	168	168	152	140	
Contenido de agua	%	4.5	6.5	8.5	10.7	
Densidad Seca	gr/cc	2.093	2.188	2.152	2.094	

RESULTADOS

Densidad Máxima Seca	2.188	(gr/cm ³)	Humedad óptima	6.6	%
Densidad Máxima Seca Corregida	2.297	(gr/cm ³)	Humedad óptima	5.0	%

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES :

CIAA SANTA CRUZ SRL
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y PAVIMENTO

Av orientada a la ciudad de Cochabamba - Telef. -581405 - Cel. Mov. 975151126 - *413854 - 964512425 - *165302 - 964431184 - claro 964328911
Email CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ
INGENIERO CIVIL



José Manuel Percyra Araujo
INGENIERO CIVIL
REG. COLEGIO D INGENIEROS N° 16800

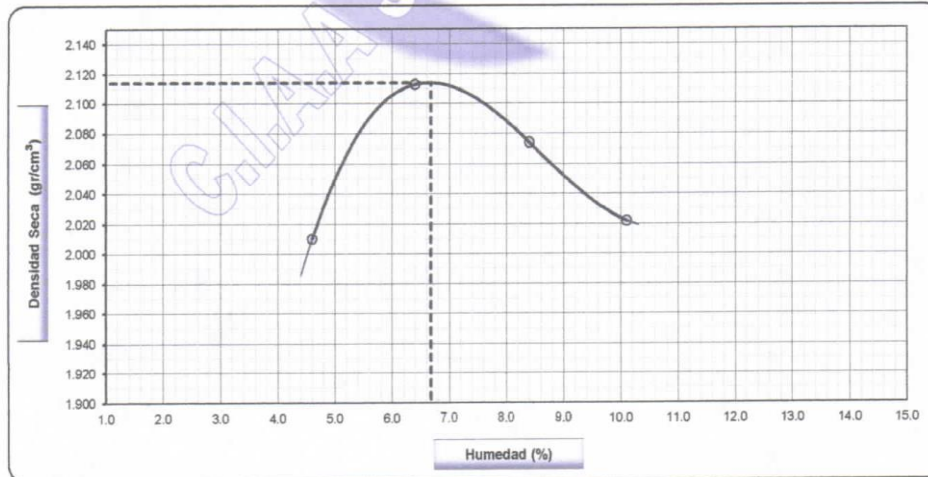
BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS		RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR) (MTC E-116, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-190)		ENSAYO N°3 FIBRA DE CAUCHO AL 3.0 %	
TESIS: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS					
Cantera :	ISCOS	Provincia :	CHUPACA	Ing. Resp. :	J.G.D.I
Material :	PARA BASE GRANULAR	Fecha :	02/09/19	Téc. Resp. :	J.S.C.V
Distrito :	SAN JUAN DE ISCOS	Lado :	IZQ.	Téc. Lab. :	J.S.C.V

Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Peso Molde	2858	m3	N° de capas	5	
	Metodo	A	B	C	Volumen Molde	2121	gr.	N° de golpes	56Gp.	
NUMERO DE ENSAYOS						1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde		gr.				7,317	7,625	7,625	7,579	
Peso Suelo Humedo Compactado		gr.				4,459	4,767	4,767	4,721	
Peso Volumetrico Humedo		gr.				2,102	2,248	2,248	2,226	
Recipiente Numero						1	2	3	4	
Peso Suelo Humedo + Tara		gr.				134.9	157.5	164.7	164.2	
Peso Suelo Seco + Tara		gr.				129.0	148.0	151.9	149.2	
Peso de la Tara		gr.								
Peso del agua		gr.				5.9	9.5	12.8	15.0	
Peso del suelo seco		gr.				129	148	152	149	
Contenido de agua		%				4.6	6.4	8.4	10.1	
Densidad Seca		gr/cc				2.010	2.113	2.074	2.022	

RESULTADOS

Densidad Máxima Seca	2.114	(gr/cm3)	Humedad óptima	6.7	%
Densidad Máxima Seca Corregida	2.234	(gr/cm3)	Humedad óptima	5.0	%

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES :

CIAA S.A. SANTA CRUZ S.A.
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTADO

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ
LABORATORISTA

Ante N° 772 - Oficina T. 581405 - Cel. Mov. 975151126 - *413854 - 964512425 - **165302 - 954431184 - claro 964328911
Email CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com



José Manuel Pereyra Araujo
INGENIERO CIVIL
REG. COLEGIO D INGENIEROS N° 18800

RELACIÓN DE CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR)

SANTA CRUZ SCRL

ELABORACION DE PROYECTOS - EJECUCION DE OBRAS - CONTROL DE CALIDAD EN MECANICA DE SUELOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS		RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR (MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)		FIBRA DE CAUCHO AL 0.5%	
TESIS: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS					
Cantera :	YSCOS	Provincia :	CHUPACA	Ing. Resp. :	J.G.D.I
Material :	PARA BASE GRANULAR	Fecha :	02/09/19	Téc. Resp. :	J.S.C.V
Distrito :	SAN JUAN DE YSCOS	Lado :	IZQ.	Téc. Lab. :	J.S.C.V

CALCULO DEL CBR

Molde N°	10		11		12	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13565.0	13565.0	13185.0	13185.0	13020.0	13020.0
Peso de molde (g)	8582.0	8582.0	8388.0	8388.0	8526.0	8526.0
Peso del suelo húmedo (g)	4983.0	4983.0	4797.0	4797.0	4494.0	4494.0
Volumen del molde (cm³)	2135.0	2135.0	2134.0	2134.0	2135.0	2135.0
Densidad húmeda (g/cm³)	2.334	2.334	2.248	2.248	2.105	2.105
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	680.0	634.9	565.0	611.2	543.0	543.0
Peso suelo seco + tara (g)	638.0	595.6	630.2	573.4	509.5	509.5
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	42.0	39.3	34.8	37.8	33.5	33.5
Peso de suelo seco (g)	638.0	595.6	530.2	573.4	509.5	509.5
Contenido de humedad (%)	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6
Densidad seca (g/cm³)	2.189	2.189	2.109	2.109	1.975	1.975

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
02/09/19	07:30	0		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
03/09/19	07:30	24		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
04/09/19	07:30	48		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
05/09/19	07:30	72		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000

NO EXPANSIVO

PENETRACION

PENETRACION		CARGA	MOLDE N°	M-10		MOLDE N°		M-11		MOLDE N°		M-12	
mm	pulg.	STAND. kg/cm2	CARGA Dial (div) kg	CORRECCION kg	%	CARGA Dial (div) kg	CORRECCION kg	%	CARGA Dial (div) kg	CORRECCION kg	%	CORRECCION kg	%
0.000	0.000		0			0			0	0			
0.635	0.025		16.0			28.0				45.0			
1.270	0.050		70.0			122.0				170.0			
1.905	0.075		218.0			312.0				342.0			
2.540	0.100	70.3	458.0	1,615	119.3	572.0	1,019	75.3		524.0		-	38.7
3.810	0.150		1175.0			1082.0				789.0			
5.080	0.200	105.5	2073.0	3,077	151.6	1591.0	1,943	95.7		990.0		-	48.8
6.350	0.250		2800.0			2006.0				1184.0			
7.620	0.300		3474.0			2394.0				1318.0			
10.160	0.400												
12.700	0.500												

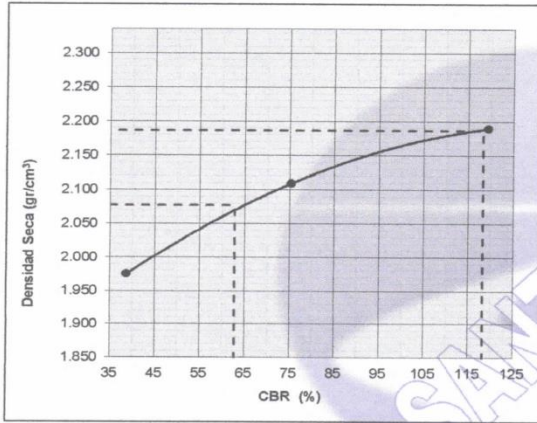
OBSERVACIONES: Av orientada a Santa Cruz Veliz, P.O. Box 1000, Santa Cruz, Bolivia. Cel. Mov. 975151126 - *413854 - 964512425 - *165302 - 954431184 - claro 964328911

Email CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
JAVIER SANTA CRUZ VELIZ
INGENIERO EN GEOTECNIA

José Manuel Pereyra Araujo
INGENIERO CIVIL
REG. COLEGIO D INGENIEROS N° 16800

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS			
BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS		RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR	
		(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)	
FIBRA DE CAUCHO AL 0.5%			
TESIS: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS			
Cantero : YSCOS Material : PARA BASE GRANULAR Distrito : SAN JUAN DE YSCOS	Provincia : CHUPACA	Fecha : 02/09/19 Lado : IZQ.	Ing. Resp. : J.G.D.I Técn. Resp. : J.S.C.V Técn. Lab. : J.S.C.V
REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR			

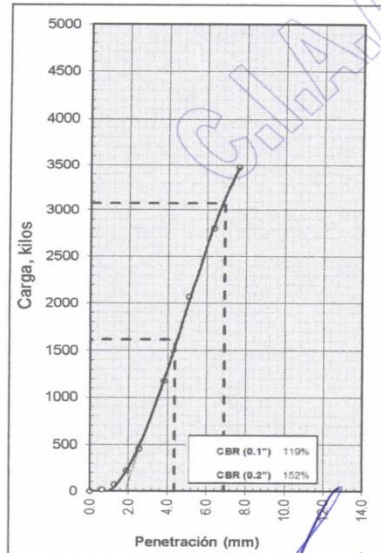


METODO DE COMPACTACION	: AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.187
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 6.6
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.077

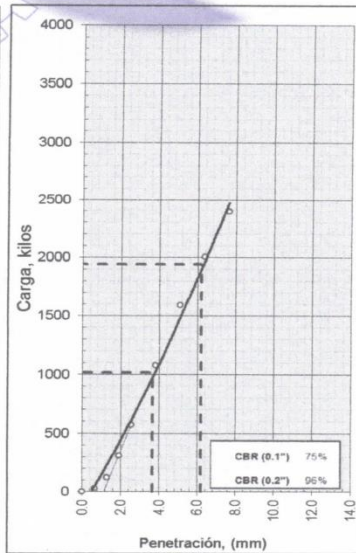
RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 118.2 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 62.8 %

OBSERVACIONES:

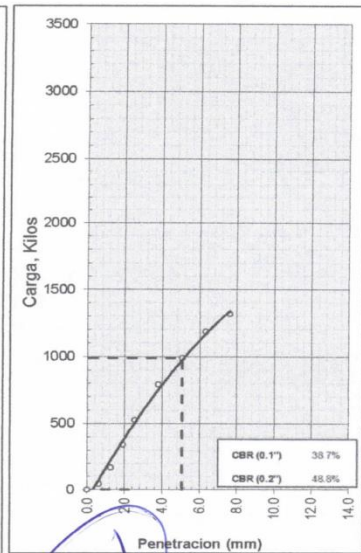
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 Av oriente N° 772 - Casapueblo, Edif. 301405 - Cel. Mov. 975151126 - *413854 - 964512425 - *165302 - 954431184 - claro 964328911
 Email CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com
JAVIER SANTA CRUZ VELIZ
 INGENIERO CIVIL
 REG. COLEGIO D INGENIEROS N° 16800

SANTA CRUZ SCRL

ELABORACION DE PROYECTOS - EJECUCION DE OBRAS - CONTROL DE CALIDAD EN MECANICA DE SUELOS
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS		RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR (MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)		FIBRA DE CAUCHO AL 1.5 %	
TESIS: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS					
Cantera : YSCOS	Provincia : CHUPACA	Fecha : 02/09/19	Ing. Resp. : J.G.D.I	Técn. Resp. : J.S.C.V	Técn. Lab. : J.S.C.V
Material : PARA BASE GRANULAR		Lado : IZQ.			
Distrito : SAN JUAN DE YSCOS					

CALCULO DEL CBR

Molde N°	10		11		12	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13555.0	13555.0	13150.0	13150.0	13010.0	13010.0
Peso de molde (g)	8582.0	8582.0	8388.0	8388.0	8526.0	8526.0
Peso del suelo húmedo (g)	4973.0	4973.0	4762.0	4762.0	4484.0	4484.0
Volumen del molde (cm³)	2135.0	2135.0	2134.0	2134.0	2135.0	2135.0
Densidad húmeda (g/cm³)	2.329	2.329	2.231	2.231	2.100	2.100
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	680.0	634.9	585.0	611.2	543.0	543.0
Peso suelo seco + tara (g)	638.0	595.6	530.2	573.4	509.5	509.5
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	42.0	39.3	34.8	37.8	33.5	33.5
Peso de suelo seco (g)	638.0	595.6	530.2	573.4	509.5	509.5
Contenido de humedad (%)	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6
Densidad seca (g/cm³)	2.185	2.185	2.093	2.093	1.970	1.970

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
02/09/19	07:30	0		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
03/09/19	07:30	24		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
04/09/19	07:30	48		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
05/09/19	07:30	72		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000

NO EXPANSIVO

PENETRACION

PENETRACION		CARGA	MOLDE N°	M-10		MOLDE N°		M-11		MOLDE N°		M-12		
mm	pulg.	STAND. kg/cm2	CARGA	CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		
			Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0				0				0	0		
0.635	0.025		20.0				15.0				10.0			
1.270	0.050		73.0				55.0				31.0			
1.905	0.075		214.0				118.0				73.0			
2.540	0.100	70.3	415.0	883	65.2	268.0	722	53.3	131.0	309.0	22.8			
3.810	0.150		940.0			650.0			286.0					
5.080	0.200	105.5	1298.0	1,629	80.2	990.0	1,490	73.4	440.0	620	30.5			
6.350	0.250		1972.0			1496.0			601.0					
7.620	0.300		2520.0			1785.0			752.0					
10.160	0.400													
12.700	0.500													

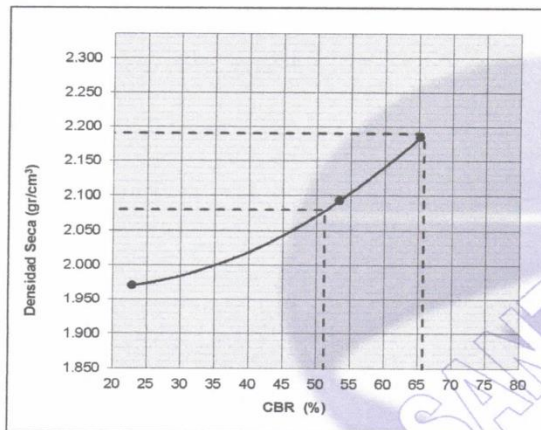
OBSERVACIONES : Av orientada N° 1972 - Calle Comercio N° 1005 - Cel. Mov. 975151126 - *413854 - 964512425 - *165302 - 954431184 - claro 964328911
Email CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JAVIER J. SANTA CRUZ VELIZ

Jose Manuel Percyra Araujo
INGENIERO CIVIL
REG. COLEGIO D INGENIEROS N° 16800

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS			
BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS		RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR (MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)	
		FIBRA DE CAUCHO AL 1.5%	
TESIS: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS			
Cantera : YSCOS	Provincia : CHUPACA	Ing. Resp. : J.G.D.I	
Material : PARA BASE GRANULAR	Fecha : 02/09/19	Téc. Resp. : J.S.C.V	
Distrito : SAN JUAN DE YSCOS	Lado : IZQ.	Téc. Lab. : J.S.C.V	

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR

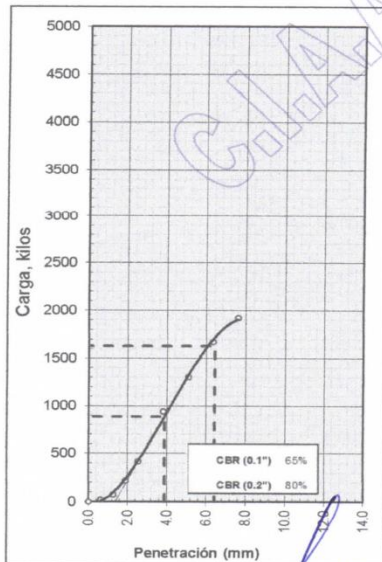


METODO DE COMPACTACION	: AASTHO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.190
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 6.5
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.080

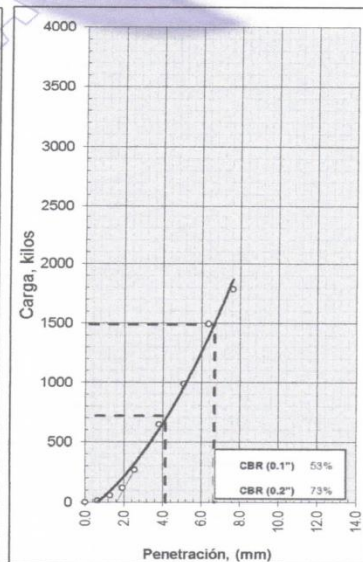
RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 65.7 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 51.1 %

OBSERVACIONES:

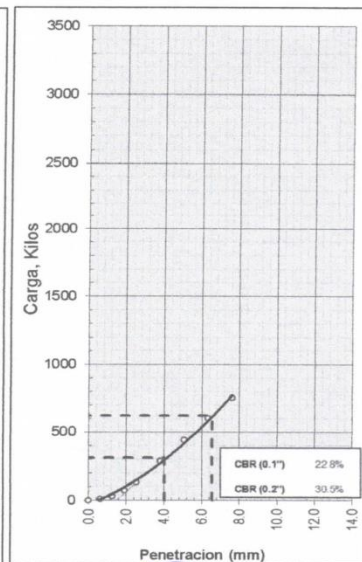
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
Av oriente N° 772-Concepción, Fone. 581405 - Cel. Mov. 975151126 - *413854 - 964512425 - 163302 - 954431184 - claro 964328911
Email CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

JAVIER J. SANTA CRUZ VELIZ
INGENIERO EN GEOTECNIA


Jose Manuel Perera Araujo
INGENIERO CIVIL
REG. COLEGIO D INGENIEROS N° 16800

SANTA CRUZ SCRL

ELABORACION DE PROYECTOS - EJECUCION DE OBRAS - CONTROL DE CALIDAD EN MECANICA DE SUELOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS		RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR (MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)		FIBRA DE CAUCHO AL 3.0%	
TESIS: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS					
Cantera :	YSCOS	Provincia :	CHUPACA	Ing. Resp. :	J.G.D.I
Material :	PARA BASE GRANULAR	Fecha :	02/09/19	Téc. Resp. :	J.S.C.V
Distrito :	SAN JUAN DE YSCOS	Lado :	IZQ.	Téc. Lab. :	J.S.C.V

CALCULO DEL CBR

Molde N°	10		11		12			
	5		5		5			
Capas N°	56		25		12			
Golpes por capa N°	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO	
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13385.0	13385.0	13010.0	13010.0	12850.0	12850.0		
Peso de molde (g)	8582.0	8582.0	8388.0	8388.0	8526.0	8526.0		
Peso del suelo húmedo (g)	4803.0	4803.0	4622.0	4622.0	4324.0	4324.0		
Volumen del molde (cm ³)	2135.0	2135.0	2134.0	2134.0	2135.0	2135.0		
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.250	2.250	2.166	2.166	2.025	2.025		
Tara (N°)								
Peso suelo húmedo + tara (g)	680.0	634.9	565.0	611.2	543.0	543.0		
Peso suelo seco + tara (g)	638.0	595.6	530.2	573.4	509.5	509.5		
Peso de tara (g)								
Peso de agua (g)	42.0	39.3	34.8	37.8	33.5	33.5		
Peso de suelo seco (g)	638.0	595.6	530.2	573.4	509.5	509.5		
Contenido de humedad (%)	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6		
Densidad seca (g/cm ³)	2.111	2.110	2.032	2.032	1.900	1.900		

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
02/09/19	07:30	0		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
03/09/19	07:30	24		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
04/09/19	07:30	48		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
05/09/19	07:30	72		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000

NO EXPANSIVO

PENETRACION

PENETRACION		CARGA	MOLDE N°	M-10		MOLDE N°		M-11		MOLDE N°		M-12		
		STAND.	CARGA	CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0				0				0	0		
0.635	0.025		16.0				14.0				9.0			
1.270	0.050		47.0				46.0				23.0			
1.905	0.075		101.0				104.0				47.0			
2.540	0.100	70.3	250.0	600	44.3		203.0	519	38.3		86.0	231.0	17.1	
3.810	0.150		585.0				450.0				196.0			
5.080	0.200	105.5	850.0	1,375	67.7		722.0	1,089	53.6		317.0	570	28.1	
6.350	0.250		1250.0				1020.0				431.0			
7.620	0.300		1750.0				1325.0				720.0			
10.160	0.400													
12.700	0.500													

OBSERVACIONES : Av orientada a la zona de control de calidad - 581405 - Cel. Mov. 975151126 - *413854 - 964512425 - *165302 - 954431184 - claro 964328911

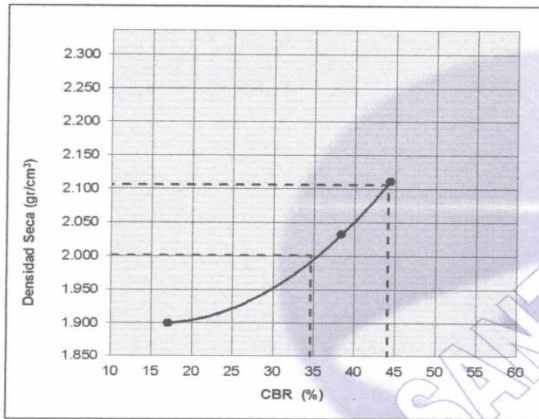
Email CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

JAVIER J. SANTA CRUZ VELIZ
INGENIERO EN GEOTECNIA

José Manuel Pereyra Araujo
INGENIERO EN GEOTECNIA
REG. COL. O INGENIEROS N° 1880

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS			
BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS		RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR	
		(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)	
FIBRA DE CAUCHO AL 3.0%			
TESIS: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS			
Cantera : YSCOS	Provincia : CHUPACA	Fecha : 02/09/19	Ing. Resp. : J.G.D.I
Material : PARA BASE GRANULAR		Lado : IZQ.	Técn. Resp. : J.S.C.V
Distrito : SAN JUAN DE YSCOS			Técn. Lab. : J.S.C.V

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR

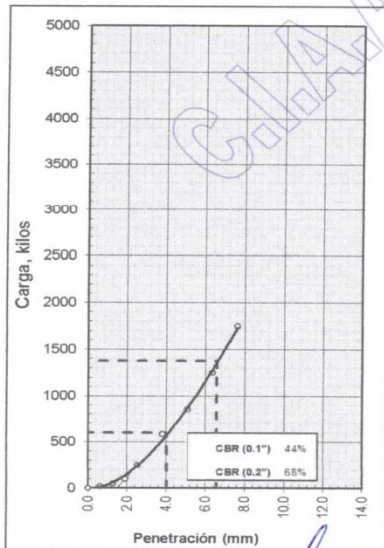


METODO DE COMPACTACION	:	AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	:	2.106
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	6.5
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	:	2.001

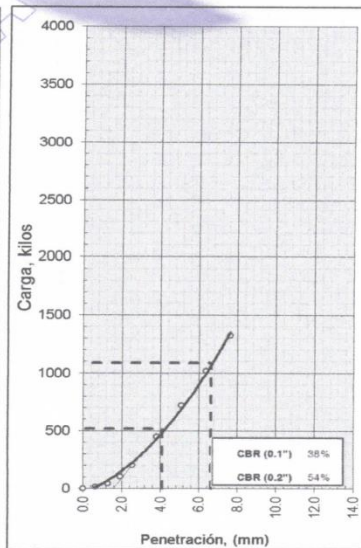
RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 44.1 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 34.6 %

OBSERVACIONES:

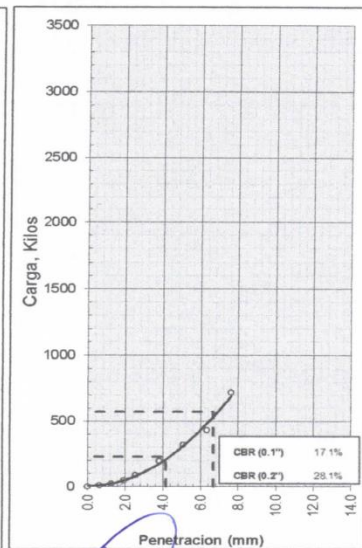
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Av oriente Al. C.A. Incestr. 4001, Tel. 982105 - Cel. Mov. 975151126 - *413854 - 964512425 - *165302 - 954431184 - claro 964328911

Email CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com José Manuel Pereyra Araujo
INGENIERO CIVIL
REG. COLEGIO D INGENIEROS N° 19900

JAVIER J. SANTA CRUZ VELIZ
INGENIERO EN GEOTECNIA

SANTA CRUZ SCRL

ELABORACION DE PROYECTOS - EJECUCION DE OBRAS - CONTROL DE CALIDAD EN MECANICA DE SUELOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS		
BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS	RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR (MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)	ENSAYO N° 02 FIBRA DE CAUCHO AL 0.5%

TESIS: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS			
Cantera : ISCOS	Provincia : CHUPACA	Fecha : 02/09/19	Ing. Resp. : J.G.D.I
Material : PARA BASE GRANULAR		Lado : IZO.	Téc. Resp. : J.S.C.V
Distrito : SAN JUAN DE ISCOS			Téc. Lab. : J.S.C.V

CALCULO DEL CBR

Condición de la muestra	10		11		12	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	10		11		12	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		26		12	
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13670.0	13670.0	13188.0	13188.0	13017.0	13017.0
Peso de molde (g)	8582.0	8582.0	8388.0	8388.0	8526.0	8526.0
Peso del suelo húmedo (g)	4988.0	4988.0	4800.0	4800.0	4491.0	4491.0
Volumen del molde (cm ³)	2135.0	2135.0	2134.0	2134.0	2135.0	2135.0
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.336	2.336	2.249	2.249	2.104	2.104
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	683.0	635.5	586.0	612.4	544.0	544.0
Peso suelo seco + tara (g)	640.0	595.6	529.8	573.4	509.8	509.8
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	43.0	39.9	36.2	39.0	34.2	34.2
Peso de suelo seco (g)	640.0	595.6	529.8	573.4	509.8	509.8
Contenido de humedad (%)	6.7	6.7	6.8	6.8	6.7	6.7
Densidad seca (g/cm ³)	2.189	2.190	2.106	2.106	1.972	1.971

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
02/09/19	07:30	0		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
03/09/19	07:30	24		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
04/09/19	07:30	48		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
05/09/19	07:30	72		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000

NO EXPANSIVO

PENETRACION

PENETRACION	CARGA		MOLDE N°	M-10			MOLDE N°		M-11			MOLDE N°		M-12				
	STAND.	kg/cm2	Dial (dlu)	CORRECCION			Dial (dlu)	kg	CORRECCION		Dial (dlu)	kg	CORRECCION		Dial (dlu)	kg	CORRECCION	
				kg	kg	%			kg	kg			%	kg			kg	%
0.000	0.000			0			0				0							
0.635	0.025			14.5			30.0					48.0						
1.270	0.050			68.0			125.0					172.0						
1.905	0.075			220.0			315.0					340.0						
2.540	0.100	70.3		415.0	1.580	116.8	509.0	1.006	74.3			502.3	-				37.1	
3.810	0.150			1075.0			1070.0					738.0						
5.080	0.200	105.5		1995.0	3.027	149.1	1515.0	1.952	96.1			933.0	-				45.9	
6.350	0.250			2785.0			2010.0					1180.0						
7.620	0.300			3395.0			2400.5					1322.0						
10.160	0.400																	
12.700	0.500																	

OBSERVACIONES : Anillo: 10000 Kilos

Jose Manuel Pereyra Araujo
INGENIERO CIVIL
REG. COLEGIO D INGENIEROS N° 16880

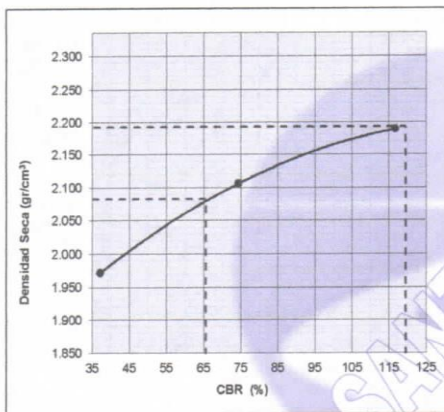
Av. Orosi N° 772 Concepcion Telef. 581405 - Cel. Mov. 975151126 - *413854 - 964512425 - *165302 - 954431184 - claro 964328911

CIAA SANTA CRUZ SRL
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTADO

Email CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ
INGENIERO CIVIL

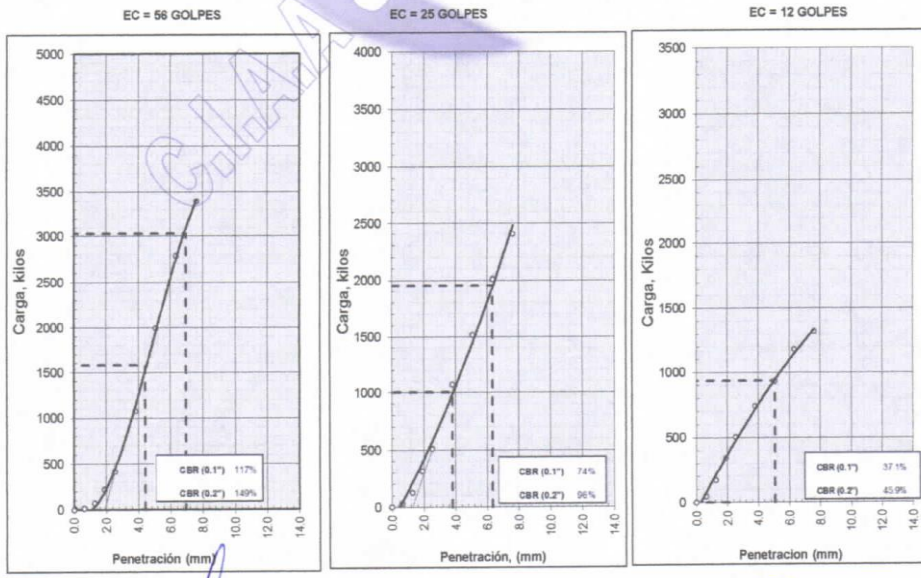
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS		
BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS	RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR <small>(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)</small>	ENSAYO N° 02 FIBRA DE CAUCHO AL 0.5%
TESIS: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS		
Cantera: ISCOS	Provincia: CHUPACA	Ing. Resp.: J.G.D.I
Material: PARA BASE GRANULAR	Fecha: 02/09/19	Téc. Resp.: J.S.C.V
Distrito: SAN JUAN DE ISCOS	Lado: IZQ.	Téc. Lab.: J.S.C.V
REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR		



METODO DE COMPACTACION	: AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.193
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 6.0
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.083

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 119.4 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 65.6 %

OBSERVACIONES:



CIAA SANTA CRUZ SRL
 Av. oriente y dependiente de SUELOS - 581405 - Cel. Mov. 975151126 - *413854 - 964512425 - *165302 - 954431184 - claro 964328911
 CONCRETO Y ASFALTADO
 Email CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ
 Ing. LABORATORISTA

José Manuel Pereyra Araujo
 INGENIERO CIVIL
 REG. COLEGIO D INGENIEROS N° 16800



CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS ASESORES

SANTA CRUZ SCRL

ELABORACION DE PROYECTOS - EJECUCION DE OBRAS - CONTROL DE CALIDAD EN MECANICA DE SUELOS
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS	RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR (MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)		ENSAYO N°2 FIBRA DE CAUCHO AL 1.5 %
TESIS: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS			
Cantera : ISCOS	Provincia : CHUPACA	Fecha : 02/09/19	Ing. Resp. : J.G.D.J
Material : PARA BASE GRANULAR		Lado : 12Q.	Téc. Resp. : J.S.C.V
Distrito : SAN JUAN DE ISCOS			Téc. Lab. : J.S.C.V

CALCULO DEL CBR

Molde N°	10		11		12	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13560.0	13560.0	13167.0	13167.0	13012.0	13012.0
Peso de molde (g)	8582.0	8582.0	8388.0	8388.0	8526.0	8526.0
Peso del suelo húmedo (g)	4978.0	4978.0	4769.0	4769.0	4486.0	4486.0
Volumen del molde (cm³)	2135.0	2135.0	2134.0	2134.0	2135.0	2135.0
Densidad húmeda (g/cm³)	2.332	2.332	2.235	2.235	2.101	2.101
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	682.3	636.7	566.7	613.5	543.2	543.2
Peso suelo seco + tara (g)	638.1	595.6	529.5	573.4	510.0	510.0
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	44.2	41.1	37.2	40.1	33.2	33.2
Peso de suelo seco (g)	638.1	595.6	529.5	573.4	510.0	510.0
Contenido de humedad (%)	6.9	6.9	7.0	7.0	6.5	6.5
Densidad seca (g/cm³)	2.181	2.181	2.089	2.089	1.973	1.973

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
02/09/19	07:30	0		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
03/09/19	07:30	24		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
04/09/19	07:30	48		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
05/09/19	07:30	72		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000

NO EXPANSIVO

PENETRACION

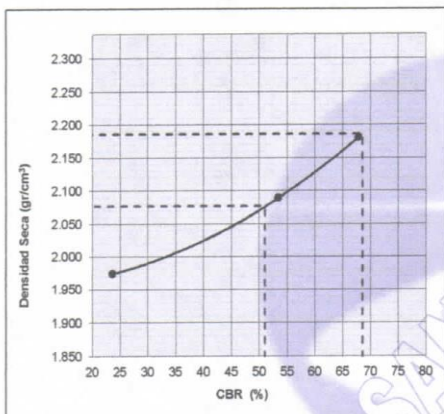
PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-10		MOLDE N°		M-11		MOLDE N°		M-12	
		STAND.	CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	
0.000	0.000			0				0				0	0		
0.635	0.025			18.0				14.0				11.0			
1.270	0.050			79.0				51.0				28.0			
1.905	0.075			225.0				126.0				76.0			
2.540	0.100	70.3		423.0	919	67.9		275.0	723	63.4		142.0	320.0	23.6	
3.810	0.150			958.0				675.0				302.0			
5.080	0.200	105.5		1342.0	1,664	82.0		998.0	1,467	73.7		462.0	632	31.1	
6.350	0.250			1685.0				1515.0				640.0			
7.620	0.300			1938.0				1803.0				788.0			
10.160	0.400														
12.700	0.500														

OBSERVACIONES : Av orientada N° 2111 - P.O. Box 581405 - Cel. Mov. 975151126 - *413854 - 964512425 - **165302 - 954431184 - claro 964328911
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTADO Email CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

CIAA SANTA CRUZ SRI
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTADO
JAVIER SANTA CRUZ VELIZ
INGENIERO LABORATORISTA

José Manuel Pereyra Araujo
INGENIERO CIVIL
REG. COLEGIO D INGENIEROS N° 16800

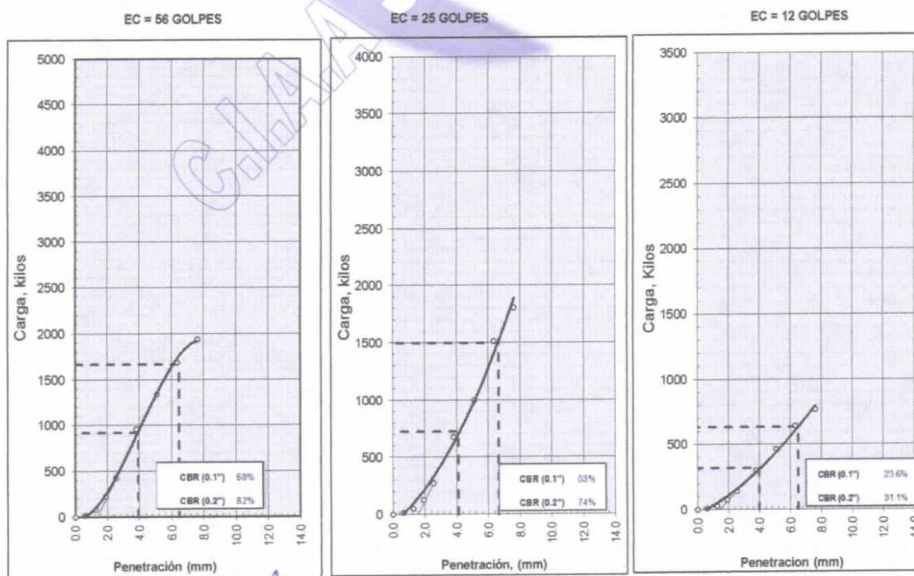
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS		
BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS	RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR (MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)	ENSAYO N°2 FIBRA DE CAUCHO AL 1.5%
TESIS: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS		
Cantera : ISCOS Material : PARA BASE GRANULAR Distrito : SAN JUAN DE ISCOS	Provincia : CHUPACA	Ing. Resp. : J.G.D.I Téc. Resp. : J.S.C.V Téc. Lab. : J.S.C.V
REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR		



METODO DE COMPACTACION	: AASTHO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.186
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 6.2
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.077

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 68.5 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 50.9 %

OBSERVACIONES:



Av. orizaba 1777 - Cancun, Quintana Roo, México - Tel: 998 561 405 - Cel. Mov. 975151126 - *413854 - 964512425 - *165302 - 964431184 - claro 964328911

CIAA S.C.R.L.
 LABORATORIO DE SUELOS
 CONCRETO Y PAVIMENTO
 JAVIER SANTA CRUZ VELIZ
 INGENIERO EN LABORATORISTA

Email CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

José Manuel Pereyra Araujo
 INGENIERO CIVIL
 REG. COLEGIO D INGENIEROS N° 16800



CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS ASESORES

SANTA CRUZ SCRL

ELABORACION DE PROYECTOS - EJECUCION DE OBRAS - CONTROL DE CALIDAD EN MECANICA DE SUELOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS	RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR (MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)		ENSAYO N°2 FIBRA DE CAUCHO AL 3.0%	
TESIS: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS				
Cantera : ISCOS	Provincia : CHUPACA	Fecha : 02/09/19	Ing. Resp. : J.G.D.I	
Material : PARA BASE GRANULAR		Lado : IZQ.	Téc. Resp. : J.S.C.V	
Distrito : SAN JUAN DE ISCOS			Téc. Lab. : J.S.C.V	

CALCULO DEL CBR

	10		11		12	
Molde N°	5		5		5	
Capas N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13410.0	13410.0	13017.0	13017.0	12843.0	12843.0
Peso de molde (g)	8582.0	8582.0	8388.0	8388.0	8526.0	8526.0
Peso del suelo húmedo (g)	4828.0	4828.0	4629.0	4629.0	4317.0	4317.0
Volumen del molde (cm³)	2135.0	2135.0	2134.0	2134.0	2135.0	2135.0
Densidad húmeda (g/cm³)	2.261	2.261	2.169	2.169	2.022	2.022
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	682.0	636.1	568.9	612.4	543.8	543.6
Peso suelo seco + tara (g)	638.4	595.6	529.7	573.4	509.9	509.9
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	43.6	40.5	36.2	39.0	33.7	33.7
Peso de suelo seco (g)	638.4	595.6	529.7	573.4	509.9	509.9
Contenido de humedad (%)	6.8	6.8	6.8	6.8	6.6	6.6
Densidad seca (g/cm³)	2.117	2.117	2.031	2.031	1.897	1.897

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
02/09/19	07:30	0		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
03/09/19	07:30	24		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
04/09/19	07:30	48		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
05/09/19	07:30	72		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000

NO EXPANSIVO

PENETRACION

PENETRACION		CARGA	MOLDE N°	M-10	MOLDE N°	M-11	MOLDE N°	M-12						
		STAND.	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION						
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0				0				0	0		
0.635	0.025		19.0				13.0				10.0			
1.270	0.050		51.0				49.0				29.0			
1.905	0.075		109.0				110.0				56.0			
2.540	0.100	70.3	262.0	618	45.7		259.0	476	35.2		92.0	243.0	18.0	
3.810	0.150		592.0				485.0				205.0			
5.080	0.200	105.5	880.0	1,400	68.9		735.0	1,012	49.8		335.0	586	28.9	
6.350	0.250		1273.0				1033.0				454.0			
7.620	0.300		1782.0				1342.0				739.0			
10.160	0.400													
12.700	0.500													

OBSERVACIONES: CIAA SANTA CRUZ, Calle 2 de Mayo N° 11405 - Cel. Mov. 975151126 - *413854 - 964512425 - *165302 - 954431184 - claro 964328911

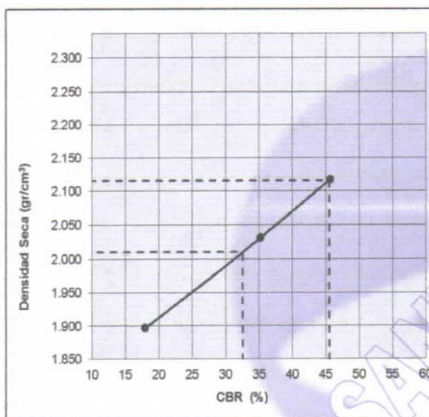
JAVIER SANTA CRUZ VELIZ
LABORATORISTA

Email CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

José Manuel Rereyra Araujo
INGENIERO CIVIL
REG. COLEGIO D INGENIEROS N° 16800

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS		
BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS	RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR <small>(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)</small>	ENSAYO N°2 FIBRA DE CAUCHO AL 3.0%
TESIS: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS		
Cantera: ISCOS	Provincia: CHUPACA	Ing. Resp.: J.G.D.I
Material: PARA BASE GRANULAR	Fecha: 02/09/19	Téc. Resp.: J.S.C.V
Distrito: SAN JUAN DE ISCOS	Lado: IZQ.	Téc. Lab.: J.S.C.V

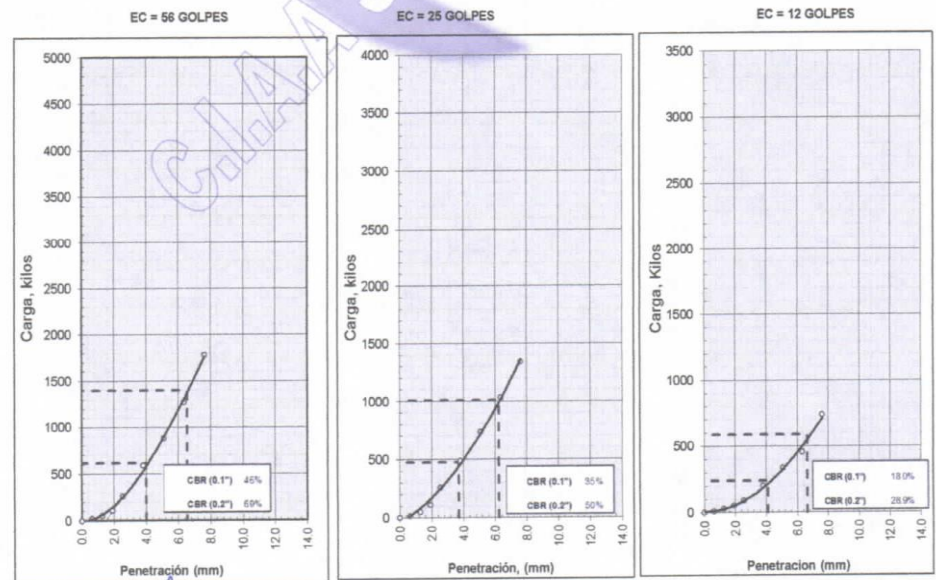
REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION	: AASTHO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.116
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 7.0
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.010

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 45.5 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 32.5 %

OBSERVACIONES:



CIAA S. A. SANTA CRUZ S.R.L. - Tel. 581405 - Cel. Mov. 975151126 - *413854 - 964512425 - *165302 - 954431184 - claro 964328911
 LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTADO
 Email CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ
 INGENIERO GEOTECNISTA

José Manuel Pereyra Araujo
 INGENIERO CIVIL
 REG. COLEGIO DE INGENIEROS N° 16800



CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS ASESORES

SANTA CRUZ SCRL

ELABORACION DE PROYECTOS - EJECUCION DE OBRAS - CONTROL DE CALIDAD EN MECANICA DE SUELOS
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS	RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR (MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)	ENSAYO N°3 FIBRA DE CAUCHO AL 0.5%
TESIS: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS		
Cantera : ISCOS	Provincia : CHUPACA	Ing. Resp. : J.G.D.I
Material : PARA BASE GRANULAR	Fecha : 02/09/19	Téc. Resp. : J.S.C.V
Distrito : SAN JUAN DE ISCOS	Lado : IZQ.	Téc. Lab. : J.S.C.V

CALCULO DEL CBR

	10		11		12	
Molde N°	10		11		12	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13575.0	13575.0	13207.0	13207.0	13034.0	13034.0
Peso de molde (g)	8582.0	8582.0	8388.0	8388.0	8526.0	8526.0
Peso del suelo húmedo (g)	4993.0	4993.0	4819.0	4819.0	4508.0	4508.0
Volumen del molde (cm³)	2135.0	2135.0	2134.0	2134.0	2135.0	2135.0
Densidad húmeda (g/cm³)	2.339	2.339	2.258	2.258	2.111	2.111
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	680.0	634.9	565.0	611.2	543.0	543.0
Peso suelo seco + tara (g)	638.0	595.6	530.2	573.4	509.5	509.5
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	42.0	39.3	34.8	37.8	33.5	33.5
Peso de suelo seco (g)	638.0	595.6	530.2	573.4	509.5	509.5
Contenido de humedad (%)	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6
Densidad seca (g/cm³)	2.194	2.194	2.118	2.118	1.980	1.981

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
02/09/19	07:30	0		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
03/09/19	07:30	24		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
04/09/19	07:30	48		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
05/09/19	07:30	72		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000

NO EXPANSIVO

PENETRACION

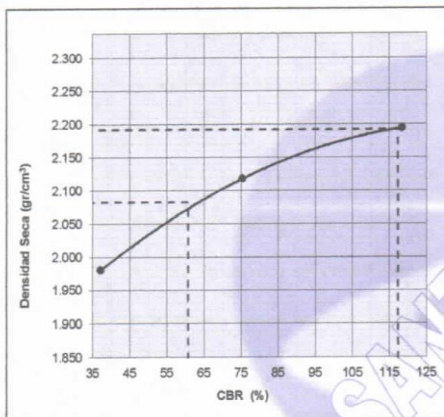
PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-10		MOLDE N°		M-11		MOLDE N°		M-12	
		STAND.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000			0				0				0	0		
0.635	0.025			15.0				26.0				38.0			
1.270	0.050			62.0				118.0				162.0			
1.905	0.075			209.0				306.0				338.0			
2.540	0.100	70.3		448.0	1,603	118.4		553.0	1,020	75.4		502.0	-	37.1	
3.810	0.150			1163.0				1059.0				778.0			
5.080	0.200	105.5		2051.0	3,058	150.6		1573.0	1,908	94.0		968.0	-	47.7	
6.350	0.250			2784.0				1985.0				1175.0			
7.620	0.300			3449.0				2305.0				1301.0			
10.160	0.400														
12.700	0.500														

OBSERVACIONES: Av orientada 772-Conceptos 15105-581405 - Cel. Mov. 975151126 - *413854- 964512425 - *165302- 954431184 - claro 964328911

CIAA S.A. S. **SANTA CRUZ SRL**
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONCRETO Y PAVIMENTOS
JAVIER SANTA CRUZ VELIZ

Jose Manuel Pereyra Araujo
INGENIERO CIVIL
REG. COLEGIO D INGENIEROS N° 16800

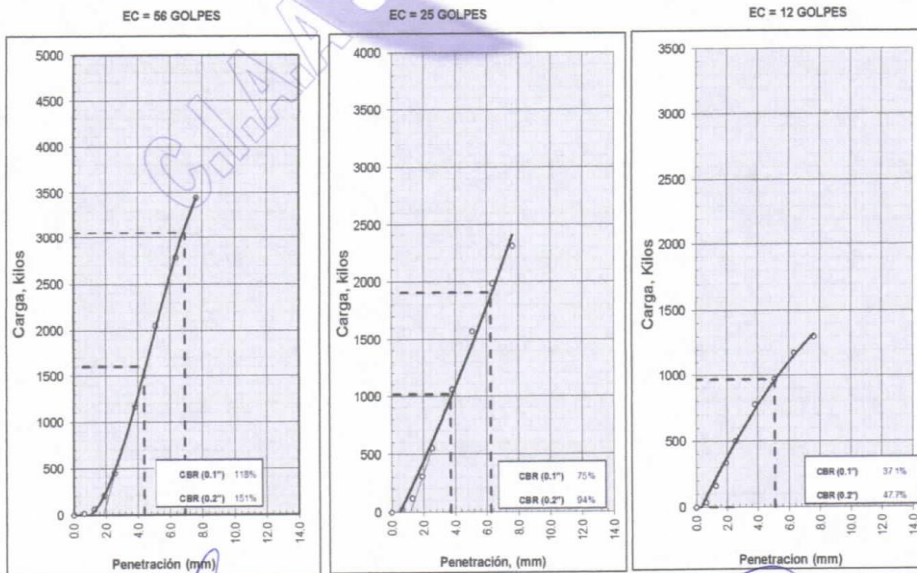
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS		
BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS	RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR (MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)	ENSAYO N°3 FIBRA DE CAUCHO AL 0.5%
TESIS: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS		
Cantera : ISCOS	Provincia : CHUPACA	Ing. Resp. : J.G.D.I
Material : PARA BASE GRANULAR	Fecha : 02/08/19	Téc. Resp. : J.S.C.V
Distrito : SAN JUAN DE ISCOS	Lado : IZQ.	Téc. Lab. : J.S.C.V
REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR		



METODO DE COMPACTACION	: AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.192
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 6.5
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.083

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 117.3 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 60.7 %

OBSERVACIONES:



Av. Oriente N° 712 - Concepción - Tel: 581405 - Cel. Mov. 975151126 - *413854 - 964512425 - **165302 - 954431184 - claro 964328911

CIAA SANTA CRUZ SCRL
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTADO

Email CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

Jose Manuel Perea Araujo
INGENIERO CIVIL
REG. COLEGIO D INGENIEROS N° 16800

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ
FC LABORATORISTA

CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS ASESORES

INGENIERIA Y GEOTECNIA

SANTA CRUZ SCRL

ELABORACION DE PROYECTOS - EJECUCION DE OBRAS - CONTROL DE CALIDAD EN MECANICA DE SUELOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS	RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR (MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)	ENSAYO N° 03 FIBRA DE CAUCHO AL 1.5 %
TESIS: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS		
Cantera : ISCOS	Provincia : CHUPACA	Ing. Resp. : J.G.D.J
Material : PARA BASE GRANULAR	Fecha : 02/09/19	Téc. Resp. : J.S.C.V
Distrito : SAN JUAN DE ISCOS	Lado :	Téc. Lab. : J.S.C.V

CALCULO DEL CBR

Molde N°	10		11		12	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13550.0	13550.0	13186.0	13186.0	13051.0	13051.0
Peso de molde (g)	8582.0	8582.0	8388.0	8388.0	8526.0	8526.0
Peso del suelo húmedo (g)	4968.0	4968.0	4798.0	4798.0	4525.0	4525.0
Volumen del molde (cm ³)	2135.0	2135.0	2134.0	2134.0	2135.0	2135.0
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.327	2.327	2.248	2.248	2.119	2.119
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	680.0	634.9	565.0	611.2	543.0	543.0
Peso suelo seco + tara (g)	638.0	595.6	530.2	573.4	509.5	509.5
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	42.0	39.3	34.8	37.8	33.5	33.5
Peso de suelo seco (g)	638.0	595.6	530.2	573.4	509.5	509.5
Contenido de humedad (%)	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6
Densidad seca (g/cm ³)	2.183	2.183	2.109	2.109	1.988	1.988

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
02/09/19	07:30	0		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
03/09/19	07:30	24		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
04/09/19	07:30	48		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
05/09/19	07:30	72		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000

NO EXPANSIVO

PENETRACION

PENETRACION		CARGA	MOLDE N°	M-10		MOLDE N°		M-11		MOLDE N°		M-12	
		STAND.	CARGA	CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	%
0.000	0.000			0				0			0	0	
0.635	0.025			23.0				16.0				11.0	
1.270	0.050			84.0				58.0				39.0	
1.905	0.075			222.0				125.0				89.0	
2.540	0.100	70.3		420.0	890	65.8		275.0	720	53.2		142.0	320.0 23.6
3.810	0.150			955.0				658.0				305.0	
5.080	0.200	105.5		1310.0	1,848	81.2		995.0	1,492	73.5		462.0	640 31.5
6.350	0.250			1685.0				1510.0				645.0	
7.620	0.300			1950.0				1799.0				782.0	
10.160	0.400												
12.700	0.500												

OBSERVACIONES: Av. Arica 772 - Concepción - Bolivia. Tel. 581405 - Cel. Mov. 975151126 - *413854 - 964512425 - *165302 - 954431184 - claro 964328911

CIAA
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTADO

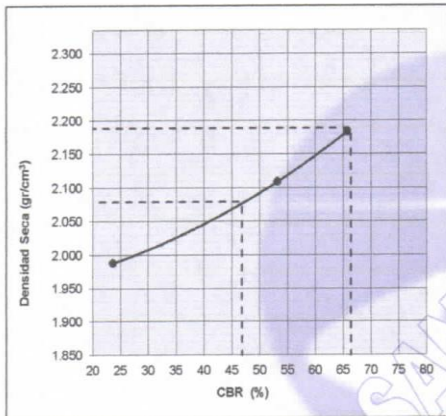
JAVIER SANTA CRUZ VELIZ
INGENIERO DE LABORATORIO

Email CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

José Manuel Pereyra Araujo
INGENIERO CIVIL
REG. COLEGIO D INGENIEROS N° 16800

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS		
BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS	RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR (MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)	ENSAYO N° 3 FIBRA DE CAUCHO AL 1.5%
TESIS: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS		
Cantera : ISCOS	Provincia : CHUPACA	Ing. Resp. : J.G.D.I
Material : PARA BASE GRANULAR	Fecha : 02/09/19	Téc. Resp. : J.S.C.V
Distrito : SAN JUAN DE ISCOS	Lado :	Téc. Lab. : J.S.C.V

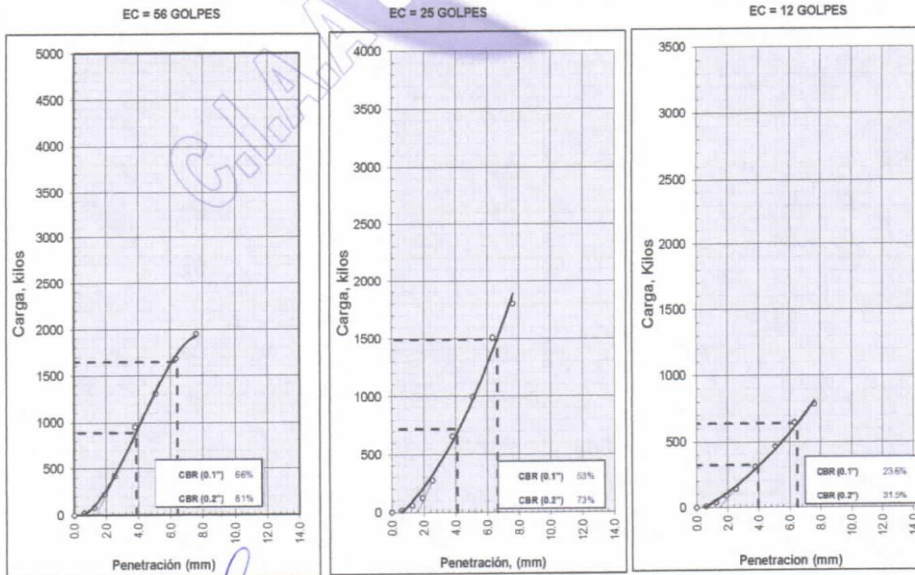
REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION	: AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.188
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 6.6
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.079

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 66.4 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 46.8 %

OBSERVACIONES:



CIAA SANTA CRUZ SRI
 Av. oriente N° 772 - Concepción, Tel: 381405 - Cel. Mov. 975151126 - *413854 - 964512425 - *165302 - 954431184 - claro 964328911
 LABORATORIO DE SUELOS
 CONCRETO Y ASFALTADO
 Email CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ
 INGENIERO CIVIL
 REG. COLEGIO DE INGENIEROS N° 16800

Jose Manuel Pereyra Araujo
 INGENIERO CIVIL
 REG. COLEGIO DE INGENIEROS N° 16800

SANTA CRUZ SCRL

ELABORACION DE PROYECTOS - EJECUCION DE OBRAS - CONTROL DE CALIDAD EN MECANICA DE SUELOS

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS		RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR (MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)		ENSAYO N°3 FIBRA DE CAUCHO AL 3.0%	
TESIS: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS					
Cantera :	ISCOS	Provincia :	CHUPACA	Ing. Resp. :	J.G.D./
Material :	PARA BASE GRANULAR	Fecha :	02/09/19	Téc. Resp. :	J.S.C.V
Distrito :	SAN JUAN DE ISCOS	Lado :	IZQ.	Téc. Lab. :	J.S.C.V

CALCULO DEL CBR

	10		11		12	
Molde N°	5		5		5	
Capas N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13385.0	13385.0	13042.0	13042.0	12797.0	12797.0
Peso de molde (g)	8582.0	8582.0	8388.0	8388.0	8526.0	8526.0
Peso del suelo húmedo (g)	4803.0	4803.0	4654.0	4654.0	4271.0	4271.0
Volumen del molde (cm³)	2135.0	2135.0	2134.0	2134.0	2135.0	2135.0
Densidad húmeda (g/cm³)	2.250	2.250	2.181	2.181	2.000	2.000
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	680.0	634.9	565.0	611.2	543.0	543.0
Peso suelo seco + tara (g)	638.0	595.6	530.2	573.4	509.5	509.5
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	42.0	39.3	34.8	37.8	33.5	33.5
Peso de suelo seco (g)	638.0	595.6	530.2	573.4	509.5	509.5
Contenido de humedad (%)	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6
Densidad seca (g/cm³)	2.111	2.110	2.046	2.046	1.876	1.877

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
02/09/19	07:30	0		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
03/09/19	07:30	24		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
04/09/19	07:30	48		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
05/09/19	07:30	72		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000

NO EXPANSIVO

PENETRACION

PENETRACION		CARGA	MOLDE N°	M-10		MOLDE N°		M-11		MOLDE N°		M-12	
mm	pulg.	STAND. kg/cm2	CARGA Dial (div)	kg	%	CARGA Dial (div)	kg	%	CARGA Dial (div)	kg	%	CORRECCION kg	CORRECCION %
0.000	0.000		0			0			0			0	
0.635	0.025		15.0			14.0						10.0	
1.270	0.050		52.0			49.0						31.0	
1.905	0.075		116.0			112.0						56.0	
2.540	0.100	70.3	265.0	614	45.4	223.0	545	40.3				98.0	261.0 19.3
3.810	0.150		605.0			478.0						216.0	
5.080	0.200	105.5	879.0	1,399	68.9	768.0	1,120	55.2				359.0	611 30.1
6.350	0.250		1286.0			1053.0						456.0	
7.620	0.300		1794.0			1364.0						762.0	
10.160	0.400												
12.700	0.500												

OBSERVACIONES: A las 12:00 hrs del día 02/09/19 se realizó el ensayo de CBR en el laboratorio de suelos y pavimentos de la constructora Ingenieros y Arquitectos Asesores Santa Cruz SCRL. Se utilizó una muestra de base granular con fibra de caucho al 3.0%.

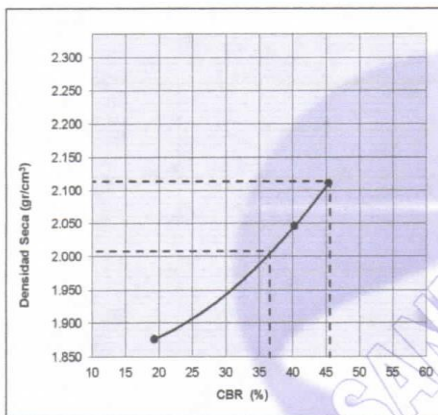
CIAA-BONITO-GUAYMAS
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTADO
JAVIER SANTA CRUZ VELIZ
INGENIERO LABORATORISTA

Av. San Martín 172 - Guayaquil - Ecuador - Tel. 099 5181405 - Cel. Mov. 975151126 - *413854 - 964512425 - *165702 - 954431184 - claro 964328911
Email CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

Jose Manuel Perera Araujo
INGENIERO CIVIL
REG. COLEGIO INGENIEROS N° 16800

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS		
BACH. ABREGU CHAVEZ JOSE LUIS	RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR <small>(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)</small>	ENSAYO N°3 FIBRA DE CAUCHO AL 3.0%
TESIS: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAUCHO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE GRANULAR DE LOS PAVIMENTOS		
Cantera: ISCOS	Provincia: CHUPACA	Ing. Resp.: J.G.D.I
Material: PARA BASE GRANULAR	Fecha: 02/08/19	Téc. Resp.: J.S.C.V
Distrito: SAN JUAN DE ISCOS	Lado: IZQ.	Téc. Lab.: J.S.C.V

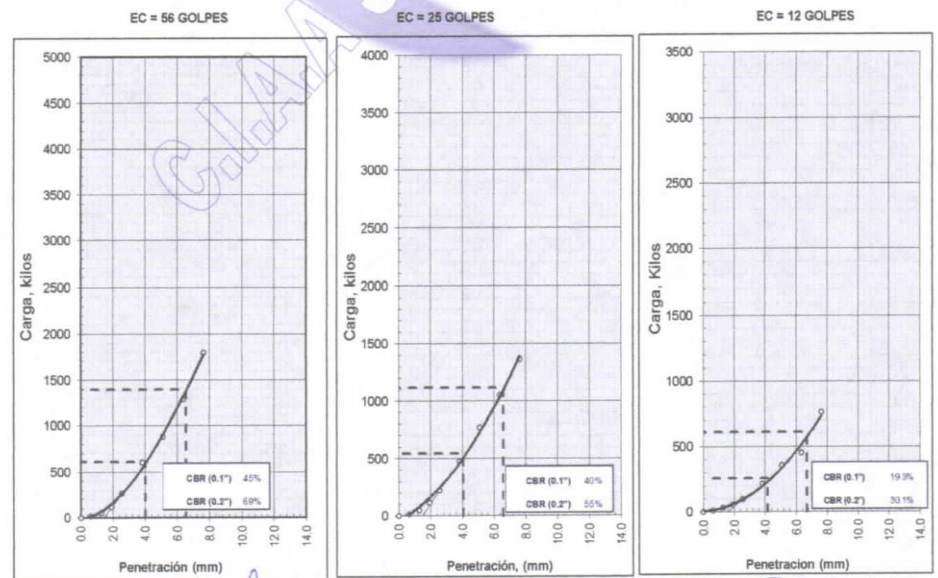
REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION	: AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.114
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 6.7
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.008

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 45.6 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 36.6 %

OBSERVACIONES:



Av oriente N° 772- Concepcion Telef. 581405 - Cel. Mov. 975151126 - *413854 - 964512425 - *165302 - 954431184 - claro 964328911

CIAA SANTA CRUZ SRL
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTADO

Email CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ
INGENIERO CIVIL

José Manuel Pereyra Araujo
INGENIERO CIVIL
REG. COLEGIO D INGENIEROS N° 18500

Anexo 4 Panel fotográfico



Fotografía 1. Exploración de cantera



Fotografía 2. Tamizado de material granular



Fotografía 3. Cuarteo manual de material para base granular



Fotografía 4. Material preparado para la compactación



Fotografía 5. Compactación de material granular con fibra de caucho



Fotografía 6. Peso de muestra compactada



Fotografía 7. Muestra sumergida en agua por 4 días y lectura inicial de expansión



Fotografía 8. Retirar las muestras y dejarlas en reposo para escurrir el agua



Fotografía 9. Se lleva las muestras a la máquina de ensayo CBR



Fotografía 10. Muestras después de obtener los datos necesarios del CBR



Fotografía 11. Peso de la fibra de caucho en seco



Fotografía 12. Peso de la fibra de caucho en agua



Fotografía 13. Colocación de fibra de caucho en agua por 24 horas