



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Incorporación de carbón cisco en el desempeño mecánico de mezclas
asfálticas en caliente, Trujillo –la libertad

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Civil

AUTORES:

Ascate Pinedo, Juleydi Mariela (ORCID: 0000-0001-9557-0812)

Pizan Gorbalan, Juliana Isabel (ORCID: 0000-0002-6330-6395)

ASESOR:

Mg. Horna Araujo, Luis Alberto (ORCID: 0000-0002-3674-9617)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL

TRUJILLO – PERÚ

2021

Dedicatoria

Esta tesis va dedicado con mucho amor y cariño para mis padres, porque ellos fueron quienes me ayudaron no solo económicamente durante la etapa de mi vida académica, sino que también me enseñaron que en la vida hay muchos tropiezos y que de cada uno de ellos aprendemos y tenemos que levantarnos y seguir luchando por nuestros sueños.

Mariela.A.P.

Este trabajo de investigación dedico principalmente a mis padres que siempre han estado apoyándome en lo económico, motivación y consejos, para así poder culminar mi carrera y todas mis metas propuestas, a mis hermanos por los consejos positivos que me brindaron a diario y los conocimientos básicos.

Juliana. P.G.

Agradecimiento

Primero quiero agradecer infinitamente a Dios, por darme salud y bienestar, también por estar conmigo a cada paso que doy.

En segundo lugar agradecer a mis padres y cada uno de los que son parte de mi familia; quienes creyeron en mí y me apoyaron en seguir estudiando.

En tercer lugar agradecer incondicionalmente a mis docentes, por sus principios, valores, consejos y enseñanzas, gracias a ellos seremos excelentes profesionales.

Mariela.A.P.

Agradezco principalmente a Dios por regalarme salud y permitirme seguir luchando por mis metas propuestas y guiarme por un buen camino de bien.

A mis padres y hermanos va el agradecimiento infinito por darme siempre el buen ánimo de seguir adelante y no rendirme jamás.

En especial va el agradecimiento a todos mis profesores que formaron parte de mi formación académica.

A la Universidad César Vallejo por siempre darme la oportunidad de seguir preparándome y formar alumnos competitivos.

Juliana. P.G.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria	i
Agradecimiento	ii
Resumen	xi
Abstract	xii
I INTRODUCCIÓN	1
1.1 Realidad problemática.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	6
1.3 Justificación.....	6
1.4 Hipótesis	7
1.5 Objetivos	7
1.5.1 Objetivo general.....	7
1.5.2 Objetivo específico	7
II. MARCO TEÓRICO	8
2.1 Antecedentes	8
2.2 Base teórica.....	12
2.2.1. Historia del asfalto.....	12
2.2.2. Asfalto.....	12
2.2.3. Mezclas Asfálticas En Caliente.....	13
2.2.4. Producción De Asfaltos En El Perú.....	13
2.2.5 Agregado	14
2.2.6. Agregados Procesados.....	14
2.2.7 Carbón cisco	15
2.2.8. Granulometría	15
2.2.9 Especificaciones de la metodología	16

2.2.10 Prueba de estabilidad y flujo	16
2.2.11 Análisis de Densidad y Vacíos	17
2.2.12 Peso específico.....	17
2.2.13 Dosificación.....	17
2.2.14 Ensayo para los agregados	18
2.2.15. Gradación para mezclas asfálticas en caliente (MAC)	19
2.2.16. Diseños de mezclas asfálticas convencionales.....	19
2.2.17. Método Marshall.....	20
2.2.18. Preparación de probetas para el Ensayo Marshall	20
2.2.19. Característica de la mezcla asfáltica en caliente	21
2.2.20. Dimensiones de las mezclas asfálticas en caliente Estabilidad.....	21
2.2.21. Resistencia	22
2.2.22. Fluencia	24
2.2.23. Vacíos De Aire.....	25
2.2.24. Vacío En El Agregado Mineral	25
2.2.25. Elaboración de muestras para ensayos de una mezcla asfáltica.....	26
2.2.26. Cálculo del porcentaje óptimo de llenante mineral	26
III. METODOLOGÍA.....	26
3.1. Enfoque, tipo y diseño de investigación	26
3.1.1. Enfoque de investigación	26
3.1.2. Tipo de Investigación	27
3.1.3. Diseño de Investigación.....	27
3.2. Variables y operacionalización	28
3.2.1. Variables.....	28
3.2.2. Matriz de clasificación de variables.	29
3.2.3. Matriz de Operacionalización de variables.....	29
3.3. Población, muestra y muestreo	29

3.3.1. Población.....	29
3.3.2 Muestra y muestreo	29
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.	30
3.4.1. Técnica de recolección de datos.....	30
3.4.2. Instrumentos de Recolección de Datos.....	30
3.4.3. Validación del instrumento de recolección de datos	31
3.5. Procedimientos	31
3.5.1. Ensayo de los agregados.....	31
3.5.2. Diseño Marshall mezcla asfáltica tradicional	40
3.5.3. Ensayo de Estabilidad y flujo	43
3.5.5. Diseño de mezcla asfáltica modificada con incorporación de carbón cisco.....	44
3.6. Método de análisis de datos.....	44
3.7. Aspectos éticos.....	45
3.8. Desarrollo.....	45
3.8.1. Ensayo de los agregados.....	45
3.8.2. Diseño Marshall mezcla asfáltica tradicional	52
3.8.3. Ensayo de Estabilidad y flujo	54
3.8.4. Resistencia al desgaste	54
IV. RESULTADOS.....	55
4.1. Ensayo de los agregados	55
4.1.1. Análisis granulométrico	55
4.1.2. Peso Específico y Absorción Del Agregado Grueso	56
4.1.3. Ensayo De Abrasión De Ángeles.....	57
4.1.4. Durabilidad al sulfato de sodio.....	57
4.1.5. Porcentaje de caras fracturadas De agregado grueso	58

4.1.6. Sales solubles de agregado grueso	59
4.1.7. Partículas chatas y alargadas	60
4.2. Resumen de los ensayos de los agregados de cantera	62
4.3. Materiales y dosificación para la fabricación de mezcla asfáltica	62
4.4. Diseño Marshall mezcla asfáltica tradicional.....	63
4.5. Diseño Marshall mezcla asfáltica modificada con incorporación de carbón cisco	69
4.6. Perdida por desgaste	77
4.7. Comparación estadística de mezclas asfálticas.....	78
V. DISCUSIÓN.....	83
VI. CONCLUSIONES.....	85
VII. RECOMENDACIONES	86
REFERENCIAS	87
ANEXOS.....	92

Índice de tablas

Tabla 1. Comparación carbón -petróleo	15
Tabla 2. Requerimiento de agregados grueso.....	18
Tabla 3. Requerimiento de agregado fino	18
Tabla 4. Gradación para mezclas asfálticas en caliente (MAC)	19
Tabla 5. Tamaño de agregados.....	20
Tabla 6. Cantidad mínima de muestra del agregado.....	32
Tabla 7. Parámetros de cumplimiento para mezcla asfáltica	32
Tabla 8. Muestra mínima para ensayo	33
Tabla 9. Máximo porcentaje de absorción.....	34
Tabla 10. Graduación de las muestras de ensayo	34
Tabla 11. Número de esferas por método	35
Tabla 12. Muestra mínima para ensayo, agregado grueso	35
Tabla 13. Muestra para durabilidad al sulfato de sodio	36
Tabla 14. Porcentaje máximo de durabilidad para agregado grueso	36
Tabla 15. Porcentaje máximo de durabilidad para agregado fino.....	36
Tabla 16. Cantidad de muestra para ensayo.....	37
Tabla 17. Porcentajes mínimos de caras fracturadas.....	37
Tabla 18. Muestra requerida para ensayo.....	38
Tabla 19. Porcentaje máximo permitido (sales solubles)	38
Tabla 20. Obtención de muestra de ensayo.....	39
Tabla 21. Máximo porcentaje de partículas chatas y alargadas	39
Tabla 22. Porcentajes mínimos para equivalente de arena.....	40
Tabla 23. Angularidad de finos valores mínimos	40
Tabla 24. Porcentajes que pasan de los agregados gruesos y finos.....	55
Tabla 25. Resultados de ensayo de peso específico y absorción agregado grueso ..	56
Tabla 26. Resultados de ensayos de desgaste	57
Tabla 27. Resultados durabilidad al sulfato de sodio para agregado grueso	57
Tabla 28. Resultados durabilidad al sulfato de sodio agregado fino.....	58
Tabla 29. Resultado caras fracturadas agregado grueso.....	58

Tabla 30. Resultado caras fracturadas agregado fino	58
Tabla 31. Resultados ensayo sales solubles agregado grueso.....	59
Tabla 32. Resultado ensayo sales solubles agregado fino.....	59
Tabla 33. Máximo porcentaje de partículas chatas y alargadas	60
Tabla 34. Resultado equivalente de arena	61
Tabla 35. Resultado de ensayo de angularidad	61
Tabla 36. resumen de los ensayos de agregados de cantera	62
Tabla 37. Dosificación de mezcla asfáltica tradicional.....	62
Tabla 38. Resultados de diseño de mezcla asfáltica en caliente tradicional con 5% de cemento asfáltico	63
Tabla 39. Resultados del diseño de mezcla asfáltica en caliente tradicional con 5.5% de cemento asfáltico	64
Tabla 40. Resultados del diseño de mezcla asfáltica en caliente tradicional con 6% de cemento asfáltico	65
Tabla 41. Resultado estabilidad a diferentes porcentajes de C.A	67
Tabla 42. Resultados peso unitario a diferentes porcentajes de C. A	67
Tabla 43. Resultados % de vacíos a diferentes porcentajes de C.A	68
Tabla 44. Resultados de flujo a diferentes porcentajes de C .A	68
Tabla 45. Resultados de V.M.A a diferentes de C. A	68
Tabla 46. Resultados ensayo Marshall mescla asfáltica en caliente tradicional.....	69
Tabla 47. Dosificación para mezcla modificada.....	69
Tabla 48. Diseño de mezcla con 10% de carbón cisco	70
Tabla 49. Diseño de mezcla con 15% de carbón cisco	71
Tabla 50. Diseño de mezcla con 20% de carbón cisco	72
Tabla 51. Diseño de mezcla con 25% de carbón cisco	73
Tabla 52. Resultados estabilidad vs% carbón cisco.....	74
Tabla 53. Resultados peso unitario vs% carbón cisco	74
Tabla 54. Resultados de porcentaje de vacíos vs% carbón cisco	75
Tabla 55. Resultados de porcentaje de vacíos vs% carbón cisco	75
Tabla 56. Resultados de porcentaje de vacíos vs% carbón cisco	76
Tabla 57. Resultados ensayo Marshall.....	76
Tabla 58. Comparación de resultados entre mezcla asfáltica convencional y modificada	76

Tabla 59. Resultado perdida por desgaste	77
Tabla 60. Análisis de Shapiro - Wilk.	82
Tabla 61. Análisis de Anova	82
Tabla 62 . Matriz de operacionalización de variables	94
Tabla 63. Indicadores de variable.....	96
Tabla 64. Cálculo del tamaño de muestra	130

Índice de figuras

Figura 1. Asfalto.....	13
Figura 2. Mezcla asfáltica en caliente	13
Figura 3. Agregados procesados	15
Figura 4. Estabilidad	22
Figura 5. Resistencia	24
Figura 6. Fluencia	25
Figura 7. Procedimiento	31
Figura 8. Curva granulométrica del agregado grueso y fino con respecto a los límites MAC-2.....	56
Figura 9. Estabilidad vs contenido de cemento Asfaltico	67
Figura 10. Peso unitario vs contenido de cemento asfaltico	67
Figura 11. Porcentaje de vacíos vs contenido de cemento asfáltico.....	68
Figura 12. Flujo vs contenido de cemento asfaltico	68
Figura 13. Porcentaje V.M.A. vs contenido de cemento asfaltico	69
Figura 14. Estabilidad vs % carbón cisco.....	74
Figura 15. Peso unitario vs% carbón cisco	74
Figura 16. Porcentaje de vacíos vs% carbón cisco.....	75
Figura 17. Flujo vs % carbón cisco	75
Figura 18. Porcentaje V.M.A.vs% carbón cisco	76
Figura 19. Estabilidad (kg) vs tipo mezcla.....	78
Figura 20. Peso unitario vs tipo mezcla	79
Figura 21. Vacios (%) vs tipo mezcla.....	79
Figura 22. Flujo vs tipo mezcla.....	80
Figura 23. Flujo vs tipo mezcla.....	80
Figura 24. Desgaste de especímenes.....	81
Figura 25. Cantera El Milagro: obtención de los agregados	132
Figura 26. Obtención de carbón cisco Usquil-Otuzco	132
Figura 27. Análisis granulométrico	133
Figura 28. Tamizado de los agregados.....	133
Figura 29. Compactación de mezcla asfáltica.....	134
Figura 30. Máquina para prueba de estabilidad.....	134

Resumen

En esta investigación fue de tipo experimental puro, el proyecto de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de carbón cisco, tiene como finalidad mejorar el desempeño mecánico, de tal forma se pasó analizar el comportamiento que produce el carbón cisco en una mezcla asfáltica, para ello se realizaron los siguientes ensayos de Método Marshall, resistencia al desgaste. Para el diseño de la mezcla asfáltica se emplearon materiales como: PEN85/100, agregados grueso y fino extraídos de la cantera “El Milagro”, los cuales primero fueron sometidos a ensayos ,para así poder determinar las características que estos presentan ,obteniendo una dosificación de 35.99% de agregado grueso ,59.90 % de agregado fino.se diseño según el ensayo Marshall con porcentajes de cemento asfáltico de :5%,5.5%,6%y6.5%,logrando obtener un porcentaje de cemento asfáltico de 5.7%, una estabilidad de 1710kg con un flujo de 3.6mm, en comparación con la mezcla modificada con la incorporación de carbón cisco de 10%,15%,20%,25%,se obtuvo una estabilidad de 1713.68 kg,1716.81 kg,1712.97 kg y 1708.77 kg con un flujo de 2.76 mm,2.78 mm,2.79 mm y 2.80 mm. Para el ensayo de pérdida al desgaste incorporando porcentajes de carbón cisco se obtuvo los siguientes resultados de 16.10%,17.45% ,21.45%y 25.5% y 9.59%.de mezcla asfáltica tradicional. En esta investigación se concluye que la mezcla modificada con 15%de carbón cisco presenta menor pérdida por desgaste.

Palabras clave: mezcla asfáltica modificada, desempeño mecánico, resistencia al desgaste.

Abstract

In this research, it was of a pure experimental type, the hot asphalt mixing project with the incorporation of cisco coal, aims to improve the mechanical performance, in such a way it was analyzed the behavior produced by cisco coal in an asphalt mixture, to The following Marshall Method tests were carried out, resistance to wear. For the design of the asphalt mix, materials such as: PEN85 / 100, coarse and fine aggregates extracted from the "El Milagro" quarry were used, which were first subjected to tests, in order to determine the characteristics they present, obtaining a dosage 35.99% of coarse aggregate, 59.90% of fine aggregate. It was designed according to the Marshall test with percentages of asphalt cement of: 5%, 5.5%, 6% and 6.5%, achieving a percentage of asphalt cement of 5.7%, a stability of 1710kg with a flow of 3.6mm, compared to the modified mixture with the incorporation of cisco carbon of 10%, 15%, 20%, 25%, a stability of 1713.68 kg, 1716.81 kg, 1712.97 kg and 1708.77 kg with a flow of 2.76mm, 2.78mm, 2.79mm and 2.80mm. For the wear loss test incorporating percentages of cisco carbon, the following results of 16.10%, 17.45%, 21.45% and 25.5% and 9.59% of traditional asphalt mix were obtained. In this research it is concluded that the mixture modified with 15% of cisco carbon presents less loss due to wear.

Keywords: modified asphalt mix, mechanical performance, wear resistance.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

En el año 2020, la gestión por procesos ha venido evolucionando a medida que han pasado los años, esto ha dado que se generen nuevos cambios como es en el caso de los asfaltos, ya que cada año buscan nuevos agregados con el único fin de poder tener un pavimento más resistente, si bien sabemos que la construcción de pavimentos flexibles ha sido el medio más importante del desplazamiento de personas y distribución de vehículos con bienes importantes para el desarrollo de las naciones de tal manera han hecho posible la comunicación con diferentes ciudades, la unión y globalización actual entre los países del mundo.

En Colombia se realizaron estudios con el fin de mejorar en la dureza del pavimento a la carga que es sometida, si bien sabemos que uno de los factores que puede afectar, es el cambio brusco del clima, esta problemática aumentaría el deterioro de las superficies de rodadura en el pavimento, también las lluvias, la erosión, la temperatura y la escorrentía, entre otros. Así mismo las carpetas asfálticas en la demanda del tráfico en las vías y las capacidades portantes del suelo ya sea base, o subrasante, entre otros, son las que influyen en el deterioro, por lo tanto, una posible solución para que mejoren su fisonomía, sería realizar modificaciones con materiales que soporten altas resistencias. (Luis Moreno, 2016)

El Centro Nacional de Tecnología del Asfalto (NCAT), realizaron investigaciones y se centraron en el tema de analizar su comportamiento mecánico respecto a las mezclas de tipo SMA, la finalidad para este estudio fue comparar ensayos haciendo uso del laboratorio, para determinar si existe una mejora en el comportamiento mecánico, los resultados esperados de este estudio no fueron los esperados y tampoco vienen a ser comparables con los estudios que se realizan en nuestro país, ya que se diferencian por ciertos factores con los que se elaboran, cabe recalcar que carece de una evaluación de las mezclas SMA en las circunstancias propias de nuestro territorio. (E. Brown y H. Manglorkar, 1993).

En Perú contamos con pavimentos asfaltados con un total de 26,597.6 km lo cual representan solo el 15.3% de los pavimentos asfálticos que han sido colocados ya sea en frío y caliente pero no cumplieron con los propósitos del diseño y es por eso que se reemplazan por otros agregados el propósito de mejora o aumentar su

comportamiento, por ello se están realizando muchas investigaciones a nivel nacional como internacional, en Perú se están utilizando un sin número de agregados y mencionaremos algunas de ellas como las cenizas volantes de termoeléctricas, adición de cenizas de maíz, granos de caucho, llantas entre otras y muchas lograron obtener resultados favorables con respecto a la mezcla en caliente, así mismo en otras mezclas no funcionan, ya que algunos se deben a los mayores costos económicos, por otro lado todas las investigaciones se están realizando para la obtención de buenos resultados y así brindar un producto de buena calidad a la población. (Carañi 2019, pg. 3).

En Trujillo se ha comprobado que las carpetas asfálticas construidas ya sea en calles, avenidas o carreteras, presentan una serie de fallas de diferentes tipos, como la alteración en condiciones de medio ambiente ya que esto provoca muchas consecuencias en épocas de lluvia y ocasionan el deterioro anticipado de las vías de transitabilidad de la ciudad. Muchas fueron diseñadas hasta un cierto tiempo, pero lamentablemente estas se ven afectadas mucho antes de cumplir con la vida útil, uno de los factores es debido al incremento de los vehículos con altas capacidades de cargas, otro factor como consecuencia es por el cambio del clima. Los principales problemas que se ven afectados en los asfaltos son por el envejecimiento ya que se debe a los cambios en sus propiedades mecánicas, por ese motivo tiende a tener un impacto desfavorable en el comportamiento y durabilidad, también las deformaciones permanentes ya que son por la falta de resistencia que proporciona el asfalto cuando se producen elevadas temperaturas y estas a su vez producen ahuellamiento, fisuras por fatiga ya que alteran al pavimento y se debe a las cargas de tráfico que son impuestas por el asfalto (Rondón, ruge y Moreno, 2016). Por tal motivo, se realizará una investigación incorporando nuevos agregados utilizando carbón cisco para reemplazar en % de agregado grueso convencional y comprobar si existe mejora en el desempeño. La variable de control es el carbón cisco con el fin de comprobar sus efectos en el desempeño mecánico de las mezclas, De tal manera que se hace uso de las normas MTC-E504/EG-2013, ASTM-6927 y MTC E522/AASHTO TS.

(Suárez, 2017) Encontró que los agregados fueron realizados a través de ensayos mecánicos, como arenas finas, arenas trituradas y gravas, sin embargo, los

estudios realizados no cumplieron con las normas INVIAS. También se realizaron ensayos de solidez y con respecto a su durabilidad para los ensayos de solidez de sulfato demostraron competencias con los ensayos realizados, para ello se verifico en los cambios volumétricos que fueron los poros permeables del agregado, pero se centraron en el análisis de los límites; ya que consiguieron obtener una adecuada estabilidad de los materiales que habían sido cambiados en las temperaturas o intemperie. Por otro lado, las muestras que son realizadas a mano permiten realizar un análisis de la alta madurez y textura y permite una buena cementación ya que indican una baja porosidad de los materiales. Sin embargo, se hicieron estudios de desgaste lo cual demuestran que la dureza de los materiales no tiende a cumplir con lo requerido por la norma INVIA, sabiendo que contienen grandes cantidades de materiales resistentes como el cuarzo.

(Aduato Rosario, 2019) Indica que la ceniza de caña del maíz aporta beneficiosamente el comportamiento mecánico de mezcla asfáltica, se afirma que contiene puzolanas, así mismo propiedades cementicias. Obteniendo un porcentaje óptimo de 0.5% para un contenido óptimo de ligante asfáltico de 6.0%. (pag.106)

(Estrada Escalante, 2017) Encontró que el uso de mezclas asfálticas convencionales se ve afectado por diferentes tipos de causas entre ellos tenemos el aumento del tránsito, el exceso de carga, factor del clima, entre otros. Indican que las mezclas que son modificadas con polímeros y de tipo SBS PG 70- 28 ofrecen una mejor respuesta mecánica que una mezcla convencional PEN 85/100 Plus, también permite tener una mejora en los desempeños de las carpetas consiguiendo un incremento de la vida útil en el pavimento. Con respecto a los resultados que obtuvieron fueron satisfactorios ya que consiguieron mejoras tanto en las propiedades como son el flujo la estabilidad, las mezclas asfálticas que presentaron una mayor estabilidad que las convencionales PEN 85/100 Plus fueron con los agregados de polímeros , el resultados que fueron realizados de los ensayos con respecto a las deformaciones permanentes consiguieron 4 veces una mayor resistencia, y para los ensayos de fatiga en viga presentaron una resistencia de diecisiete veces ya que fueron las más superiores, por lo tanto demuestra un excelente desempeño que presentan estas mezclas asfálticas modificadas con polímeros (pg. 157).

Estas investigaciones ya realizadas nos brindan información y resultados satisfactorios para tener ya una referencia al momento de realizar este estudio de incorporación de carbón cisco del desempeño mecánico en la mezcla asfáltica en caliente, para evaluar la resistencia a la compresión, la durabilidad, impermeabilidad, solucionando el problema del deterioro de los pavimentos. Por otro lado, estos estudios generan nueva información que puede ser utilizada para elaborar nuevas mezclas de asfaltos más resistentes, sistemas constructivos, generando e innovando en la tecnología de las mezclas asfálticas modificadas.

La empresa Conalvias S.A.C - Sucursal Perú, construyó veredas según tecnología, por lo que reciclaron asfalto para cierta parte de la vía central de las carreteras nacionales PE-3N y PE-18 en Perú, esta vía une la selva central del país con la ciudad de Lima la cual fue evaluada por importantes centros urbanos como La Oroya, Cerro de Pasco, Chirin, etc. en el año 2013. Según la escala de PCI se tiene la clasificación como "MALO", recibiendo 32 como valor, que corresponde al resultado de emplear sello de lodo de 9mm como superficie de apoyo, siendo la principal carretera la principal vía del Perú, donde circula un vehículo pesado. viajar. De esta forma, no se puede alcanzar el valor mínimo de 55, lo que indica un buen estado de funcionamiento de los pisos. Se recomienda tratar la superficie del sustrato o capa asfáltica para obtener una mejor textura. (Abad, 2016).

Empresa Concesionaria IIRSA NORTE con la empresa consultora CAMINEROS S.A.C presento un método sencillo y práctico (YONAPAVE) con la finalidad de mejorar o reforzar la estructura del pavimento flexible. Los algoritmos de YONAPAVE, deducen que el esquema – que no es destructivo - viene a ser recomendado por la norma AASHTO 1993 con el fin de estimar el número estructural efectivo (SNEF) y también lo que concierne a la estabilidad de la subrasante por lo tanto son aumentados con el análisis de fatiga de las carpetas. Y para conseguir una buena resistencia a la fatiga en las carpetas asfálticas, los refuerzos adhieren deformaciones ya que suelen ser usadas en los métodos de diseño "mecánico" uno de ellos es el método Shell o el método del Instituto del Asfalto. YONAPAVE califica un nuevo modelo bicapa elástico al pavimento evaluado, similar con parámetros elásticos efectivos extraídos del cuenco de deflexiones medido. Este proyecto presenta igualmente un algoritmo para corregir el valor de SNEF sometido a una temperatura base de la carpeta asfáltica de 30 °C

(Romero, 2012).

Una de las problemáticas que enfrentan los ingenieros de pavimentos es la calidad y heterogeneidad de los asfaltos, estos vienen a ser conseguidos en refinerías que son obtenidas de los pozos (Reyes y et al, 2013).

Si bien sabemos que Trujillo es un distrito muy desarrollado con una población extensa y cuenta con un sin números de vehículos que transitan diariamente por sus vías siendo preocupante que sus pavimentos se encuentren en mal estado. Una problemática que estamos pasando a nivel local es de la línea de diseño de infraestructura vial, como el deterioro o fallas de las avenidas principales, calles, que son de diferentes tipos: fisuras y grietas, deformaciones superficiales y los desprendimientos. Las causas que originan estas fallas son: la deformación de la subrasante provocada por el peso de los vehículos, espesor de la estructura muy débil u inadecuada, la falta de confinamiento en lados laterales del sistema debido a no construir o no tener en cuenta sardineles en los bordes longitudinales ,debido al envejecimiento y fatiga del asfalto provocado por las solicitaciones de carga ,por procesos constructivos inadecuados , drenaje pluvial inadecuado, debido a una mala compactación de la estructura lo cual provoca ahuellamientos ,debido a que los vehículos que transitan por la vía derraman aceites o líquidos diésel , ocasionado por la deficiente adherencia entre agregados y asfalto por realizar una dosificación de la mezcla asfáltica inadecuada o que no cumplen con estándares o valores mínimos brindados por las normas técnica peruana, lluvias que son provocadas en el momento que se está aplicando o realizando el ligante asfáltico, provocados por la aceleración de los vehículos cuando la carpeta de rodadura está recién compactada y fresca, por falta de curado inadecuado de la carpeta asfáltica.

Este proyecto amerita una investigación y nos centramos en dicho tema de mezclas asfálticas en caliente ya que nos damos cuenta de que estas carpetas asfálticas no son las más adecuadas y nos basamos en incorporar carbón cisco en porcentajes y así incrementar un mejor desempeño mecánico de mezclas asfálticas.

Al no realizar esta investigación se estaría dejando de contribuir al aprendizaje y al conocimiento de los pavimentos flexibles, esto serviría para realizar diseños diferentes, dejaría de ser un aporte importante y poder contribuir con el aprendizaje a otras personas que requieran obtener información de mezclas asfálticas, se estaría

aportando a la investigación de proyectos sostenibles.

1.2 Planteamiento del problema.

¿De qué manera influye la incorporación del carbón cisco en el desempeño mecánico de mezclas asfálticas en caliente, Trujillo-La Libertad?

1.3 Justificación

Este proyecto de investigación se enfoca a buscar nuevas alternativas de solución, Por este motivo determinamos agregar un nuevo material como carbón cisco. La investigación se hace con el fin de afrontar los problemas que son generadas por las mezclas asfálticas en caliente. También se busca una mejora a la resistencia y durabilidad, por otro lado, esto beneficiara en la reducción de costos en operación y mantenimiento de vehículos, otro de los motivos de esta problemática es que evitara que la población tenga dificultades al momento de transportarse de un lugar a otro, de esta manera podemos brindar y mejor la seguridad.

La presente investigación tiende a lograr un aumento sustancial con respecto al desempeño mecánico del asfalto ya que al incorporar un porcentaje de carbón cisco se lograra obtener una mezcla resistente y satisfactoria. Probablemente sea beneficioso para las mezclas asfálticas en caliente ya que mejora su resistencia y durabilidad utilizando carbón cisco.

Esta investigación se realizó con el propósito de tener una perspectiva clara del tema a investigar, aportar nuevos conocimientos y obtener información de investigaciones ya aplicadas con el fin de conseguir buenos resultados.

Este proyecto tiene como objetivo determinar la influencia de la incorporación de carbón cisco en el desempeño mecánico de las mezclas asfálticas en caliente para mejorar su resistencia y durabilidad, para ello se realizaran a través del ensayo Marshall, ya que sus propiedades son muy beneficiosas en los pavimentos, y se trabajaron bajo los parámetros establecidos por las normas como AASHTO T-283, MTC E-504, MTC E-515.

Esta indagación se realizara con la finalidad de renovar las construcciones viales y aumentar su vida útil de la carpeta asfáltica con la integración de carbón cisco extraído de la cantera Otuzco –Usquil ubicado a 72.50km y a una 1h y 50 minutos de la ciudad

de Trujillo.

En lo social beneficiará a toda la población para que puedan llegar a sus destinos sin ningún inconveniente, evitando muchos accidentes de tránsito, también brindara un mejor servicio para la población ya que hacen uso continuo de la vía, otro punto importante es que conseguiremos una reducción en la parte económica con lo que es operación y mantenimiento de sus vehículos.

Esta investigación es experimental pura, para ello se realizara recopilando informaciones de diferentes fuentes bibliográficas, cabe recalcar que servirá como guía para las futuras investigaciones. El método empleado es la observación, este proyecto consiste en comparar con una probeta patrón de mezclas asfálticas de acuerdo con los ensayos realizados según la norma establecida.

1.4 Hipótesis

La incorporación de carbón cisco influye significativamente en el desempeño mecánico de una mezcla asfáltica en caliente, Trujillo -La Libertad.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

- Determinar la influencia de la incorporación de carbón cisco en el desempeño mecánico de la mezcla asfáltica en caliente.

1.5.2 Objetivo específico

- Realizar los ensayos de los agregados grueso y fino.
- Incorporar las proporciones de carbón cisco en el diseño de una mezcla asfáltica en caliente.
- Determinar la estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica en caliente tradicional y modificada.
- Determinar el porcentaje de pérdida por desgaste de la mezcla asfáltica en caliente convencional y la mezcla asfáltica modificada con 10%, 15%,20% y 25% de carbón cisco de acuerdo con el MTC -515. .
- Comparar la mezcla asfáltica en caliente convencional (patrón) con la modificada que contiene carbón cisco.
- Determinar el porcentaje del carbón cisco que cause mayor estabilidad y mantenga el flujo dentro de los parámetros establecidos según el método

Marshall.

- Determinar la influencia del carbón cisco en el desempeño mecánico de una mezcla asfáltica en caliente.
- Realizar el análisis estadístico aplicando la prueba de Shapiro Wilk y Anova.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Para poder realizar este trabajo de investigación es importante revisar y también hacer uso de teorías o definiciones relacionadas al tema de estudio, así mismo de trabajos e investigaciones que han sido elaborados por otros estudiantes y/o profesionales. Estos trabajos previos pueden ser nacionales, internacionales y locales, por eso se presentarán a continuación:

Por su parte (Aranguri y Valverde,2018), realizaron un análisis en el cual está indicado en el título, para ello los agregados que utilizaron fueron de la cantera denominada Bauner, la cual están ubicadas en la carretera Panamericana el Milagro- Trujillo. Fue determinada mediante el método Marshall. En el procedimiento se realizó ensayos en un laboratorio de mezclas en caliente como frías ya que esto facilitará el proceso de dichos ensayos, y utilizaron gráficos, tablas, imágenes, entre otros. Se rigieron a las normas de MTC, ASHHTO Y ASTM. Los resultados con los porcentajes del método Marshall, utilizando cemento asfáltico PEN 60/70 se obtuvo un porcentaje con un valor de 5.47% con un diseño del 30% de agregado grueso y también un 70 % de agregado fino. Así mismo el porcentaje de los resultados obtenidos de mezclas asfálticas en frío empleado en asfalto líquido RC-250 obtuvieron un valor del 6.63% y con un diseño del 30% de agregados gruesos y 70% de agregados finos. Como resultados del comportamiento de estabilidad tenemos un 10.90 KN (1039.09 Kg) y para las mezclas asfálticas en frío tiene un valor de 8.17 KN (833.11 Kg). Lo que nos indica que para el tránsito pesado de carpeta base sí cumple.

Este proyecto servirá de guía para la presente investigación, cabe indicar que evaluaron el comportamiento del asfalto en caliente y emulsionadas se rigieron a las normas MTC, ASHHTO Y ASTM, se desarrollaron ensayos de mezclas en

caliente y frío en el laboratorio de suelos, utilizaron el método Marshall, en el cual si cumplieron con las especificaciones. Será de mucha ayuda para tener más noción y poder aplicar en el proyecto a desarrollar.

De acuerdo con (Pereda y Cubas, 2015) cuyo objetivo fue demostrar ensayos en laboratorio modificando el asfalto para ello usaron cauchos que fueron reciclados de llantas con la finalidad de mejora en su comportamiento tanto físico como mecánico del asfalto convencional, también se evaluaron las ventajas y desventajas económicas frente a asfaltos convencionales, para ello se rigieron de las especificaciones de asfaltos modificados ASTM D-6114-97. Los estudios fueron con agregados de polvo de llantas, la intención de este estudio es obtener una mejora en la resistencia, también en la deformación plástica de las mezclas, en conclusión con respecto al comportamiento del RC-70 para la recuperación elástica por torsión, obtuvieron asfaltos modificados con el 37% los cuales son más recuperables que los convencionales, consiguieron una disminución en la susceptibilidad del RC-70 así mismo aumentó el punto del ablandamiento con 19°C, la penetración hasta 25°C por ello disminuye en 19 mm.

Esta investigación aporta que la adición del polvo de llantas tiende a mejorar la calidad de las mezclas asfálticas, otro punto importante es que reduce la contaminación del ambiente y es por eso por lo que debemos darles uso a los neumáticos desechables, a su vez aumenta la resistencia y también hay un aumento a la resistencia de deformaciones y extiende la vida útil de las vías.

De acuerdo con (Pérez Silva, 2018) nos menciona de la forma que influye la integración de escorias metalúrgicas en el diseño de mezclas - Lima, 2018(p.36). El proyecto se realizó con el propósito de estudiar la conducta de la mezcla asfáltica adicionando escorias metalúrgicas, en el cual se analizó 4 diseños de mezclas, el primer diseño fue el patrón, los tres siguientes fueron tomados como experimentales. Los resultados del proyecto con respecto a los diseños experimentales fueron realizados con el método Marshall, y se demostró que el uso de las escorias en la mezcla asfáltica influye en la consistencia con 12.536 KN y en la fluencia con 14 mm (p.9).

En el diseño experimental se realizó con la metodología Lottman, el resultado obtenido fue de 87 % de resistencia conservada, la cual indica que tiene una

resistencia mayor que el diseño patrón y estas fueron realizadas bajo las normas. Por lo tanto, y se concluye que; estas escorias metalúrgicas si se puede utilizar, y podemos ver que es fundamental en la estabilidad, fluencia y resistencia a la tracción (p.9).

Esta investigación, nos brinda un aporte respecto a la guía del diseño asfáltico con adición de escorias metalúrgicas, y cuál es su comportamiento de esta, por lo tanto, esta investigación me servirá para recoger datos al momento de realizar el presente proyecto.

(F. Chávez More ,2019) en su trabajo de investigación en la cual realizó la evaluación el uso de resto de conchas de abanico que fueron triturados para reemplazar en el agregado de forma natural. Para ello emplearon un agregado grueso y uno fino, y usaron la metodología Marshall para el diseño de estas mezclas. En esta investigación se retiró tamaños de agregado fino natural y fueron reemplazados por restos de concha de abanico, con tamaños iguales de partículas y de igual peso, con respecto a la granulometría al inicio no se vio modificado el diseño.

En la 1°mezcla sustituyeron las partículas de agregado fino entre los tamices # 8 y # 50; en la 2° mezcla, entre los tamices # 50 y # 100. Finalmente, en la 3° mezcla, entre los tamices # 100 y # 200.

Los resultados muestran que el uso de residuos de conchas de abanicos triturados puede usarse como cambio de arenas naturales. Se puede decir que las mezclas asfálticas dependen de las dimensiones sustituidas, los intermedios, alrededor del tamiz #50, estos realizan mezclas con resultados de vacíos y flujos adecuados, también en casos superiores a la mezcla de referencia. El autor concluye que las conchas de abanico triturados pueden reemplazar a la arena natural en las mezclas asfálticas, para ello es muy necesario hacer otras evaluaciones en el desempeño, una de ellas es la susceptibilidad del agua como la resistencia a la fatiga y a las deformaciones a largo plazo.

Esta investigación, nos brinda un aporte importante debido a una guía de evaluación de restos de concha tipo abanico triturada, que se debe tener para usar como remplazo de agregados naturales, para sus ensayos utilizaron la metodología Marshall, nos mencionó que tengamos en cuenta de evaluar otros aspectos como la resistencia a la fatiga también susceptibilidad de agua como será muy útil para

recolectar datos y poder aplicar su método al momento de realizar la tesis.

Estudio en el comportamiento del concreto asfáltico en caliente modificado con polvo de roca asfáltica.

(Suarez y Villamil, 2016). En su aporte sobre la gestión de mejora de materiales y procedimientos, aplicables en Colombia, Concluye lo siguiente: Por ello se había realizado una evaluación en la cual fue elaborada bajo el procedimiento de vía seca, cabe indicar que este polvo de roca es viable ya que tiene bajo costo en los procesos industriales del asfalto. Así mismo recomienda que es muy importante realizar una dosificación del material antes de hacer todos los ensayos correspondientes, ya que puede haber excesos de asfalto y esto puede generar una disminución en el flujo de la mezcla, a la misma vez en la rigidez y posibles procesos de fisuración prematura. (p.91)

En esta investigación nos aporta que las mezclas con cantidades menores al 0.5 % establecen problemas de resistencia y porcentajes de adicción de asfáltica mayores al 2% conllevan a valores de flujo inferiores al mínimo de la norma establecida.

(Juan Peña, 2019) en su investigación fueron incorporando cenizas volantes y estas fueron realizadas en porcentajes, este material fue proveniente de la termoeléctrica Ilo. Lo que buscan es aumentar el rendimiento mecánico de la mezcla asfáltica. El método que utilizan es de inferencia y orientación, su enfoque es cuantitativo, el primer procedimiento es el análisis de cenizas volantes y demuestran que pueden resolver el problema de rendimiento mecánico. Lo que hicieron fue agregar cenizas en diferentes proporciones como (0.25%, 0.35 %, 0.50%, 0.75%, 0.85) y 1.0%) para lograr las propiedades de estabilidad y aumentar la resistencia del componente asfáltico en el agregado. Hicieron una medición de los granos, de clases MAC-2 y PEN 85/100, y también para correlacionar las variables, luego combinaron la ceniza volante con la carga mineral y finalmente los valores obtenidos en el análisis. Marshall (estabilidad - flujo), resistencia a presión indirecta (TSR) y la rueda de Hamburgo. Según la prueba de Marshall, lograron un contenido adecuado de betún de 6,0%, y con esto procedieron a producir 96 pellets de carbón en total. Para una mezcla de 0,75 % y 0,85 % de cenizas volantes, se

observa un aumento constante en el valor porque la tasa de flujo es de 3853 kg/cm mientras que 1,0 % es 3892 kg/cm con una composición de 0,75 % de cenizas volantes, la prueba TSR fue 86,5 % en comparación al original 80,6%. En la prueba de rueda de Hamburgo, perdió el 73,92 % de la profundidad de dibujo especificada.

En esta investigación, se recomienda utilizar cenizas volantes en menos de 0,75%, lo que asegura un mayor rendimiento mecánico contra el daño por deformación permanente.

Como se mencionó anteriormente, para realizar una correcta investigación se debe tener en cuenta los aspectos teóricos.

2.2 Base teórica.

2.2.1. Historia del asfalto

Hace miles de años comenzaron las historias de los asfaltos. Estos se producen en lagos de asfaltos naturales, y consiste en una mezcla de piedra caliza. Los antiguos mesopotámicos impermeabilizaron los baños y tanque de agua, así mismo los egipcios ya que lo usaron para colocar las rocas en las orillas del Rio Nilo, con la finalidad de evitar la erosión y estos fueron impermeabilizados con asfaltos. En Babilonia en 625 A.C. se dieron los primeros inicios del uso de los asfaltos como un material de construcción para carreteras.

Los que estaban familiarizados con el asfalto también fueron los antiguos griegos. Por eso la palabra asfalto proviene de ellos, “aspaltos” que significa “seguro”. Así mismos romanos también usaron los asfaltos, para sellar sus baños, acueductos y embalses. (Espinoza, 2014)

2.2.2. Asfalto

(Cárdenas y Fuentes 2014, p.18) Es un material flexible, cohesivo, de color grisáceo porque cambia de forma constante de acuerdo con su consistencia, en medio de materiales sólidos y semisólidos afectados por la temperatura. Este se vuelve a líquido a medida que su temperatura aumenta, lo que permite que las partículas de agregado se mezclen durante la fabricación.

(MTC 2018, P. 4) según la norma dice que el asfalto es de color plomo (gris y oscuro), estos fueron constituidos principalmente por el asfalto y obtenidos por la refinación del oro negro. La cual se encuentran en porciones variables en la

mayoría del crudo.

Figura 1.Asfalto



2.2.3. Mezclas Asfálticas En Caliente

De acuerdo con (Zúñiga 2015, p18.) define que esta mezcla en caliente, deben pasar por un proceso en planta u otros medios, y están compuestas de agregados finos, gruesos y materiales bituminosos, si fuera el caso de agregar algún aditivo, deben de cumplir con las especificaciones técnicas de acuerdo al diseño, también son usadas como capaz de rodadura y estas forman parte de una estructura del pavimento.

Figura 2.Mezcla asfáltica en caliente



2.2.4. Producción De Asfaltos En El Perú

Si bien sabemos que en Perú también producen asfaltos en refinería, como en Talara, Pampilla (privatizada) y Conchán (Petroperú) por lo tanto cuentan con otras refinerías y están ubicadas en Iquitos y Pucallpa, ya que estas generan asfaltos, todas estas refinerías que contiene con mayor multiplicidad de la elaboración de asfaltos es en el distrito de Conchán las cuales producen asfaltos

para pavimentos en usos industriales. Los asfaltos que son producidos en Petroperú cumplen con el control de calidad, y se realizan basándose en las especificaciones vigentes teniendo en cuenta las normas AASHTO MP1 (SUPERPAVE). Con ello se presentan calidades de exportación, las cuales cuentan con diversas aplicaciones de éxito en países que tienen climas calurosos, fríos, frígidos y templados. Y la empresa que exporto asfalto a Bolivia, Chile, Ecuador, fue Petroperú (BibUDEP) Capítulo I.

2.2.5 Agregado

También son conocidos como rocas o agregados minerales, pero son materiales duros e inertes, las que forman parte de los pavimentos de mezclas son las partículas graduadas o también denominados fragmentos, por otro lado, hay agregados típicos y estos contienen, arena, grava, escorias, piedras trituradas y también polvo de roca. Los agregados de la mayoría de las estructuras del pavimento constituyen un 90 y 95%, en pesos, en volúmenes entre el 75 y 85%. Por ende, los comportamientos de los pavimentos se ven altamente influenciados por una selección apropiada de agregados. Y estas son por el mismo agregado ya que proporcionan gran mayoría de características con respecto a la capacidad portante.

2.2.6. Agregados Procesados

Son procesos que primero pasan a ser triturados y luego son tamizados. También indica que hay dos fuentes de este agregado: la primera es la grava natural, pues estas pasan por procesos de trituración con el fin que sea apropiada en el pavimento de mezcla, sin embargo hay piedras y rocas grandes que deben ser trituradas antes de pasar a ser utilizadas en el pavimento, las rocas deben ser reducidas por una simples razones, y es cambiar su textura superficial de partículas lisas a rugosas, con el fin de obtener partículas redondas, y por ello mejorar la distribución de (graduación). El propósito de estos agregados es reducir su tamaño de las rocas para que puedan ser más manejables (Pérez, 2014).

Figura 3. Agregados procesados



2.2.7 Carbón cisco

El carbón cisco, también llamado (piedra Antracita) es una roca sedimentaria compuesta principalmente por una fracción orgánica, es de color negro a gris acero, brillante y muy duro, su densidad ronda entre 1,2 y 1,8 g/cm³, se caracteriza por tener menos porcentaje de humedad y es una roca más densa y pesada, tiende a ser un medio filtrante, así mismo indicar de que el carbón pasa por un proceso de trituración y también tamizado, y son gránulos que varían desde 0.5 µm hasta 3 µm y mayormente se utilizan en capas de pre filtración de agua y se utilizan principalmente en capas de prefiltración de agua y se convierten en sólidos con arena o arena verde de manganeso.

Tabla 1. Comparacion carbón -petróleo

PARÁMETRO	CARBÓN	PETRÓLEO
Estado fisico	solido	liquido
Contenido en materia mineral	5-40% peso	metales 0.005 a 0.015% sales 20 a 400 ppm (peso)
Contenido en humedad	1-60% peso	0.1 a 1% peso
Carbono	65 a 95% peso	84 a 87% peso
Hidrogeno	3 a 6% peso	11 a 14% peso
Oxigeno	2 a 30% peso	0.1 a 0.5% peso
Azufre	0.2 a 11% peso	0.04 a 6% peso
Nitrógeno	1 a 1.5% peso	0.1 a 1.5% peso

2.2.8. Granulometría

En la Metodología Marshall se utilizan gráficas semi logarítmicas ya que permite definir la granulometría permitida, por lo tanto, en la ordenada se debe encontrar el % del material y deben de pasar por ciertas mallas, para ello la abscisa de la

abertura de la malla debe estar en pulgadas y también graficadas en forma de logaritmo. Para poder seleccionar la curva granulométrica con respecto al diseño de mezcla asfáltica ya sea cerrada o densa, debe estar en función a dos parámetros: la primera debe ser por su tamaño máximo nominal del agregado y la segunda en la línea de control ya sea (superior o inferior).

2.2.9 Especificaciones de la metodología

Para poder seleccionar el contenido óptimo del asfalto va a depender de varios criterios, uno de los puntos iniciales es con respecto al diseño y se debe elegir el porcentaje ideal de asfalto para poder determinar el promedio de vacíos de aire, para ello se deben considerar el 4%. pero cabe recalcar que las propiedades medidas deben ser evaluadas y calculadas con el contenido del asfalto, y es por ello que deben ser comparadas con el diseño que se encuentran en la (Tabla 2.1). Si fuera el caso que uno de los criterios no cumpliera se tendrá que hacer cambios para volver a rediseñar las mezclas, y si cumplieran se obtendrá el diseño preliminar.

2.2.10 Prueba de estabilidad y flujo

Para el desarrollo de esta prueba, primero se debe introducir el espécimen en baño maría a una temperatura del $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($140\text{ }^{\circ}\text{F} \pm 1.8\text{ }^{\circ}\text{F}$) pero deben ser calentadas más o menos media hora, luego con el equipo de prueba activo se pasara a remover para ello deben ser cuidadosos al momento de sacarlo de la superficie, continuamente se centrara el espécimen en la mordaza inferior y después se colocara y será centrado el espécimen en la mordaza superior pero se tiene que centrar bien en el aparato de la carga, continuamente se le aplica las cargas de pruebas y tiene que ser a una deformación y tiene que mantenerse constante a 51 mm (5") por minuto, se realizan estas cargas para que se produzca una falla y tomar la lectura correspondiente a las cargas máximas.

Para que se pueda producir la falla del espécimen tiene que requerir con el número total de Newton (lb), por lo tanto, se registrara como el valor de estabilidad a través del método Marshall. Si en caso no contara con un registro automático, se considerará la medida del flujo sobre la barra de guía; si empieza a disminuir las cargas se tendrá que registrar la lectura y se va a considera como la lectura final. Y las diferencias del valor final e inicial, para obtener el valor del flujo

Marshall deben ser expresados en unidades de 0.25 mm (1/100”).

2.2.11 Análisis de Densidad y Vacíos

Se realizan luego de haber realizado la prueba anterior (Estabilidad y Flujo), y luego se procede hacer un análisis con respecto a las densidades y vacíos para cada espécimen de pruebas, para el comportamiento mecánico se debe hacer un análisis de influencia con el método de compactación en las mezclas, sin embargo 10 son las que determinaran la gravedad específica (ASTM D2041) y poder conseguir 2 contenidos asfálticos, pero tiene que aproximarse con el contenido óptimo.

Para calcular los porcentajes del asfalto se utilizará la gravedad específica y el efectivo total del agregado, los asfaltos son absorbidos en pesos como los agregados secos, los % de vacíos, los % del vacío que serán llenados con asfalto y también porcentajes del vacío para el agregado mineral.

Así mismo para el cálculo de porcentajes de asfaltos absorbidos en pesos con respecto al agregado seco, como los porcentajes de vacíos, un cierto % de llenado asfáltico y también % de vacíos para el agregado de minerales.

2.2.12 Peso específico

El carbón cisco tiene buena resistencia al ser reemplazados por áridos convencionales su peso específico es alto en la composición de la mezcla y si bien la mezcla de concreto o asfalto tiene una mayor resistencia, también tiene una alta capacidad de carga, por lo que se recomienda su uso, ya que puede ser más duradero a lo largo de la vida útil. del suelo.

2.2.13 Dosificación

De acuerdo (Materiales de prueba de la Sociedad Americana (p. 7)) nos indica que los porcentajes del 4.0% al 7.0% pertenecen al cemento asfáltico en la composición de mezclas convencionales, para ello se tienen que tomar en cuenta la absorción de los agregados ya que debe ser menor al 2.5%, si en caso fuese mayor; se pasaría a considerar como un agregado absorbente y si muestran índices de absorción con un valor del 4.0% por lo tanto tendrían que ser porcentajes superiores al 7.0% del cemento asfáltico. Para poder determinar el contenido óptimo del cemento asfáltico se utiliza el método MARSHALL.

2.2.14 Ensayo para los agregados

2.2.14.1. Agregado grueso

Deben cumplirse con las especificaciones de MTC, 2013, lo mostraremos en la siguiente tabla.

Tabla 2.Requerimiento de agregados grueso

Ensayo	Norma			Requerimiento	
	MTC	ASTM	AASHTO	< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80 % mín.	80 % mín.
Partículas con dos cara fracturada	MTC E 210	D 5821		40 % mín.	50 % mín
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx	40% máx
Partículas chatas y alargadas (1)		D 4791		15% máx	15% máx
Sales solubles totales	MTC E 219	D 1888		0.5% max.	0.5% max.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 219	C 88	T 104		

Fuente: MTC (2013)

2.2.14.2. Agregado fino

El agregado fino debe cumplirse con las especificaciones de MTC, 2013, lo mostraremos en la siguiente tabulación (p.265).

Tabla 3.Requerimiento de agregado fino

Ensayos	Norma	Requerimiento
		Altitud (msnm) ≤ 3000
Equivalente de Arena	MTC E 114	35% mín.
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30 mín.
Adhesividad (Riedel Weber)	MTC E 220	6% máx.
Índice de Plasticidad (malla N° 40)	MTC E 111	NP
Durabilidad) al Sulfato de Magnesio	MTC E 209	-
Índice de durabilidad	MTC E 214	35% mín.
Índice de plasticidad (malla N° 200)	MTC E 111	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.55% máx.
Absorción	MTC E 205	0.5% máx.

Fuente: MTC 2013

2.2.15. Gradación para mezclas asfálticas en caliente (MAC)

Esta permite acciones en algunos usos de la granulometría. Por lo tanto, se mostrará en la siguiente tabla, se pueden emplear gradaciones según lo especificado en el ASTM 3515 e institutos de asfalto (p. 266).

Tabla 4. Gradación para mezclas asfálticas en caliente (MAC)

Tamiz		Porcentaje que pasa	
Normal	Alternativo	MDC-1	MDC-2
25.0 mm	1"	100	-
19.0 mm	3/4"	80-100	100
12.5 mm	1/2"	67-85	80-100
9.5 mm	3/8"	60-77	70-88
4.75 mm	No. 4	43-54	51-68
2.00 mm	No. 10	29-45	38-52
425 mm	No. 40	14-25	17-28
180 mm	No. 80	8 - 17	8 -17
74 mm	No. 200	4 - 8	4 - 8

Fuente: MTC 2013

2.2.16. Diseños de mezclas asfálticas convencionales

Pérez (2018). Dice que el diseño convencional es conformado con agregado fino y grueso que contiene una mezcla asfáltica el cual pasa por el tamiz N° 8 (2.36mm). Con respecto a los agregados finos corresponden a la cantidad máxima permitida y los agregados gruesos pertenecen a la cantidad mínima los dos pasan por el tamiz N° 8. Así mismo los agregados que van pasando por el tamiz N° 200 , se tiene que obtener un índice de plasticidad y ser menor que el 4% por lo tanto se le recomienda que deben ser cuidadosos con el fin de que no contenga ningún tipo de materia orgánica y puedan ser utilizados como filler o como un material de relleno. Para calcular el % del cemento asfáltico se realiza en base al peso específico. P. 178

Pérez (2018) es importante el requerimiento de gradaciones densas en mezclas en caliente. Por lo tanto, a continuación, se presentará la siguiente tabla con lo especificado en la norma ASTM D 3515(p. 178).

Tabla 5. Tamaño de agregados

Tamiz	Tamaño máximo nominal del agregado				
	(1 ½")	(1")	(¾)	(½")	(3/8")
50 mm(2")	100				
37.5 mm(1 ½")	90-100	100			
25.0 mm(1")		90-100	100		
19.0 mm(¾)	56-80		90-100	100	
12.5 mm(1/2")		56-80		90-100	100
9.5 mm(3/8")			56-80		90-100
4.75 mm(N°4)	23-53	29-59	35-65	44-74	55-85
2.36 mm(N°8)	15-41	19-45	23-49	28-58	32-67
0.30 mm(N°50)	4-16	5-17	5-19	5-21	7-23
0.15 mm(N°100)					
0.075 mm(N°200)	0-5	1-7	2-8	2-10	2-10
Cemento asfáltico, % en peso de la mezcla total	3-8	3-9	4-10	4-11	5-12

2.2.17. Método Marshall

Para Colombia y también para muchos países del mundo, indican que el método Marshall solamente se aplica en mezclas asfálticas en caliente, y esta se adopta en las dosificaciones, evaluaciones y controles de la calidad de mezclas en nuestro país y también en otros países, lo que no es valorable es que en algunas de las propiedades de mezclas asfálticas, son los ensayos concernientes a la estabilidad y flujo ya que son muy simples y expeditivos y estos requieren de un equipo básico para el alcance del laboratorio en obras.

Si bien sabemos que existen variedades de equipos de ensayos tanto rutinarios como generalizados y en algunos casos se han demostrado que no se considera la metodología empleada por las normas, y estas se refieren a características de prensa, como las mordazas, velocidades en las aplicaciones de cargas, Por eso este proyecto tiene como finalidad de determinar los factores en los resultados como la estabilidad, fluencia y son obtenidos a través del ensayo Marshall, Dicen que los análisis del factor o variable viene a ser la aplicación de cargas, las formas de mordazas, dimensiones , los métodos de medición, la fuerza aplicada y también las deformaciones resultantes. (Alvares, Carrera, 2017).

2.2.18. Preparación de probetas para el Ensayo Marshall

El relleno mineral para Sarsam (2015) define que es uno de los agregados muy importantes para las mezclas ya que tienden a cumplir con las gradaciones específicas, por otra parte, para que obtengan una viscosidad cinética tiene que

tener en cuenta que el cemento como el agregado debe estar completamente calentado a una temperatura de 150 °C (p. 446).

El estudio de la cantidad de probetas para las (INVIAS E-800-13, 2013, p. 8) tiene que depender de su porcentaje del asfalto que se va a utilizar, así mismo informa que deben utilizarse como mínimo 3 probetas en cada diseño, para ello se inicia con el 5% de asfalto.

Si se considera 3 contenidos de asfaltos se tendría que hacer 12 espécimen, y por cada muestra se requiere 4050 g de ingredientes y esto es equivalente a 4.05 kg y 3.3 la de asfalto, sin embargo, deben ser consideradas cantidades extras porque siempre queda un desperdicio. Se deben tomar en cuenta que los agregados tienen que estar secos a temperaturas de 105°C a 110°C, así mismo los tamaños de los áridos deberán ser separados de acuerdo al tamizado. A continuación, se mostrara en la tabla las porciones que son recomendadas por las normas INVIAS.

2.2.19. Característica de la mezcla asfáltica en caliente

(Rondón y Reyes 2015, p. 83) indica que deben cumplir con las características asfálticas por lo tanto serán mencionadas a continuación: como la adherencia en los agregados cohesivos como pétreos, otro de los puntos importantes son con respecto a los diferentes tipos de resistencia, las fallas que son producidas por la fatiga, la deformación, fisuramientos que son producto de la humedad, también la susceptibilidad térmica, la resistencia en el envejecimiento, así mismo las resistencias que son bajo las deformaciones permanentes bajo cargas, otra de las características son la durabilidad, rigidez y la resistencia en las cargas las cual son producidas por el tránsito vehicular, entre otras.

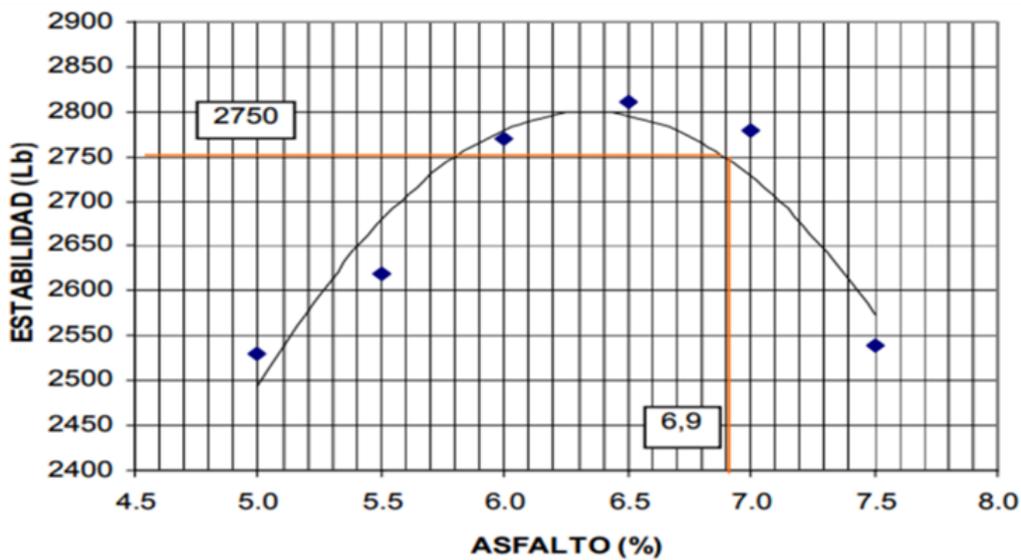
2.2.20. Dimensiones de las mezclas asfálticas en caliente Estabilidad

Pérez (2018) Los ensayos correspondientes a la estabilidad, se realiza con la ubicación del espécimen cilíndrico y deben ser de forma horizontal ya que se le aplicara una carga vertical, se tiende a producir la falla y al momento de aplicar las cargas máximas se tomará la lectura correspondiente de estabilidad que fue soportada por la briqueta (p. 7).

Pérez (2018) Las características principales de la estabilidad en las mezclas

asfálticas son la fricción; y estas tienden a ser partículas del agregado ya que están relacionadas con la textura y su característica geométrica, mientras la cohesión mantiene unidas sus partículas debido al ligante asfáltico. Cuando se le incrementa una cantidad de cemento asfáltico en la mezcla, la estabilidad va a aumentar, pero esta suele sobrepasar el límite, por lo tanto, esto impide tener una fricción interna ya que genera que la estabilidad disminuya, a continuación, le mostraremos la gráfica donde se mostraran los resultados típicos de la estabilidad se acuerdo a los porcentajes del asfalto (p. 7).

Figura 4. Estabilidad



2.2.21. Resistencia

Pérez (2018) Los agrietamientos son los que suelen conformar la mezcla asfáltica, así mismo son generados por la flexión que son repetidas en cargas dinámicas, por eso tiende a producirse fallas en la fatiga. Cuando las mezclas son sometidas en las deformaciones permanentes y tensiones, ya que corresponden a los deterioros de la estructura de la mezcla, y se le denominan como fallas producidas por la fatiga, pero este acto es debido a las repeticiones constantes de las cargas (p.5)

Según Haddadi (2016) “dice que para realizar ensayos deben ser en forma cilíndrica ya que con esto se comprueba la falla en una determinada temperatura con una velocidad y desplazamientos constantes” (p. 8).

Pérez (2018) Informa que para realizar los ensayos de tracción indirecta se aplica

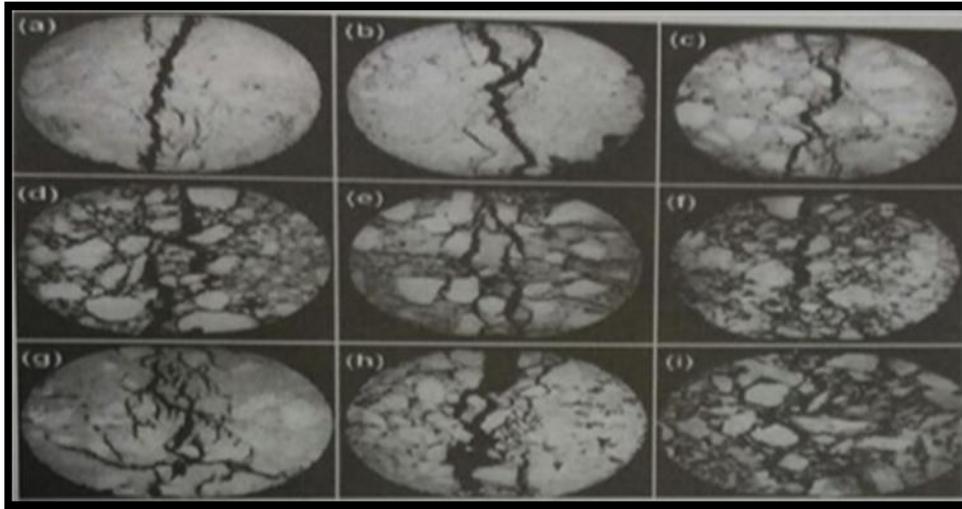
las cargas estáticas en el espécimen que desean ensayar, para ello se le ubica en de manera horizontal del equipo de ensayo, así mismo son aplicadas las cargas progresivas con una cierta velocidad de deformación entre un rango de $0.8 \pm 0.1\text{mm/s}$.

Pérez (2018) La división de las fuerzas uniformes son provocadas por medio de una carga para el espécimen, el ancho tiene que ser de 0.5 pulgadas (12.7mm) y el diámetro debe ser de 4 pulgadas (101.6mm). Para realizar el ensayo se inicia con una proporción determinada en la carga uniforme del espécimen (p. 11)

Pérez (2018), si en caso el espécimen tiene un determinado diámetro de 6 pulgadas, por lo tanto, la carga que debe ser aplicada será de 0.75 pulgadas y de (19.0mm) será todo el ancho. Se mencionarán todas las propiedades que proporcionan este ensayo, se inicia con el análisis de susceptibilidad al hundimiento de la mezcla, pero se conoce como resistencia en la tracción, luego en la otra propiedad se le hace una evaluación para determinar el potencial del agrietamiento, pero es más conocida como deformación por tracción, Son embargo con ambas propiedades se logran resolver el ensayo a la tracción indirecta. Para la aplicación de las cargas del ensayo serán realizadas con una velocidad $2''/\text{min}$ y esto es equivalente a $50.8\text{mm}/\text{min}$ con una temperatura de 25°C (p. 11)

Para Rondón y Reyes (2015) Dice que el ensayo de tracción indirecta es el más representativo ya que no se le igualan con otros ensayos, como también para medir el esfuerzo y deformación con respecto a la fatiga, en la siguiente figura se les mostrara 9 de ensayos a tracción indirecta. (p. 200).

Figura 5. Resistencia



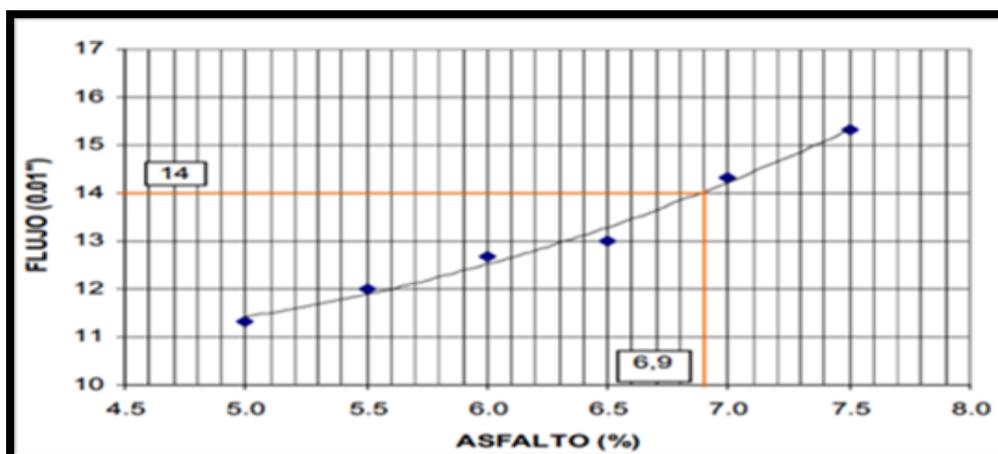
2.2.22. Fluencia

Según Pérez (2018) dice que los especímenes que son sometidas a cargas máximas tienden a deformarse verticalmente es por eso por lo que ahí es donde son producidos con respecto al valor del flujo, pero esta tiende a deformarse en forma vertical y total en el espécimen. Así mismo indican que las mezclas de gradación tienen un potencial en las deformaciones permanentes, por ello las mezclas son inestables por los bajos esfuerzos o también cuando son producidas por cargas en el tránsito, pero esto pasa cuando se tiene un flujo de 0,16 pulgadas(Mayor). Y que al momento de aumentar vacíos rápidamente tiende a presentarse una variación de fluencia, por ese motivo afecta la deformación de mezcla en la microestructura (p. 9).

El contenido de asfalto, para Pérez (2018) es un papel representativo de gran importancia porque al agregar mayor cantidad de asfalto obtendrán mayor valor en el flujo, pero esta aumentara cuando sean aplicadas en las mezclas en caliente.

Hay factores externos que deben cumplir con las mezclas asfálticas, como es la separación de los asfaltos con los agregados, los cambios que presentan las propiedades y también la desintegración de los agregados, de ello dependerá la durabilidad (p. 9)

Figura 6. Fluencia



2.2.23. Vacíos De Aire

Llamados como bolsas de aire, esto está presente en los agregados revestidos al final de las mezclas compactadas. Las mezclas que son densamente graduadas tienen que contener ciertos porcentajes de vacíos, ya que estas permiten compactaciones adicionales bajo el tráfico, así mismo deben proporcionar ciertos espacios y puedan fluir en el asfalto durante el proceso de compactación adicional. Para las muestras del laboratorio Los porcentajes permitidos para vacíos están entre el 3 % y 5 % de las capas de base y capas superficiales, la cual esto dependerá del diseño específico. (Alvares, Carrera, 2017).

2.2.24. Vacío En El Agregado Mineral

(Alvares, Carrera, 2017) Dice que los agregados de con respecto al vacío mineral (VMA) son definidos por un determinado espacio de aire y estos existen entre las partículas de agregados en mezclas compactadas en los pavimentos, estas incluyen en los espacios que llenos de asfaltos. Las siglas del VMA son las que representan en espacios disponibles con la intención de mejorar el volumen. Por lo tanto, cuando sea mayor el VMA va a disponer de más espacios en las películas del asfalto. Pero También hay valores mínimos

Y estos son recomendados y especificados en función al tamaño de los agregados. Los valores deben basarse en hechos, mientras sean más gruesas las películas de los asfaltos serán cubiertas las partículas de los agregados y por eso obtendrá una mezcla más duradera de contenidos asfálticos en mezclas.

2.2.25. Elaboración de muestras para ensayos de una mezcla asfáltica

Para elaborar las probetas en los ensayos de las mezclas del pavimento, se pueden decir que estas son preparadas y que cada una de ellas contenga diferentes cantidades de asfaltos.

Las briquetas de ensayos están determinadas con una base previa, con agregados de mezclas. Con el punto de partida se puede elegir su contenido exacto de asfalto en las mezclas finales le da el margen al laboratorio. También se dice que los agregados de las mezclas están formulados por resultados de análisis granulométricos. (Alvares, Carrera, 2017).

2.2.26. Cálculo del porcentaje óptimo de llenante mineral

Para (Alvares, Carrera, 2017) el porcentaje óptimo es un diseño de mezclas asfálticas, estas componen diferentes ensayos de prueba y errores, ya que se realizan por medio de tanteos asumen por ende se asumen cantidades específicas de materiales pétreos, en la cual se procede a realizar la adición pero deben ser en diferentes porcentajes de asfalto por ello se estudia con el fin de calcular su contenido óptimo, también se le proporcionan llenante de mineral y esto se hace para poder calcular la cantidad total en una mezcla.

III. METODOLOGÍA

3.1. Enfoque, tipo y diseño de investigación

3.1.1. Enfoque de investigación

Este trabajo de investigación tiene un enfoque cuantitativo

De acuerdo con Hernández (2003; p.5). El enfoque Cuantitativo se elabora de manera directa, así mismo se verifica en la tarea para luego ser comprobadas las teorías por intermedio de estudios muestrales que son representativos. Tienden a ser aplicados por pruebas, cuestionarios, entrevistas, escalas para medir, Los instrumentos a utilizar son la validación y confiabilidad.

3.1.2. Tipo de Investigación

3.1.2.1. Por el propósito

Aplicada porque tiene como objetivo resolver un determinado problema y requerirá de investigación y resultados, por eso se enfoca a la buscar y consolidar el conocimiento para su aplicación, para el enriquecimiento del desarrollo.

3.1.2.2. Por el diseño

El proyecto de investigación tiende a ser experimental, ya que existe manipulación intencional de la variable independiente y analizar sus cambios de la variable dependiente.

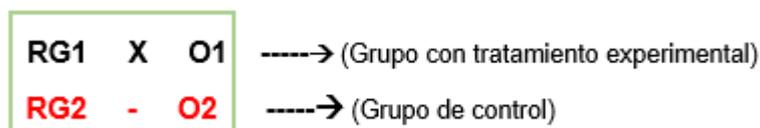
3.1.2.3. Por el nivel

Es Explicativa porque se encarga de buscar una explicación al fenómeno mediante una prueba de la hipótesis por medio de relaciones de causa y un efecto.

3.1.3. Diseño de Investigación

El diseño de la presente investigación es: **Experimental puro**, Con Post-Prueba, se manipulan deliberadamente la variable independiente con el fin de poder observar sus cambios en la variable dependiente en una situación de control, se debe enfatizar que los diseños de variables experimentales son siempre que el investigador pretenda demostrar el efecto potencial de una causa manipulada.

Esquema:



Descripción

Descripción:	
RG	→ Briqueta aleatoria.
RG1	→ Briqueta sin incorporación de carbón cisco.
RG2	→ Briqueta con incorporación del 10% de carbón cisco.
RG3	→ Briqueta con incorporación del 15% de carbón cisco.
RG4	→ Briqueta con incorporación del 20% de carbón cisco.
RG5	→ Briqueta con incorporación del 25% de carbón cisco.
X	→ Tratamiento experimental.
X2	→ Tratamiento experimental grupo 2.
X3	→ Tratamiento experimental grupo 3.
X4	→ Tratamiento experimental grupo 4.
X5	→ Tratamiento experimental grupo 5.
O	→ Medición del efecto de la variable dependiente.
O1	→ Medición del efecto sin incorporación de carbón cisco.
O2	→ Medición del efecto de la variable con el 10% de incorporación de carbón cisco.
O3	→ Medición del efecto de la variable con el 15% de incorporación de carbón cisco.
O4	→ Medición del efecto de la variable con el 20% de incorporación de carbón cisco.
O5	→ Medición del efecto de la variable con el 25% de incorporación de carbón cisco.
---	→ Ausencia de estímulo de grupo control.

3.2. Variables y operacionalización

3.2.1. Variables

Variable independiente: Incorporación de carbón cisco. El carbón cisco es de color negro a gris acero, brillante y muy duro, su densidad ronda entre un 1,2 y 1,8 g/cm³. La trituración del carbón cisco es usado específicamente en capa de prefiltración de agua. (Elard.Leon, 2018).

Variable dependiente: Desempeño mecánico: Es la búsqueda para poder determinar su comportamiento de las mezclas asfálticas en caliente y a los problemas más frecuente como es la resistencia a la fatiga y la deformación permanente (Villafana.Huaman, 2019).

3.2.2. Matriz de clasificación de variables.

VARIABLES	CLASIFICACIÓN				
	Relación	Naturaleza	Escala de medición	Dimensión	Forma de medición
Carbón cisco	Independiente	Cuantitativa Continúa.	Razón	Adimensional	Directa
Desempeño mecánico	Dependiente	Cuantitativa Continúa.	Razón	Multidimensiona l	Indirecta

3.2.3. Matriz de Operacionalización de variables

Ver Anexo 3.1 y Anexo 3.2

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

Del presente trabajo de investigación se tomaron todas las mezclas asfálticas en caliente, de la ciudad de Trujillo, La Libertad.

3.3.2 Muestra y muestreo

3.3.2.1. Tamaño de muestra

Para determinar la medición del desempeño mecánico en mezclas asfálticas en caliente, se elaborarán 12 (briquetas) convencionales y 27 (briquetas) incorporando carbón cisco con diferentes porcentajes de 10%,15%,20% y 25%, sumando un total de 39 briquetas, según la norma. MTC E-515, MTC E-504, 2016, que indican las medidas que deben tener las probetas. Concernientes a los siguientes ensayos de resistencia a la tracción indirecta, fluencia y estabilidad, las probetas son cilíndricas de 102 mm (4") de diámetro por 64 mm (2.5") de altura. **Tamaño de muestra ver anexo N°5.**

3.3.2.2. Técnica de muestreo

En el presente proyecto se usará la técnica de muestreo no probabilístico de tipo por conveniencia debido a que el investigador elegirá a criterio, en base a antecedentes, precedentes acerca de la investigación, considerando las

muestras más representativas, ya que se incorporará porcentajes de carbón cisco de (10%,15%,20%,25%) a una cierta cantidad de probetas de mezclas asfálticas en caliente, ya que luego se va a comparar con una probeta patrón de mezcla asfáltica de acuerdo a los ensayos realizados .

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

3.4.1. Técnica de recolección de datos.

La investigación empleará la técnica de la observación porque se va a observar los ensayos que se realizarán en el laboratorio, así como el procedimiento, para elaborar los ensayos con la incorporación del agregado mineral serán de acuerdo con las siguientes normativas como AASSHTO,ASTM, MTC.

3.4.2. Instrumentos de Recolección de Datos

Con respecto al instrumento se emplearán laboratorios, Ministerio de Transportes y fichas de recolección de datos puestas en los anexos donde tiene como finalidad registrar completamente el resultado de ensayos que se realizaron de manera ordenada y eficaz. **Ver anexo 4.1 ,4.2 y 4.3**

Etapas de la investigación (dimensiones)	Instrumentos	Validación
Granulometría	(Ficha de recolección de datos) Ensayo de laboratorio	MTC E-204/ MTC E-205
Estabilidad y fluencia	(Ficha de recolección de datos) Ensayo de laboratorio MARSHALL	MTC E-504/EG-2013. ASTMD-6927
Resistencia a la tracción indirecta	(Ficha de recolección de datos) Ensayo de laboratorio. (perdida por desgaste)	MTC – E522/AASHTO TS-283

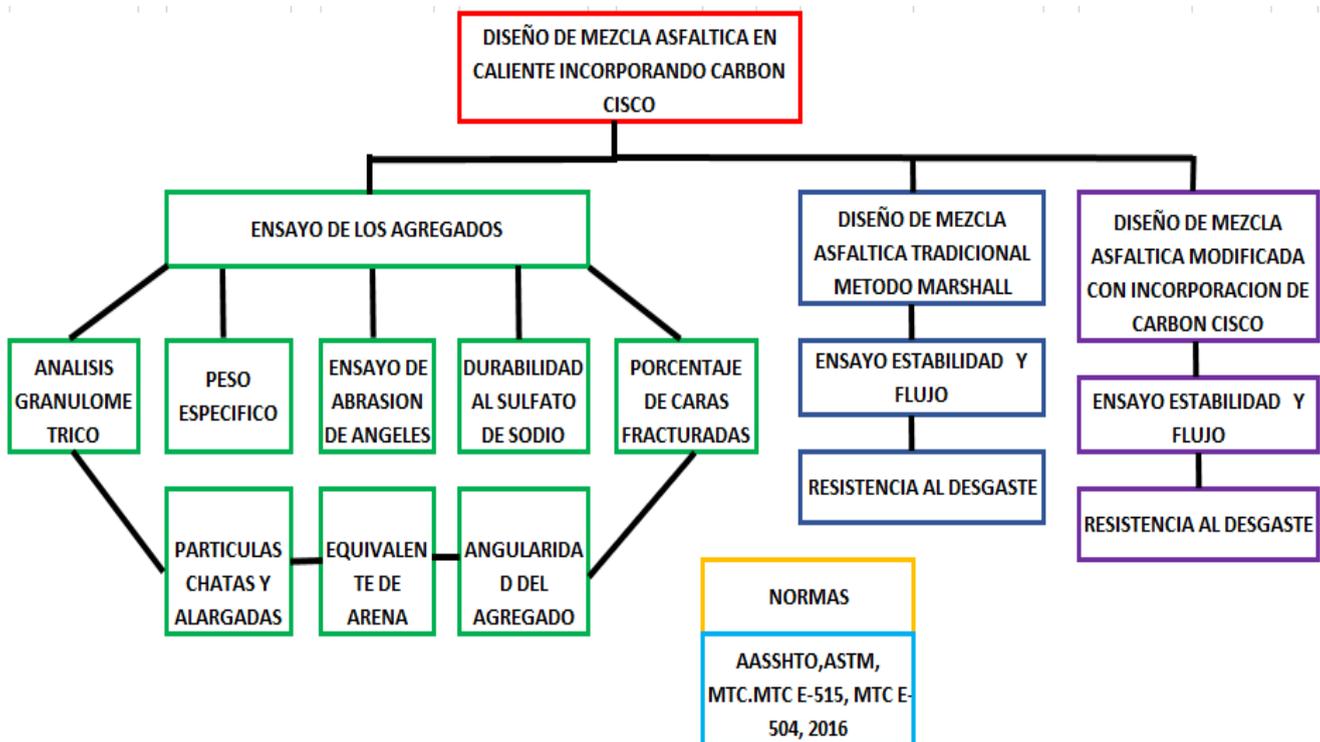
3.4.3. Validación del instrumento de recolección de datos

La validación del instrumento de recolección de datos lo realizó el asesor, Ig.Luis Horna Araujo con código CIP.24002 , el docente del curso Ing. Josualdo Villar Quiroz con código CIP.106997 Y el ingeniero de laboratorio José Crithian Huertas Martel con código CIP.1481055 .teniendo experiencia en el rubro de ingeniería civil. Validación **ver anexo.6**

3.5. Procedimientos

Para la extracción de los agregados gruesos y finos se ha revisado según normas establecidas como las del Ministerio de Transporte, EG-2013, que recomienda lavar los áridos hasta que sus fragmentos queden limpios sin recubrimiento de arcilla o arena. Puede impedir la adherencia de la mezcla.

Figura 7.Procedimientos



3.5.1. Ensayo de los agregados

3.5.1.1. Análisis granulométrico

Para la elaboración del presente estudio se debe considerar la norma MTC E 204 con el fin de ordenar un grupo de tamices de aberturas cuadradas, así mismo la distribución de partículas en donde se presentan las muestras previamente secadas tanto de agregados finos como gruesos el cual su peso

,se sabe que por esta razón la fracción de agregados finos ha sido reportada en un rango de 300g a 500g y para el agregado grueso se considera de acuerdo a los criterios especificados por MTC E 204.

Tabla 6. Cantidad mínima de muestra del agregado

Tamaño máximo nominal abertura cuadrada		Cantidad mínima de la muestra de ensayo
Pulgadas	mm	kg
3/8"	9,5	1
1/2"	12,5	2
3/4"	19,0	5

Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC E- 204.

Tabla 7. Parametros de cumplimiento para mezcla asfáltica

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC -1	MAC-2	MAC-3
25,0 mm (1")	100	-	-
19,0 mm (3/4")	80-100	100	-
12,5 mm (1/2")	67-85	80-100	-
9,5 mm (3/8")	60-77	70-88	100
4,75 mm (N° 4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (N° 10)	29-45	38-52	43-61
425 mm (N° 40)	14-25	17-28	16-29
180 mm (N° 80)	8-17	8-17	9-19
75 mm (N° 200)	4-8	4-8	5-10

Fuente: Manual de carreteras MTC EG – 2013

Tabla N°07, representa los criterios de cumplimiento del agregado, así como la ley adecuada para poder producir una mezcla asfáltica en caliente

efectiva.

3.5.1.2. Peso Específico y Absorción Del Agregado Grueso

Este estudio se determinó de acuerdo con las reglas establecidas por la MTC E 206 Manual de Ensayo de Materiales, y de igual manera los valores mínimos se muestran en la tabla de números. 8, basado en el volumen nominal probado.

Tabla 8. Muestra mínimas para el ensayo

Tamaño máximo nominal abertura cuadrada		Cantidad mínima de la muestra de ensayo
Pulgadas	mm	kg
½" o menos	12,5	2
¾"	19,0	3
1"	25,0	4

Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC E 206

Una vez ya la muestra de agregado se ha definido, posterior a ello se realiza la prueba de acuerdo con el método, grado y tamaño nominal del agregado, se alimentan de bolas del material a la máquina de los ángeles, la cual se gira teniendo en cuenta las 500 revoluciones a una velocidad en promedio del 30 a 33 rpm, finalmente se toman las muestras, se tamizan y se pesan.

Una vez que ya hemos obtenido la muestra, se realiza el cuarteo correspondiente, ya que luego pasan a ser secadas a una temperatura de $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 3 horas, las cuales no debe ser superior a lo mencionado. Así mismo las muestras son sumergidas por 24 horas. Lo que se pretende con este ensayo, es determinar los diferentes pesos de la muestra (saturado, saturado superficial y peso seco final), recordando que se deben realizar de acuerdo a lo especificado en el manual MTC E 206.

Tabla 9. Máximo porcentaje de absorción

Ensayo	Norma	Requerimiento	
		Altitud (MSNM)	
		≤3,000	> 3,000
Peso específico y absorción	MTC E 206	1,0% máx.	1,0% máx.

Fuente: Manual de carreteras MTC EG-2013

El cuadro N°9, Muestra los parámetros de la capacidad de absorción máxima, teniendo en cuenta su altura sobre el nivel del mar

3.5.1.3. Ensayo De Abrasión De Ángeles

Para realizar el ensayo de desgaste se empleó una muestra de 5.000g en máquina Los Ángeles, y se tuvo que determinar y clasificar el grado, para analizar la bola de acero de 46,8mm, con las características especificadas en el Manual de Materiales de Ensayo MTC E 207.

Tabla 10. Graduación de las muestras de ensayo

Medida del tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37,5 mm (1 ½")	25,0 mm (1")	1250 ± 25	--	--	--
25,0 mm (1")	19,0 mm (¾")	1250 ± 25	--	--	--
19,0 mm (¾")	12,5 mm (½")	1250 ± 10	2500 ± 10	--	--
12,5 mm (½")	9,5 mm (3/8")	1250 ± 10	2500 ± 10	--	--
9,5 mm (3/8")	6,3 mm (¼")	--	--	2500 ± 10	--
6,3 mm (¼")	4,75 mm (N° 4)	--	--	2500 ± 10	--
4,75 mm (N° 4)	2,3 mm (N° 8)	--	--	--	5000
TOTAL		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC E 207.

Tabla 11. Número de esferas por método

Gradación	Número de Esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5 000 ± 25
B	11	4 584 ± 25
C	8	3 330 ± 20
D	6	2 500 ± 15

Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC E 207

Una vez seleccionada la muestra de árido, después de ensayar según método, calidad y tamaño nominal del árido, las bolas se introducen junto con el material en la máquina de los Ángeles, que gira a una velocidad constante de 500 vueltas en promedio 30 a 33 rpm, luego se toman muestras, se tamizan y se pesan.

3.5.1.4. Durabilidad al sulfato de sodio

En el ensayo de durabilidad se ha tenido en cuenta el MTC E 209 para el procedimiento establecido, para el proceso se describe el espécimen de acuerdo con el tamaño nominal máximo, así mismo los materiales y equipos que fueron utilizados para el presente estudio.

Tabla 12. Muestra mínima para ensayo, agregado grueso

Tamiz mm - (pulgadas)		Peso gr
Pasa - Retiene	Pasa- Retiene	
Compuesto de material		
de 9.5 a 4.75 mm	3/8" a N° 4	300 ± 5
de 19,0 a 9.5 mm	3/4" a 3/8"	1000 ± 10
Compuesto de material		
de 12.5 a 9.5 mm	1/2" a 3/8"	300 ± 5
de 19.0 a 12.5 mm	3/4" a 1/2"	670 ± 10
de 37,5 a 19.0 mm	1 1/2" a 3/4"	1500 ± 50
Compuesto de material		
de 25.0 a 19.0 mm	1" a 3/4"	500 ± 30
de 37.5 a 25.0 mm	1 1/2" a 1"	1000 ± 50
de 63.0 a 37.5 mm	2 1/2" a 1 1/2"	5000 ± 300

Fuente: Manual de ensayo e materiales MTC E -209

Tabla 13. Muestra para durabilidad al sulfato de sodio

Pasa el tamiz	Retiene el tamiz
3/8" (9,50 mm)	N° 4 (4,75 mm)
N° 4 (4,75 mm)	N° 8 (2,36 mm)
N° 8 (2,36 mm)	N° 16 (1,18 mm)
N° 16 (1,18 mm)	N° 30 (600 um)
N° 30 (600 um)	N° 50 (300 um)

Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC E 209

Tabla 14. Porcentaje máximo de durabilidad para agregado grueso

Ensayo	Norma	Requerimiento	
		Altitud (MSNM)	
		≤3,000	> 3,000
Durabilidad (al sulfato de sodio o magnesio)	MTC E 209	18% máx.	15% máx.

Fuente: manual de carreteras EG – 2013

Tabla 15. Porcentaje máximo de durabilidad para agregado fino

Ensayo	Norma	Requerimiento	
		Altitud (MSNM)	
		≤3,000	> 3,000
Durabilidad (al sulfato de sodio o magnesio)	MTC E 209	-	18% máx.

Una vez seleccionada la muestra, se realiza para el siguiente ensayo según norma (MTC E 209).

3.5.1.5. Porcentaje de caras fracturadas De agregado grueso

En cuanto al ensayo porcentual, se realiza de acuerdo con la especificación descrita en la MTC E 210, y se inicia con la selección de las cantidades adecuadas, pero con base en el volumen nominal máximo, Tabla 17 que se presenta a continuación. Al porcentaje mínimo de carga de fractura, así mismo se indica que debe cumplir con los parámetros establecidos en el Manual de Carreteras EG-2013.

Tabla 16. Cantidad de muestra para ensayo

Tamaño máximo nominal del agregado	Muestra en gr
1" (25.0 mm)	3000
3/4" (19.0 mm)	1500
1/2" (12.5 mm)	500
3/8" (9.5 mm)	200

Fuente: NTP 400.021

El ensayo realizado debe cumplir con el porcentaje mínimo de caras rotas, con el fin de tener más caras fisuradas que se adhieran mejor al compuesto por rugosidad.

Tabla 17. Porcentajes mínimos de caras fracturadas

Ensayo	Norma	Requerimiento	
		Altitud (MSNM)	
		≤3,000	> 3,000
Porcentaje de caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70

Fuente: manual de carreteras EG – 2013

3.5.1.6. Sales solubles de agregado grueso

Para realizar el proceso del agregado grueso lo primero que se debe ensayar son los áridos gruesos y finos en la solución de NaCl, para saber el porcentaje de sal disuelta en los áridos y así poder determinar la cantidad adecuada para la muestra. Utilizado, también se tiene en cuenta la Especificación E 219 de

la Guía de prueba de materiales de MTC, en la Tabla 18, esta especificación también describe los diversos equipos, materiales y suministros que se utilizarán para realizar la prueba.

Tabla 18. Muestra requerida para ensayo

Material	Cantidad Mínima (Gr)
Grava 50 – 20 mm	1000.0
Grava 20 – 5 mm	500.0
Arena 20 mm	100.0

Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC E 219

Tabla 19. Porcentaje máximo permitido (sales solubles)

Ensayo	Norma	Requerimiento	
		Altitud (MSNM)	
		≤3,000	> 3,000
Sales solubles totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.

Fuente: Manual de Carreteras EG – 2013

3.5.1.7. Partículas chatas y alargadas

Teniendo en cuenta las especificaciones del MTC, indica que los agregados deben contener un 10% como máximo de partículas planas y alargadas. Para determinar el número de muestras, se dan disposiciones en la tabla de números. 20, obtenido del mismo estándar, utilizando equipos, materiales y procedimientos especificados en el Manual de Pruebas de Materiales MTC E 223. Cabe señalar que las pruebas están sujetas a la guía de carreteras EG - 2013; Mediante esta prueba podemos determinar la cantidad de grano plano y alargado, si el material tiene un exceso de grano, provocará una mala presión de la mezcla.

Tabla 20. Obtención de muestra de ensayo

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL (PULGADAS)	MÍNIMO DE MUESTRA (KG)
3/8" (9.5 mm)	1.0
1/2" (12.5 mm)	2.0
3/4" (19.0 mm)	5.0
1" (25.0 mm)	10.0

Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC E -223

Esta prueba debe realizarse de acuerdo con las normas especificadas en la DG - 2013, para decidir la cantidad de granos planos y alargados, cuando se excede, esto hará que la mezcla no alcance la presión ideal.

Tabla 21. Maximo porcentaje de partículas chatas y alargadas

Ensayo	Norma	Requerimiento	
		Altitud (MSNM)	
		≤3,000	> 3,000
Partículas chatas y alargadas	MTC E 219	10% máx.	10% máx.

Fuente: Manual de carreteras EG – 2013

3.5.1.8. Equivalente de arena

Para el procedimiento de prueba de arena equivalente, se deben observar los procedimientos establecidos en el Manual de Pruebas de Materiales E 114 emitido por el Departamento de Transporte; Asimismo, se debe considerar el equipo y la cantidad adecuados para lograr los resultados deseados. Esta prueba debe cumplir con la guía vial EG - 2013, que se muestra a continuación en la Tabla N°. 22.

Tabla 22. Porcentajes mínimos para equivalente de arena

Ensayo	Norma	Requerimiento	
		Altitud (MSNM)	
		≤3,000	> 3,000
Equivalente de arena	MTC E 114	60 min.	70 min.

Fuente: Manual de carreteras EG – 2013

3.5.1.9. Angularidad del agregado fino

Se utiliza el mismo material para luego ser utilizado para la elaboración de mezcla asfáltica en caliente. Siempre, teniendo en cuenta sus consideraciones, como son los parámetros y procedimientos respectivos que son detallados en el Manual de Ensayo de Materiales MTC E 222, donde se utilizan los tamices N° 8 y N° 200.

Tabla 23. Angularidad de finos valores mínimos

Ensayo	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤3,000	> 3,000
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40

Fuente: manual de carreteras EG – 2013

3.5.2. Diseño Marshall mezcla asfáltica tradicional

En este ensayo se elaboró 12 briquetas con diferentes porcentajes de cemento asfáltico, para ello lo que se hizo fue aumentando de 0.5% en masa del total del peso del espécimen, para encontrar el contenido óptimo del asfalto .se elaboraron 3 briquetas por cada contenido de asfalto, tal como establece la Norma de MTC E 504, que debe ser 3 como mínimo y 5 como máximo. Cada espécimen tendrá un peso de 1200 gr.Los agregados se someterá a un secado de una temperatura de $105 \pm ^\circ\text{C}$ y serán separados mediante un tamizado de: 3/4" a 3/8" (19.0 a 9.5 mm), 3/8" a N°4 (9.5 a 4.75), N° 4 a N°8(4.75 a 2.36 mm)

y las que pasan la N°8 (2.36 mm). El cemento asfáltico se calentará para producir una viscosidad de 170 ± 20 centistokes ($1 \text{ mm}^2/\text{s} = \text{centistok}$) para el mezclado

Las proporciones del agregado fueron pesadas en diferentes bandejas para cada ensayo el espécimen tendrá a altura de 63.5 ± 1.25 mm, los materiales fueron calentados a una temperatura de 14°C aproximadamente. La mezcla se realizó en seco con una abertura en el centro, se va incorporando una cantidad requerida de cemento asfáltico y después se mezcla todo en general con una cuchara hasta lograr obtener una mezcla uniforme.

Para determinar la densidad aparente y la unidad de masa, recurrimos cuando la muestra alcanza la temperatura ambiente, desarrollado por dos estándares, MTC E 506 para recubrimiento de parafina, es decir, si la muestra absorbe más del 2% de agua y MTC E 504 para el recubrimiento sin parafina, comprobar si el porcentaje de agua obtenido es inferior al 2%, mediante medidas normalizadas.

Para los especímenes cubiertos sin parafina se realiza el siguiente procedimiento.

$$\% \text{ agua absorbida} = \frac{B-A}{B-C} \times 100$$

Teniendo en cuenta: A = Peso del espécimen seco en aire (gr), B = Peso del espécimen saturado superficialmente seco en aire (gr) y C = Peso del espécimen en el agua (gr).

Después de secar la muestra con un secador eléctrico de aire caliente hasta obtener una masa estable, se determina la masa del pre-recubrimiento (bloque A). Luego transferir a la capa de parafina y dejar enfriar por un promedio de 30 minutos, pesar la muestra (masa D). Los ladrillos se sumergen en agua a una temperatura de 25°C , hasta alcanzar el peso de las tejas parafinadas. (peso E). La gravedad específica de la parafina se tomó como 0,90 (peso F).

Para muestras saturadas, la superficie seca (no recubierta de parafina) La muestra contiene humedad.

Las muestras se sumergieron en agua a 25 °C durante 4 ± 1 min y luego se pesaron (Mt C). Si hay un cambio en la temperatura de las muestras en el baño de más de 2 °C, es necesario remojar las muestras durante 10 a 15 minutos, y en el caso de temperaturas del agua distintas de 25 ± 1 °C., se desarrolla la rectificación para el peso específico de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Corrección} = AT \times KS \times (B - C)$$

Dónde:

AT = 25° C (temperatura de baño de agua).

KS = 6×10^{-5} ML/ML/°C coeficiente promedio de la expansión térmica cúbica del cemento asfáltico.

Para determinar el espécimen del peso de saturación de la muestra a través de una superficie seca, la superficie de la muestra se seca con una franela para pesar (masa B). Luego se introduce la muestra en el horno durante 15-24 horas, con una temperatura media de 110 ± 5 °C. Pasado este tiempo, los gránulos de muestra se sacan del horno y se empiezan a enfriar a temperatura ambiente. Para finalizar. pesaje (peso a). Para muestras secas, para conocer la masa de aire de la muestra, es necesario dejarla airear a temperatura ambiente por un promedio de una hora, y luego pesarla (masa A).

Luego, los gránulos se empaparon en agua a 25 °C durante 4 ± 1 min y los gránulos empapados en agua se pesaron (peso C). Si la temperatura de los gránulos muestra un cambio en el tanque de más de 2°C, se deben remojar durante 10 a 15 minutos y si hay un cambio en la temperatura del agua (diferente a 25°C).se procederá a realizar la rectificación del peso específico aparente mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Corrección} = AT \times KS \times (B - C)$$

Dónde:

AT = 25° C (temperatura de baño de agua).

KS = 6×10^{-5} ML/ML/°C coeficiente promedio de la expansión térmica cúbica del cemento asfáltico.

Para realizar este procedimiento se toma la densidad máxima teórica (arroz) con

un grano de mezcla asfáltica de unos 2000 g. Se colocó en un recipiente de vidrio con agua destilada y se comenzó a agitar hasta eliminar todas las burbujas de aire, con un promedio de 20 ± 5 min, para obtener la densidad teórica. Los datos de densidad de masa y gravedad específica máxima teórica se utilizaron para calcular la relación de poros de aire. Teórico. Para realizar el cálculo del porcentaje de vacíos de aire se emplearon datos de densidad Bulk y del peso específico máximo teórico.

3.5.3. Ensayo de Estabilidad y flujo

Según Norma de Diseño: INV E-748-13, esta norma describe el procedimiento a seguir para definir la resistencia a la deformación plástica de mezclas bituminosas utilizando la Herramienta Marshall. En el baño y el proceso debe tomar alrededor de 30-40 minutos, luego de lo cual se deben limpiar las varillas, guías y matriz de prueba, pero antes de iniciar el proceso se recomienda engrasar las varillas, ya que esto permitirá que las pinzas se deslicen sin ningún problema. disturbio. La temperatura del molde para la prueba anterior se debe mantener a 21.2 y 38.8 °C, se debe tomar la muestra del baño de agua que se ha sumergido y centrado en la parte inferior de la abrazadera, luego el medidor es el caudalímetro que se ajustará a cero y se aplica la carga a la probeta, con tensión constante de 50,80 mm por minuto, hasta que se produce un error y se detecta el valor máximo de la carga.3.5.4. Resistencia al desgaste

Para esta prueba se han utilizado 16 ruedas Marshall, que han superado la prueba de desgaste del Cántabro (4 para mezclas regulares, 4 para mezclas con 10% de carbón Cisco, 4 para mezclas con 15% de carbón Cisco, 4 para mezclas con 20% de carbón Cisco carbón) y 4 para mezclas con 25% de carbón Cisco), esta prueba se realizó de acuerdo a las especificaciones del Departamento de Transporte (MTC E 515).

El compresor utilizado en consecuencia (descrito en la prueba de Marshall) era un instrumento de Los Ángeles, un termómetro utilizado para medir la temperatura de los componentes de una mezcla y también pesaba 6 kg con una sensibilidad de 1 g. El peso aproximado de la muestra es de 1200 gramos, por lo que se fabrica según el método Marshall, por lo que su presión debe ser de 50 palancas a cada lado. Se mantendrá a $22,5 \pm 7,5$ °C según se requiera y durante

6 horas, luego se pesará cada muestra antes de la prueba y luego se colocarán en el barril los gránulos que se van a probar. A continuación, el tambor se hace girar de 30 a 33 rpm, durante 300 rpm.

Al final de la prueba, las muestras deben retirarse, pesarse y determinarse el valor de p2. Para obtener el cálculo de pérdida por desgaste se obtiene por medio de esta fórmula:

$$P = \frac{P1-P2}{P1} \times 100$$

Dónde:

P = Representa el valor de la pérdida por desgaste, en %

P1 = Viene a ser el peso inicial del espécimen, en gramos (gr)

P2 = Es el Peso final del espécimen, en gramos (gr)

3.5.5. Diseño de mezcla asfáltica modificada con incorporación de carbón cisco.

Para realizar esta prueba, se obtuvo el contenido óptimo de betún utilizado durante el diseño de la mezcla convencional y el método y las pruebas fueron similares a las del método convencional donde se describe. Como se describe en 3.5.2 y para el rendimiento en la Prueba Marshall, se fabricaron 4 gránulos por porcentaje de carbón Cisco y las piezas de prueba tenían 64 mm (2,5 pulgadas) de alto y 102 mm (4 pulgadas) de diámetro. ").

3.6. Método de análisis de datos

El proyecto de investigación es un diseño experimental, de tipo puramente experimental, para la verificación de las hipótesis y el tratamiento estadístico de los resultados se utilizará el siguiente programa: Microsoft Excel, análisis estadístico SPSS, donde los gráficos y datos permiten el análisis de resultados donde se analiza el comportamiento de las muestras. se representa gráficamente, técnicas estadísticas de análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Shapiro Wilk), donde se tendrá un cierto control sobre el número de porcentajes (10%, 15%, 20%, 25%) de carbón Cisco a combinar en la mezcla asfáltica en caliente, se hará una serie de

iteraciones con diferentes pruebas, luego se formarán varias muestras de asfalto para las pruebas experimentales de esta investigación.

3.7. Aspectos éticos

Este proyecto de investigación se realizará con ética, ya que la información adquirida fue citada de acuerdo a la normativa ISO 690, También se tendrá en cuenta los resultados de los ensayos realizados, para verificar que el trabajo de investigación cumple con todos los parámetros, se verifico con el programa turnitin el cual arrojo 20 % de similitud. Ver Anexo.7 y 8

3.8. Desarrollo

3.8.1. Ensayo de los agregados

3.8.1.1. Análisis granulométrico

Para realizar esta prueba, primero sequé la muestra a $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{ C}$ ($230^{\circ} \pm 9^{\circ} \text{ F}$) hasta obtener una masa constante, alrededor del 0,1 % de la masa seca original. Primero, luego se selecciona un juego de tamices de tamaño adecuado, se instalan de forma decreciente los tamices, teniendo en cuenta el tamaño del orificio y se coloca el material a ensayar, se agitan los tamices en forma de ola por unos 10 minutos. A continuación, se retiran los tamices y se calcula el porcentaje, así como el número de tamices pasados y el número total de tamices que quedan y también el porcentaje de fracciones de diferentes tamaños en un valor de aproximadamente 0,1%. Los resultados obtenidos en esta prueba se reportan luego en la Tabla 24.

3.8.1.2. Peso Específico y Absorción Del Agregado Grueso

Para realizar esta prueba, comenzamos con la selección del material, para luego proceder a la división proporcional de esta muestra. Luego se agita la piedra través del tamiz del No. 4, todos los materiales retenidos se utilizan para las pruebas porque nuestro material es, la masa utilizada es de 2 kg, por lo que usamos 2100 g sin incluir el peso del recipiente. Luego, la muestra a utilizar se lava minuciosamente hasta eliminar el polvo y otras sustancias contenidas en ella, mediante un horno de secado con temperatura $100^{\circ} - 100^{\circ} \text{ C}$, y luego de 24 horas se toma la muestra de la secadora. Dejar secar durante dos horas y luego remojar en agua durante 24 horas. Luego, todas las partículas redondas se eliminan en un tamiz de absorción para eliminar el

agua superficial visible. Luego pesar la muestra, poner la muestra en una canasta y determinar el peso, sumergirla en agua a 21° y 25°, luego ponerla en un horno a 100° - 110° C por 24 horas. Luego se saca del horno, se deja enfriar y se pesa la muestra seca.

Con estas fórmulas se calculó el porcentaje de absorción:

A= Es el Peso de material saturado y superficie seca

B= Representa el Peso del material saturado y superficie seca (sumergida)

C= Es el Volumen masa + Volumen de vacíos

D=Peso de material seco

$$\% \text{Absorción} = ((A-D)/D)*100$$

$$\% \text{Absorción} = ((1521.20-1511.11)/1511.11)*100 = 0.67$$

Resultados ver en la **tabla 25**

3.8.1.3. Ensayo de abrasión De Ángeles

En esta prueba se utilizó: máquina Los Ángeles, tamiz en los siguientes tamaños: 3", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", ⅜", 1 tamiz ¼", N°8 y N°12 para cálculo de erosión.

En primer lugar, se lavó el material para eliminar todas sustancia que contiene y fue secado en un horno a una temperatura de 105°- 110°c, luego se tamizo según las medidas que corresponde según la tabla 10, luego pasamos a pesar 500 gr para ser introducido en la maquina los ángeles y se cierra los seguros para evitar que escape el polvo del material, y se graduó el número de 500 revoluciones según el método. Luego de finalizar la rotación se sacó el agregado y se tamizo en la malla N° 12, lo retenido se pasó a lavar y secar en horno entre 105° a 100°c.

Luego se calculó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{Desgaste} = \frac{P \text{ inicial} - P \text{ final}}{P \text{ inicial}} \times 100$$
$$\% \text{Desgaste} = \frac{5000 - 4324}{5000} \times 100 = 13.50\%$$

Resultados ver **tabla 26**

3.8.1.4. Durabilidad al sulfato de sodio

En esta prueba se utilizaron equipos de laboratorio como: tamiz de 3/8", 1/2", 3/4", 1", 1", 2" y 2" para ensayar la pulpa. Materias primas y N°50 y N°30 y N°16, N°8 y N°4 para ensayar agregados finos, contenedores, canastas de alambre, balanzas y hornos de secado.

En esta prueba se utilizó sulfato de sodio y se disolvieron 700 g en un litro de agua a una temperatura de 25-30 °C, después de lo cual se dejó reposar la composición durante 48 horas. Para el conjunto final, la muestra se envía a través de 3/8 tamiz y se conserva en N. 50, solo se identificaron fracciones que contenían 5 % o más de tamices en la Tabla 13, por lo que la muestra se lava sobre la malla N°50 y secarlo en el horno a 110 ± 5 ° C

Para sintetizar los materiales preservados en el tamiz N. 4 fue probada

Después de todo ello, las muestras son preparadas en solución de sulfato de sodio durante 18 horas, con una visión de que la solución no es inferior a 13 en comparación con la muestra empapada, el contenedor está cubierto para evitar la evaporación. La solución de la solución se reemplaza y se deja escapar durante 15 minutos, luego se seca en el horno a aproximadamente 110 ± 5 grados centígrados hasta que se obtenga el peso después de que no se cambie hasta que se enfríe un peso fijo a temperatura ambiente después de eso se sumergió para continuar con el ciclo que se indica en tabla 13. La tasa de pérdida exacta obtenida es con la siguiente fórmula:

$$\%Pérdidas\ Corregidas = \frac{1}{3} \times 100$$

Total, de perdidas = suma de porcentajes de todas las pérdidas de las dos fracciones de cada tamaño.

Ver resultados en **tabla 27 y 28**

3.8.1.5. Porcentaje de caras fracturadas De agregado grueso

En esta prueba se utilizó equipo de laboratorio como: una balanza, un cedazo, una cuchara medidora.

Primero se seca la muestra y se traslada al cuarto paso y luego se tamiza el material grueso y fino haciéndolo pasar por la malla. En la Figura 4 se determinó el porcentaje de granos quebrados para cada sección y se calculó el porcentaje promedio ponderado de secciones quebradas con base en la masa de cada sección. La muestra se lava en la malla marcada y luego la masa de la muestra se determina por una masa aproximada. de 0,1%, que luego se seca extendiéndola sobre una superficie plana para ver si cumple con el criterio de fractura, todos los $\frac{1}{4}$ de cara formados se consideran caras fisuradas. Usando un cuchillo mezclador, las personas se dividen en tres tipos, el grano partido tiene la cantidad requerida de fracciones, el grano no cumple con el estándar requerido y tiene un problema.

El porcentaje de peso del número de granos se informa con el número de errores especificado. Para los resultados se empleó la siguiente formula:

$$P = \left(\frac{F+Q/2}{F+Q+N} \right) \times 100$$

P = Porcentaje de partículas con el numero especificado con caras fracturadas.

F = Peso o cantidad de partículas fracturadas con al menos el numero especificado de caras fracturadas.

Q = Peso o cantidad de partículas cuestionables

N = Peso o cantidad de partículas en la categoría de no fracturadas que no cumplen el criterio de fractura.

Ver resultados en la **tabla 29 Y 30**

3.8.1.6. Sales solubles de agregado grueso

En esta prueba, equipos y materiales como:

Balanza analítica, estufa, placa calefactora, materiales como: pico, matraz aforado, vaso de precipitados, pipeta, probeta e insumos como agua destilada y soluciones como de nitrato y de cloruro de bario.

Primero, la muestra se secó en estufa a 110 ± 5 °C hasta obtener una masa

constante, cercana a 0.01 g. Luego se coloca la muestra en un precipitado y se agrega agua destilada en un volumen suficiente para cubrir unos 3 cm al nivel de la muestra y se lleva a ebullición.

Se agitan durante un minuto y luego se repiten cuatro veces, se vierte el líquido durante 10 minutos hasta que se vuelve transparente, luego se determinan las sales solubles por separado mediante reactivos químicos especiales para el tubo de ensayo, con cloruro en unas gotas de nitrato de plata. detectado. Para el cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Sales soluble} = \frac{1}{\frac{C \times A}{D \times B} - 1} \times 100$$

Ver resultados en **tabla 31 Y 32**

3.8.1.7. Partículas chatas y alargadas

Para este ensayo se utilizó los equipos como:

Calibrador de espesores, calibrador de longitudes, balanza.

En primer lugar, se separó en cuarteo la muestra a ensayarse, luego se separaron por tamizado las distintas fracciones de la muestra según los tamaños designados según la tabla 20, así mismo se pasó a calcular el porcentaje de las partículas que tienen forma alargada aproximado del 1% de la masa total de la muestra de ensayo para ello se utilizó la fórmula:

$$Ca = \frac{ma}{M} \times 100$$

Dónde:

Ca= porcentaje en masa de partículas con formas alargadas

ma=masa de las partículas con forma alargada

M= masa total

Para calcular el porcentaje de las partículas aplanadas se consideró la siguiente fórmula:

$$Cp. = \frac{me}{M} \times 100$$

Dónde:

Cp=porcentaje de masa de partículas en forma aplanada

Me= masa de las partículas en forma aplanada

M= masa total

Ver resultados en la **tabla 33**

3.8.1.8. Equivalente de arena

En esta prueba, equipos y materiales como: Balanza analítica, estufa, placa calefactora, materiales como: pico, matraz aforado, vaso de precipitados, pipeta, probeta suministros: tubería de irrigación hidropónica, sistema de sifón, aire, grifo, recipiente metálico, contador de tiempo utilizado para esta prueba, embudo, tamiz, tazón, horno, papel de filtro. Reactivos y materias primas: cloruro de calcio, glicerol. En primer lugar, se disolvieron 454 g de cloruro de calcio anhidro en 0,5 gal (1,9 L) de agua destilada, luego se dejó enfriar a temperatura ambiente y se pasó por papel de filtro, agregando 2050 g de glicerol y 47 g de filtro. Aproximadamente 1500 g de material se separan en la pantalla. 4, para determinar el material a triturar. Los áridos deben humedecerse para evitar la segregación o pérdida de finos por litro. Siempre tenga cuidado al agregar agua a la muestra para mantener el estado de flujo libre del material. Empleando un recipiente metálico de 85 ml, la muestra se separó en cuatro medidas y luego se registró la cantidad de sustancia en las cuatro medidas, ya sea por peso o volumen del tubo. La muestra se secó a 105 °C y se dejó enfriar a temperatura ambiente.

Para preparar el tubo de ensayo, con la ayuda de un embudo, se vertieron en el tubo 85 cm³ de la mezcla preparada, y la parte cilíndrica se golpeó varias veces para eliminar las burbujas de aire atrapadas y humedecer completamente la muestra. La tapa de la taza está equipada con 3 clips de resorte en el soporte del agitador y se prueba desde cero. Se empleó la siguiente fórmula:

$$SE = \frac{\text{lectura arena}}{\text{lectura arcilla}} \times 100$$

SE=equivalente de arena expresado en porcentaje

Para calcular el porcentaje de equivalente de arena se emplea la siguiente formula:

SE= suma de las lecturas dividido entre el total de lecturas

Ver resultados e **tabla 34**

3.8.1.9. Angularidad del agregado fino

Los aparatos que se emplearon para este estudio son: Tubo de forma cilíndrica de material de cobre, placa de base metálica, embudo, un aro acrílico, placa de vidrio, bandeja, espátula y balanza.

Se comenzó aplicando un baño liviano de grasa en el borde superior, luego llenar el medidor con agua fresca y hervida a una temperatura de 24°C registrar la temperatura del agua.

Luego se calculó el volumen de la medida:

$$V = \frac{100 * M}{D}$$

Dónde: Volumen del cilindro representado por la letra (V), masa neta de agua (M) y Densidad de agua (D)

Luego se preparó la muestra de ensayo de gradación o granulometría estándar los agregados finos se obtienen de la combinación de fracciones que pasaron por los tamices N°8 Y N°100.

Luego se mezcló el material a ensayar con la espátula hasta tener una forma homogénea, después del vaciado del embudo, se limpió el exceso del material fino sobre el molde cilíndrico.

Se recombinó la muestra de la bandeja de retención y contenedor cilíndrico y repetir el procedimiento para promediar los resultados de las tres pruebas.

Luego se pasó a calcular la angularidad del agregado fino, teniendo en cuenta el volumen del cilindro (V) y peso neto del agregado (W)

$$\%a = \frac{(V - W)}{V} * 100$$

Ver resultados en **tabla 35**

3.8.2. Diseño Marshall mezcla asfáltica tradicional

Los equipos utilizados en este ensayo son:

Compresor, pistón, martillo, plataforma de prensado, soporte de moldes, abrazadera, máquina marshall, horno, bandeja y equipos varios.

En este ensayo se fabrican 12 briquetas en diferentes cantidades o proporciones de cemento asfáltico, incrementado en un 0,5% en masa de su peso total para descubrir el contenido ideal de asfalto. 3 muestras de asfalto, de acuerdo con los requisitos de la MTC E 504, con un mínimo de 3 y un máximo de 5 muestras. Cada muestra tendrá una masa de 1200 gramos. El agregado deberá ser secado a $105 \pm ^\circ\text{C}$ y separado por tamices de: 3/4" a 3/8" (19.0 a 9.5 mm), 3/8" a N°. 4 (9.5 a 4.75), N.4 a N .8 (de 4,75 a 2,36 mm) ya intervalos superiores a n.8 (2,36 mm) se calienta cemento bituminoso para dar una viscosidad de 170 ± 20 centímetros (1 mm 2/seg = centistat) para mezclar. Las proporciones de agregados se pesan en diferentes charolas para cada ensayo, la altura de la muestra será de 63.5 ± 1.25 mm, el material se calienta a una temperatura de aproximadamente 14°C . La mezcla se seca con un orificio en el medio, un requerido Se mezcla bien la cantidad de cemento bituminoso y luego se mezcla todo normalmente con una cuchara hasta obtener una mezcla homogénea.

Para determinar el peso específico aparente y peso unitario (Densidad Bulk), se realizó la muestra que haya alcanzado una temperatura ambiente y recubrimiento con parafina, este si la muestra absorbe más del 2% de agua y recubrimiento sin parafina, teniendo en cuenta el 2% de absorción de agua y con medición uniforme.

Para los especímenes cubiertos sin parafina se realizó el siguiente procedimiento, además teniendo en cuenta el peso del espécimen seco en aire (A) , peso del espécimen saturado superficialmente seco en aire (B) y peso del espécimen en el agua todo ello en gramos.

$$\% \text{Agua absorbida} = \frac{B-A}{B-C} \times 100$$

Previo a esto, la muestra se secó con un secador eléctrico que emite aire caliente hasta lograr un peso de forma constante, y se determinó el peso antes del recubrimiento (peso a). Luego transferir a la capa de parafina y dejar enfriar por un promedio de 30 minutos, pesar la muestra (masa D). Los ladrillos se sumergen en agua en una temperatura del 25 °C, hasta alcanzar el peso de las tejas parafinadas. (peso E). La gravedad específica de la parafina se tomó como 0,90 (peso F).

Para muestras saturadas, la superficie seca (no recubierta de parafina) La muestra contiene humedad. Las muestras se sumergieron en agua a 25 °C durante 4 ± 1 min y luego se pesaron (Mt C). Si hay un cambio en la temperatura de las muestras en el baño de más de 2 °C, es necesario remojar las muestras entre un rango de 10 a 15 minutos y en el caso de temperaturas de agua distintas de 25 ± 1 °C. Se desarrolla la rectificación para el peso específico de acuerdo con la siguiente fórmula: Donde AT es temperatura de baño del agua teniendo una temperatura de 25°C, Ks coeficiente del promedio de expansión térmica cubica del cemento asfaltico $\times 10^{-5}$ ML/ML/°C.

$$\text{Corrección} = A \times Ks \times (B - C)$$

Para la masa de saturación de la muestra a través de una superficie seca, la superficie de la muestra se seca con una franela para pesar (masa B). Luego se coloca la muestra en el horno durante 15-24 horas, con una temperatura promedio de 110 ± 5 °C, luego de este tiempo, el sedimento de muestra se saca del horno y comienza a enfriarse a temperatura ambiente. nivel al pasado. Pesaje (peso a). Para muestras secas, para conocer la masa de aire de la muestra, se debe dejar airear en el ambiente por un promedio de una hora, y luego pesarla (masa A).

Luego, la muestra de prueba se sumergió en agua a 25 °C durante 4 ± 1 min y se pesó el sedimento de la muestra sumergida en agua (peso C). Si la temperatura de los gránulos muestra un cambio en el tanque superior a 2 °C, se sumergirá durante 10 a 15 minutos, y si hay un cambio en la temperatura del agua (diferente a 25 °C), se procederá a realizar la rectificación del peso específico aparente mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Corrección} = \text{AT} \times \text{KS} \times (\text{B} - \text{C})$$

Dónde:

$$\text{AT} = 25^\circ \text{C}$$

$$\text{KS} = 6 \times 10^{-5} \text{ ML/ML/}^\circ\text{C}$$

Para realizar este procedimiento se toma el máximo peso específico teórico - Rice con un gránulo de mezcla asfáltica de unos 2000 gramos, se coloca en un recipiente agua destilada, luego se realizan movimientos hasta que aparezcan burbujas, a un ritmo promedio. 20 ± 5 minutos, para obtener la gravedad específica teórica.

Los datos de densidad de masa y gravedad específica máxima teórica se usaron para calcular la relación de poros de aire. Resultados **ver anexos.4.18, 4.19, 4.20, 4.21 y 4.22**

3.8.3. Ensayo de Estabilidad y flujo

Para esta prueba se colocan briquetas en el tanque por unos 30-40 minutos, la guía y el molde deben estar completamente limpios, se recomienda lubricar las barras antes de iniciar el proceso, esto permitirá que la parte de función deslizante .Sin ningún problema. La T° del molde para esta prueba debe mantenerse entre 21.2 y 38.8°C, luego se retira la muestra del baño de agua que se ha sumergido y luego se coloca y se centra en el fondo de la abrazadera, luego se ajusta la presión. El medidor de flujo es cero, posterior a ello se aplica la carga a la probeta, con un esfuerzo constante de 50,80 mm por minuto, hasta que se produce un error y se detecta el valor máximo de la carga.

Resultados ver **tabla 57**

3.8.4. Resistencia al desgaste

Las pruebas se realizaron en 15 carbones Marshall utilizando una prueba de erosión Cantábrica (3 para mezcla regular, 3 mezclados con 10 % de carbón Cisco, 3 mezclados con 15 % de carbón Cisco, 3 mezclados con 20 % de carbón Cisco y 3 mezclados con 25 % de carbono cisco agregado.

Según el desarrollo del método Marshall, resulta que la muestra tendrá un peso de unos 1200 gramos, por lo que su presión será de 50 brazos por cara. Debe mantenerse a la temperatura requerida de $22,5 \pm 7,5$ °C durante 6 horas, después

de lo cual se pesa cada muestra antes de la prueba. Los gránulos a ensayar se colocan luego en el cilindro de la máquina LA. El tambor gira de 30 a 33 rpm, para 500 rpm. Al finalizar se procede a retirar las briquetas para posteriormente ser pesados.

El cálculo de la pérdida por desgaste, se obtiene por medio de la siguiente formula:

$$P = \frac{P1-P2}{P1} \times 100$$

Dónde:

P = valor de la pérdida por desgaste, en %

P1 = Peso inicial del espécimen, en gramos (gr)

P2 = Peso final del espécimen, en gramos (gr)

Ver resultados en **tabla 59**

IV. RESULTADOS

4.1. Ensayo de los agregados

4.1.1. Análisis granulométrico

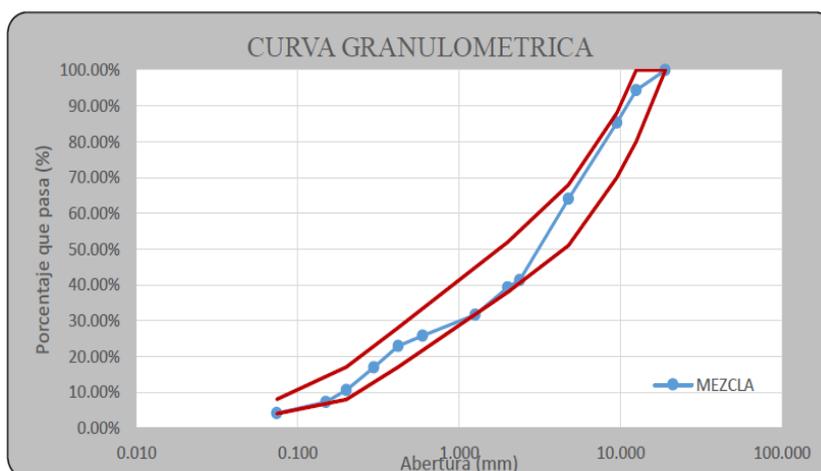
Tabla 24. Porcentajes que pasan de los agregados gruesos y finos

TAMIZ AASHTO T-27	ABERTURA (mm)	MATERIAL	MATERIAL	MEZCLA	ESPECIFICACION MAC - 2	
		A	B		MAX	MIN
		60.00%	40.00%	100.00%		
3/4"	19.000	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
1/2"	12.500	100.00%	85.85%	94.34%	100.00%	80.00%
3/8"	9.500	100.00%	63.34%	85.34%	88.00%	70.00%
No 4	4.760	99.45%	10.84%	64.01%	68.00%	51.00%
No 8	2.381	67.81%	1.58%	41.32%		
No 10	2.000	64.62%	1.29%	39.29%	52.00%	38.00%
No 16	1.259	52.24%	0.75%	31.65%		
No 30	0.595	42.49%	0.66%	25.76%		
No 40	0.420	37.85%	0.65%	22.97%	28.00%	17.00%
No 50	0.296	27.89%	0.64%	16.99%		
No 80	0.200	17.30%	0.63%	10.63%	17.00%	8.00%
No 100	0.149	11.59%	0.61%	7.20%		
Nº 200	0.074	9.41%	0.54%	4.11%	8.00%	4.00%

La tabla N°24, Representa un análisis de granularidad de agregados tanto finos como gruesos, para lo cual se diseñará la mezcla asfáltica más adelante; Así como la proporción de mezcla generada a partir de la mezcla de cada uno de

los áridos, teniendo en cuenta el correspondiente grado de mezcla asfáltica en caliente.

Figura 8. Curva granulométrica del agregado grueso y fino con respecto a los límites MAC-2



4.1.2. Peso Específico y Absorción Del Agregado Grueso

Tabla 25. Resultados de ensayo de peso específico y absorción agregado grueso

DESCRIPCIÓN			AGREGADO GRUESO
Peso de material saturado y superficial seca (en aire) (gr)	A		1521.20
Peso material saturado y superficial seco (sumergido) (gr)	B		912.50
Volumen masa + volumen de vacíos (cm ³)	C=A-B		608.70
Peso de material seco a 105° C (gr)	D		1511.11
Volumen de masa (cm ³)	E=D-B		598.61
Peso Específico Bulk (base seca)* (gr/cm ³)	D/C		1.66
Peso Específico Bulk (base saturada)* (gr/cm ³)	A/C		2.49
Peso aparente (base seca)* (gr/cm ³)	F/G		2.52
Absorción* (%)	((A-D)/D)*100		0.67

En la tabla 25, representa los datos obtenidos de laboratorio de acuerdo con los procedimientos correspondientes a la norma MTC E 206, de tal forma se obtiene un resultado una absorción del 0.67 % para el agregado grueso, este resultado está dentro del límite máximo permitido por el MTC EG-2013.

4.1.3. Ensayo De Abrasión De Ángeles

Tabla 26. Resultados de ensayos de desgaste

Mallas que Pasa - Retiene	Peso Inicial (gr)	Peso después del ensayo Retenido en Malla N° 12 (gr)	Peso que pasa T.N° 12 Después del Ensayo (gr)	Porcentaje de Abrasión del Agregado (%)
Global	5000	4324	676	13.50
LA MUESTRA PRESENTA UN DESGASTE DE ABRASION DE :				13.50%

4.1.4. Durabilidad al sulfato de sodio

Tabla 27. Resultados durabilidad al sulfato de sodio para agregado grueso

TAMAÑO	Peso Requerido (gr)	Peso Inicial (gr)	PERDIDA		Escalonado Original (%)	% de Pérdidas corregidas
			Peso (gr)	%		
1 1/2" 1"	1000.00	1008.2	984.6	2.3	22.6	0.52
1" 3/4"	500.00	505.1	491.3	2.7	20.1	0.54
3/4" 1/2"	670.00	672.6	651.4	3.1	26.8	0.83
1/2" 3/8"	300.00	302.3	289.4	4.3	18.1	0.78
3/8" N°4	300.00	304.7	275.6	9.5	12.4	1.18
TOTALES		2792.9			100	3.9

Tabla 28. Resultados durabilidad al sulfato de sodio agregado fino

TAMAÑO	Peso Requerido (gr)	Peso Inicial (gr)	PERDIDA		Escalonado Original (%)	% de Pérdidas corregidas
			Peso (gr)	%		
3/8" N°4	100.00	100.0	91.2	8.8	17.8	1.6
N°4 N°8	100.00	100.0	96.3	3.7	38.9	1.4
N°8 N°16	100.00	100.0	92.3	7.7	19.4	1.5
N°16 N°30	100.00	100.0	95.4	4.6	17.5	0.8
N°30 N°60	100.00	100.0	94.8	5.2	6.4	0.3
TOTALES		500.0	470.0		100.0	5.6

4.1.5. Porcentaje de caras fracturadas De agregado grueso

Tabla 29. Resultado caras fracturadas agregado grueso

Tamiz (pulg)	Abertura (mm)	A (g)	B (g)	C (B/A)*100	D (%)	E C X D
1 1/2"	37.5					
1"	25.0	380.00	260.00	68.42%	17.20%	11.77%
3/4"	19.0	405.20	370.00	91.31%	21.30%	19.45%
1/2"	12.5	630.00	540.00	85.71%	30.50%	26.14%
3/8"	9.5	530.00	450.00	84.91%	31.00%	26.32%
TOTAL		1945.20			100.00%	83.68%

Tabla 30. Resultado caras fracturadas agregado fino

Tamiz (pulg)	Abertura (mm)	A (g)	B (g)	C (B/A)*100	D (%)	E C X D
--------------	---------------	-------	-------	-------------	-------	---------

1 ½"	37.5					
1"	25.0	380.00	189.50	49.87%	17.20%	8.57%
¾"	19.0	405.20	210.30	51.90%	21.30%	11.05%
½"	12.5	630.00	350.00	55.56%	30.50%	16.95%
3/8"	9.5	530.00	280.00	52.83%	31.00%	16.38%
TOTAL		1945.20			100.00%	52.95%

En las tablas 29 y 30 se está representando los resultados del ensayo con respecto a las caras fracturadas, por eso se realizó una evaluación para una cara fracturada a más así mismo para las 2 caras fracturadas a más, cuyo resultado obtenido es de 83.68% y 52.95% respectivamente.

4.1.6. Sales solubles de agregado grueso

Tabla 31. Resultados ensayo sales solubles agregado grueso

Tipo:	SP
Profundidad(mts)	-
Peso fiola (g)	155.90
Peso fiola + peso agua destilada + sales (g)	321.12
Peso fiola + sales (g)	155.98
CONTENIDO DE LAS SALES SOLUBLES (%) :	0.08
CONTENIDO DE LAS SALES SOLUBLES TOTALES(ppm):	800

Tabla 32. Resultado ensayo sales solubles agregado fino

Tipo:	SP
Profundidad(mts)	-
Peso Fiola (g)	195.22
Peso Fiola + peso agua destilada + sales (g)	260.12

	195.10
CONTENIDO DE SALES SOLUBLES (%):	0.12
CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES(ppm):	1200

En las tablas 31 y 32 se está mostrando el resultado de ensayo, la cual se obtuvo un porcentaje de sales solubles de 0.08 % para el agregado grueso y de 0.12% para el agregado fino respectivamente.

4.1.7. Partículas chatas y alargadas

Tabla 33. *Maximo porcentaje de partículas chatas y alargadas*

TAMIZ (Pulg.)	ABERTURA (mm)	AGREGADO GRUESO			CHATAS Y ALARGADAS		
		PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) CORREGIDO
2"	50.0						
1 ½"	37.5			100.0			
1"	25.0	380.00	17.20	93.52	30.0	7.9	1.4
¾"	19.0	405.20	21.30	66.15	32.1	7.9	1.7
½"	12.5	630.00	30.50	53.35	98.5	15.6	4.8
3/8"	9.5	530.00	31.00	35.05	79.0	14.9	4.6
TOTAL							12.5
PESO TOTAL DE LA MUESTRA (Grs.)					1945.20		
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)					12.5		

En la tabla 33 se está representando resultados de los ensayos que fueron realizados, donde se visualiza el porcentaje de las partículas chatas y alargadas que son un 12.5%, lo que nos indica que es un material ideal que ayudará a su unión y también una buena compactación.

4.1.8. Equivalente de arena

Tabla 34. Resultado equivalente de arena

ENSAYO	M - 1	M - 2
LECTURA DEL NIVEL DE MUESTRA + AGUA	320	320
LECTURA DEL NIVEL DE ARENA	100.35	100.10
SE (%)	70.20%	70.12%

CÁLCULO DEL EQUIVALENTE DE ARENA PROMEDIO = 70.16%

En la tabla 34 se está representando el 70.12% lo que indica que cumple con todos los requerimientos.

4.1.9. Angularidad del agregado fino

Tabla 35. Resultado de ensayo de angularidad

TAMAÑO DE MALLAS				Peso Especifico	Contenido
PASA	RETENIDO	Volumen(cm3)	Peso (gr)	Bruto (gr/cm3)	Vacios
# 8	# 200	102.3	142.01	2.63	47.22
# 8	# 200	102.3	142.93	2.63	46.87
# 8	# 200	102.3	142.45	2.63	47.05
				Promedio	47.04
				Especificacion	40 min

4.2. Resumen de los ensayos de los agregados de cantera

Tabla 36. resumen de los ensayos de agregados de cantera

Ensayos	Resultados	Especificacion tecnica
Peso específico y absorcion del agregado grueso	0.67%	0.5 min a 25max
ensayos de desgaste	13.50%	50%max
durabilidad al sulfato de sodio para agregado grueso	3.9%	15% max
durabilidad al sulfato de sodio agregado fino	5.6%	18%max
caras fracturadas agregado grueso	83.68%	90%max
caras fracturadas agregado fino	52.95%	85%max
Sales solubles de agregado grueso	0.08%	0.5% max
sales solubles agregado fino	0.12%	0.5% max
Partículas chatas y alargadas	9.2%	10%max
Equivalente de arena	70.16%	70 %min
Angularidad del agregado fino	47.04%	40 %min

4.3. Materiales y dosificación para la fabricación de mezcla asfáltica

Tabla 37. Dosificacion de mezcla asfáltica tradicional

INSUMOS	PORCENTAJES %
Agregado fino	59.90
Agregado grueso	35.99
Filler	4.11

4.4. Diseño Marshall mezcla asfáltica tradicional

Tabla 38. Resultados de diseño de mezcla asfáltica en caliente tradicional con 5% de cemento asfáltico

ENSAYO MARSHALL (ASTM E-504)						
DISEÑO: PAVIMENTO ASFALTICO EN CALIENTE						
1	N° DE PROBETA	N°	1	2	3	PROM
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5	5	5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla	%	56.77	57.65	60.11	
4	% de Arena Combinadas en peso de la mezcla	%	38.23	37.35	34.89	
5	% de Filler en peso de la mezcla	%	0	0	0	
6	Peso Especifico aparente del Cemento Asfáltico	g/cm ³	1.0107	1.0107	1.0107	
7	Peso Especifico Bulk de la grava triturada	g/cm ³	2.65	2.65	2.65	
8	Peso Especifico Bulk de la arena	g/cm ³	2.62	2.62	2.62	
9	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm ³	0	0	0	
10	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.70	6.70	6.70	
11	Peso de la Probeta en el aire	g	1233.55	1235.20	1232.50	
12	Peso de la Probeta mas parafina en el aire	g	1235.40	1238.50	1236.20	
13	Peso de la Probeta mas parafina en el agua	g	685.50	680.56	682.50	
14	Volumen de la Probeta mas parafina	cm ³	549.90	557.94	553.70	
15	Peso de la parafina		1.85	3.30	3.70	
16	Volumen de la parafina		2.13	3.79	4.25	
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento		547.77	554.15	549.45	
18	Peso Especifico Bulk de la Probeta	g/cm ³	2.252	2.229	2.243	2.241
19	Maxima Densidad Teorica	g/cm ³		2.45		
20	% de Vacios	%	6.80	6.85	6.81	6.82
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	g/cm ³		2.63		
22	% del Volumen del Agregado/Volumen Bruto de la Probeta	%	77.5	77	76	76.83
23	% de vacios llenados con C.A	%	72.8	73	72.5	72.77
24	% de Vacios del Agregado Mineral	%	27.2	27	27.5	27.23
25	Estabilidad sin corregir	kg	1850	1820	1800	
26	Factor de Estabilidad		0.923	0.923	0.923	
27	Estabilidad corregida	kg	1707.6	1679.9	1661.4	1682.9
28	Lectura del Fleximetro	mm	2.73	2.76	2.75	2.75

Tabla 39. Resultados del diseño de mezcla asfáltica en caliente tradicional con 5.5% de cemento asfáltico

ENSAYO MARSHALL (ASTM E-504)							
DISEÑO: PAVIMENTO ASFALTICO EN CALIENTE							
1	N° DE PROBETA	N°	1	2	3		PROM
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5		
3	% de grava triturada en peso de la mezcla	%	58.66	59.47	60.14		
4	% de Arena Combinadas en peso de la mezcla	%	35.84	35.03	34.36		
5	% de Filler en peso de la mezcla	%	0	0	0		
6	Peso Especifico aparente del Cemento Asfáltico	g/cm ³	1.0107	1.0107	1.0107		
7	Peso Especifico Bulk de la grava triturada	g/cm ³	2.65	2.65	2.65		
8	Peso Especifico Bulk de la arena	g/cm ³	2.62	2.62	2.62		
9	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm ³	0	0	0		
10	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.70	6.70	6.70		
11	Peso de la Probeta en el aire	g	1246.55	1245.85	1244.65		
12	Peso de la Probeta mas parafina en el aire	g	1250.20	1247.55	1248.50		
13	Peso de la Probeta mas parafina en el agua	g	692.11	690.55	692.50		
14	Volumen de la Probeta mas parafina	cm ³	558.09	557.00	556.00		
15	Peso de la parafina		3.65	1.70	3.85		
16	Volumen de la parafina		4.20	1.95	4.43		
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento		553.89	555.05	551.57		
18	Peso Especifico Bulk de la Probeta	g/cm ³	2.251	2.245	2.257		2.251
19	Maxima Densidad Teorica	g/cm ³		2.45			
20	% de Vacios	%	5.25	5.20	5.22		5.22
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	g/cm ³		2.63			
22	% del Volumen del Agregado/Volumen Bruto de la Probeta	%	83.1	82.5	82.8		82.80
23	% de vacios llenados con C.A.	%	70.9	70.5	71.5		70.97
24	% de Vacios del Agregado Mineral	%	29.1	29.5	28.5		29.03
25	Estabilidad sin corregir	kg	1855	1845	1850		
26	Factor de Estabilidad		0.923	0.923	0.923		
27	Estabilidad corregida	kg	1712.2	1702.9	1707.6		1707.6
28	Lectura del Fleximetro	mm	3.12	3.12	3.13		3.12

Tabla 40. Resultados del diseño de mezcla asfáltica en caliente tradicional con 6% de cemento asfáltico

ENSAYO MARSHALL (ASTM E-504)							
DISEÑO: PAVIMENTO ASFALTICO EN CALIENTE							
1	N° DE PROBETA	N°	1	2	3		PROM
2	C.A. en peso de la mezcla	%	6	6	6		
3	% de grava triturada en peso de la mezcla	%	57.4	57	55.8		
4	% de Arena Combinadas en peso de la mezcla	%	36.6	37	38.20		
5	% de Filler en peso de la mezcla	%	0	0	0		
6	Peso Especifico aparente del Cemento Asfáltico	g/cm ³	1.0107	1.0107	1.0107		
7	Peso Especifico Bulk de la grava triturada	g/cm ³	2.65	2.65	2.65		
8	Peso Especifico Bulk de la arena	g/cm ³	2.62	2.62	2.62		
9	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm ³	0	0	0		
10	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.70	6.70	6.70		
11	Peso de la Probeta en el aire	g	1255.25	1260.50	1254.60		
12	Peso de la Probeta mas parafina en el aire	g	1259.55	1262.50	1258.30		
13	Peso de la Probeta mas parafina en el agua	g	710.10	709.88	710.00		
14	Volumen de la Probeta mas parafina	cm ³	562.20	558.80	555.99		
15	Peso de la parafina		4.30	2.00	3.70		
16	Volumen de la parafina		4.94	2.30	4.25		
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento		557.26	556.50	551.74		
18	Peso Especifico Bulk de la Probeta	g/cm ³	2.253	2.265	2.274		2.264
19	Maxima Densidad Teorica	g/cm ³		2.45			
20	% de Vacios	%	4.05	4.05	4.04		4.05
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	g/cm ³		2.63			
22	% del Volumen del Agregado/Volumen Bruto de la Probeta	%	50.35	52.4	53		51.92
23	% de vacios llenados con C.A.	%	49.65	47.6	47		48.08
24	% de Vacios del Agregado Mineral	%	17.8	17.9	18		17.90
25	Estabilidad sin corregir	kg	1860	1850	1840		
26	Factor de Estabilidad		0.923	0.923	0.923		
27	Estabilidad corregida	kg	1716.8	1707.6	1698.3		1707.6
28	Lectura del Fleximetro	mm	3.75	3.72	3.76		3.74

Tabla N°40. Resultados del diseño de mezcla asfáltica en caliente tradicional con 6.5 % de cemento asfáltico.

ENSAYO MARSHALL (ASTM E-504)

DISEÑO: PAVIMENTO ASFALTICO EN CALIENTE

1	N° DE PROBETA	N°	1	2	3		PROM
2	C.A. en peso de la mezcla	%	6.5	6.5	6.5		
3	% de grava triturada en peso de la mezcla	%	61.1	56.3	59		
4	% de Arena Combinadas en peso de la mezcla	%	32.4	37.2	34.5		
5	% de Filler en peso de la mezcla	%	0	0	0		
6	Peso Especifico aparente del Cemento Asfáltico	g/cm ³	1.0107	1.0107	1.0107		
7	Peso Especifico Bulk de la grava triturada	g/cm ³	2.65	2.65	2.65		
8	Peso Especifico Bulk de la arena	g/cm ³	2.62	2.62	2.62		
9	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm ³	0	0	0		
10	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.70	6.70	6.70		
11	Peso de la Probeta en el aire	g	1250.50	1245.50	1248.50		
12	Peso de la Probeta mas parafina en el aire	g	1255.21	1250.20	1252.20		
13	Peso de la Probeta mas parafina en el agua	g	696.50	697.50	698.50		
14	Volumen de la Probeta mas parafina	cm ³	558.71	552.70	553.70		
15	Peso de la parafina		4.71	4.70	3.70		
16	Volumen de la parafina		5.41	5.40	4.25		
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento		553.30	547.30	549.45		
18	Peso Especifico Bulk de la Probeta	g/cm ³	2.260	2.276	2.272		2.269
19	Maxima Densidad Teorica	g/cm ³	2.45				
20	% de Vacios	%	0.23	0.22	0.22		0.22
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	g/cm ³	2.63				
22	% del Volumen del Agregado/Volumen Bruto de la Probeta	%	75.4	75	75.4		75.27
23	% de vacios llenados con C.A.	%	24.6	25	24.6		24.73
24	% de Vacios del Agregado Mineral	%	17.3	17.2	17		17.17
25	Estabilidad sin corregir	kg	1820	1850	1840		
26	Factor de Estabilidad		0.923	0.923	0.923		
27	Estabilidad corregida	kg	1679.9	1707.6	1698.3		1695.2
28	Lectura del Fleximetro	mm	4.30	4.32	4.35		4.32

Al lograr estos resultados con diferentes porcentajes en la adición del cemento asfáltico, se procede a realizar las gráficas que corresponde, logrando el porcentaje óptimo de cemento a emplear para el diseño de mezcla asfáltica.

Tabla 41. Resultado estabilidad a diferentes porcentajes de C.A

% CA	5.0	5.5	6.0	6.5
ESTAB	1682.9	1707.6	1707.6	1695.2

Figura 9. Estabilidad vs contenido de cemento Asfáltico

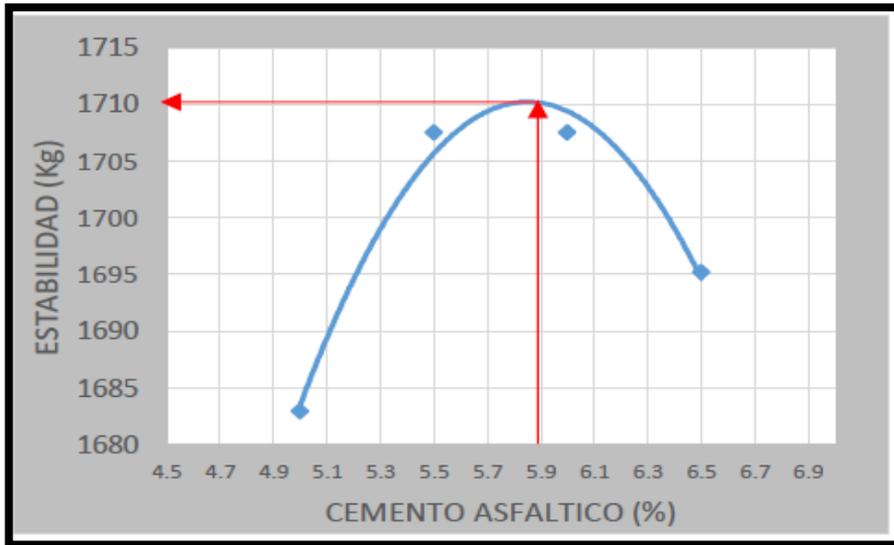


Tabla 42. Resultados peso unitario a diferentes porcentajes de C. A

% CA	5.0	5.5	6.0	6.5
PESO	2.241	2.251	2.264	2.269

Figura 10. Peso unitario vs contenido de cemento asfáltico

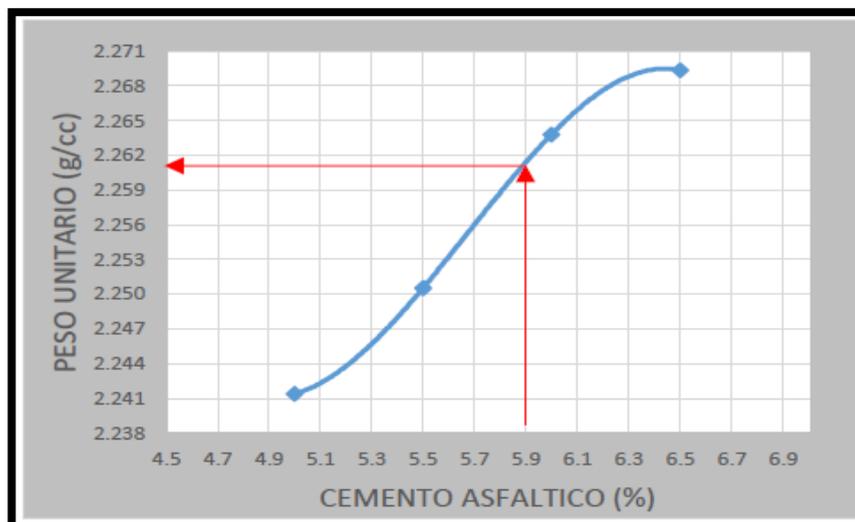


Tabla 43. Resultados % de vacíos a diferentes porcentajes de C.A

% CA	5.0	5.5	6.0	6.5
%	6.82	5.22	4.05	0.22

Figura 11. Porcentaje de vacíos vs contenido de cemento asfáltico

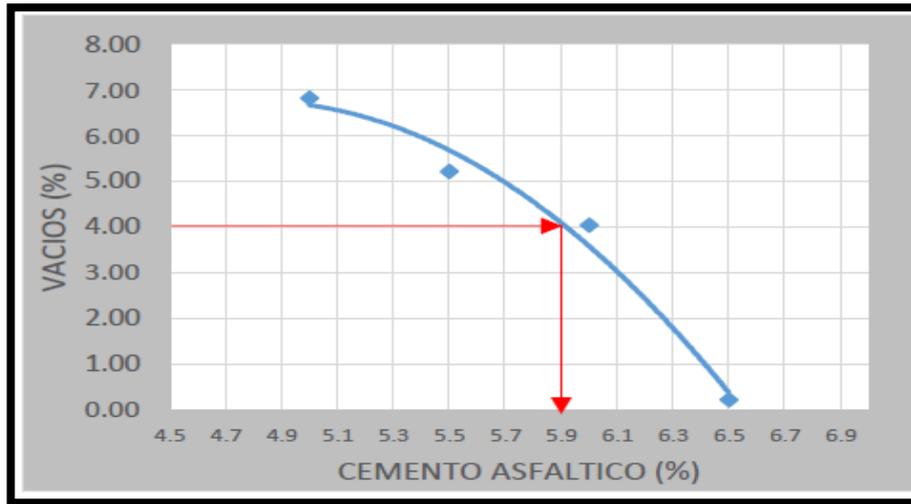


Tabla 44. Resultados de flujo a diferentes porcentajes de C .A

% CA	5.0	5.5	6.0	6.5
FLUJ	2.95	3.23	3.42	3.78

Figura 12. Flujo vs contenido de cemento asfáltico

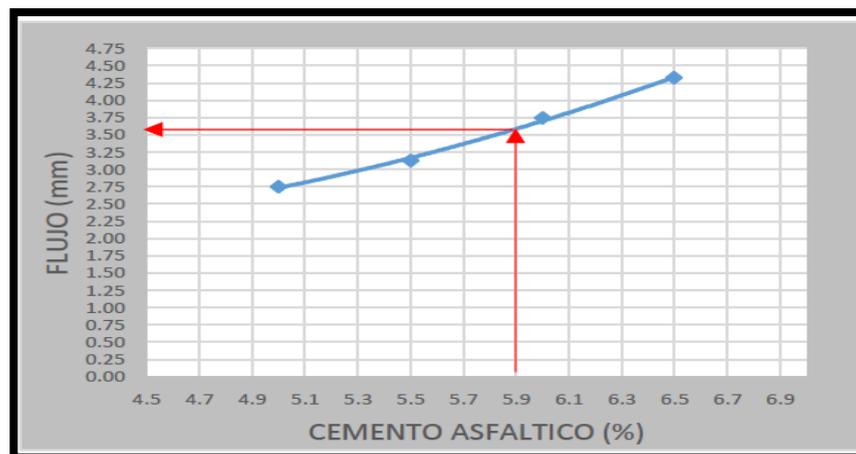


Tabla 45. Resultados de V.M.A a diferentes de C. A

% CA	5.0	5.5	6.0	6.5
VMA	27.23	29.03	17.90	17.7

Figura 13. Porcentaje V.M.A. vs contenido de cemento asfáltico

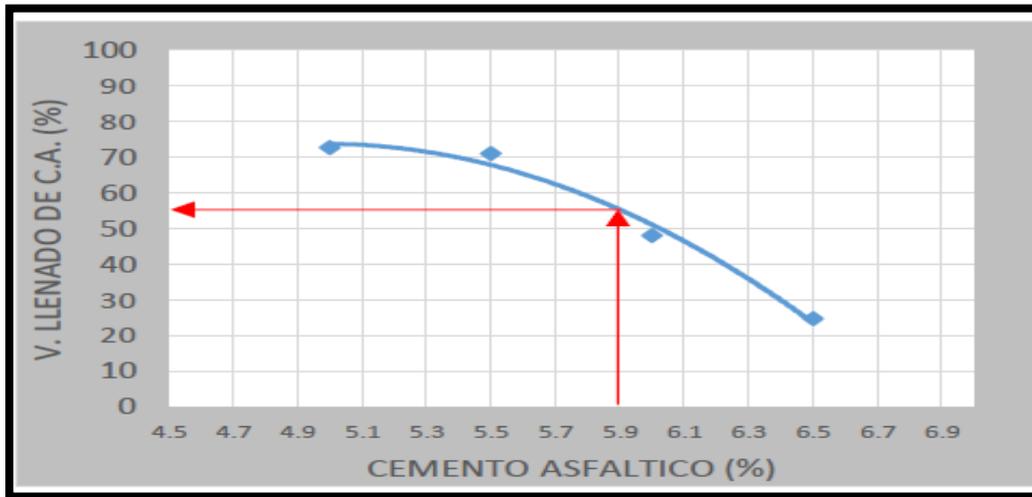


Tabla 46. Resultados ensayo Marshall mezcla asfáltica en caliente tradicional

RESULTADOS		
OPTIMO DE ASFALTO		5.9
PESO UNITARIO (g/cc)		2.261
VACIOS (%)	3 - 5	4
ESTABILIDAD (Kg)	815 MIN	1710
VFA (%)		55
FLUJO (mm)	2 - 4	3.6

4.5. Diseño Marshall mezcla asfáltica modificada con incorporación de carbón cisco

Tabla 47. Dosificación para mezcla modificada

INSUMOS	PORCENTAJES %
Agregado fino	50.00
Agregado grueso	48.00
Cal hidráulica	2.00
Carbón cisco	10,15,20 y 25

Tabla 48. Diseño de mezcla con 10% de carbón cisco

1	N° DE PROBETA	N°	1	2	3		PROM
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.75	5.75	5.75		
3	% de grava triturada en peso de la mezcla	%	32.6	33.92	33.92		
4	% de Carbon Cisco en Peso de la Muestra	%	4.71	4.71	4.71		
4	% de Arena Combinadas en peso de la mezcla	%	53.07	51.75	51.75		
5	% de Filler en peso de la mezcla	%	3.87	3.87	3.87		
6	Peso Especifico aparente del Cemento Asfaltico	g/cm ³	1.0107	1.0107	1.0107		
7	Peso Especifico Bulk de la grava triturada	g/cm ³	2.6	2.6	2.6		
8	Peso Especifico Bulk de la arena	g/cm ³	2.7	2.7	2.7		
9	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm ³	2.05	2.05	2.05		
10	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.5	6.5	6.5		
11	Peso de la Probeta en el aire	g	1235.55	1237.2	1234.5		
12	Peso de la Probeta mas parafina en el aire	g	1237.4	1240.5	1238.2		
13	Peso de la Probeta mas parafina en el agua	g	687.5	682.56	684.5		
14	Volumen de la Probeta mas parafina	cm ³	551.9	559.94	555.7		
15	Peso de la parafina		1.8	3.35	3.75		
16	Volumen de la parafina		2.17	3.85	4.35		
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento		549.77	556.15	551.45		
18	Peso Especifico Bulk de la Probeta	g/cm ³	2.23	2.2	2.24		2.22
19	Maxima Densidad Teorica	g/cm ³	2.50				
20	% de Vacios	%	3.85	3.88	3.84		3.86
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	g/cm ³	2.66	2.66	2.66		
22	% del Volumen del Agregado/Volumen Bruto de la Probeta	%	78.40	78.10	77.40		77.97
23	% de vacios llenados con C.A.	%	73.79	73.81	73.81		73.80
24	% de Vacios del Agregado Mineral	%	27.70	27.40	27.10		27.40
25	Estabilidad sin corregir	kg	1860	1835	1815		
26	Factor de Estabilidad		0.9330	0.9330	0.9330		
27	Estabilidad corregida	kg	1735.45	1712.13	1693.47		1713.68
28	Lectura del Fleximetro (flujo)	mm	2.76	2.79	2.744		2.76

Tabla 49. Diseño de mezcla con 15% de carbón cisco

1	N° DE PROBETA	N°	1	2	3		PROM
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.8	5.8	5.8		
3	% de grava triturada en peso de la mezcla	%	33.90	33.90	33.90		
4	% de Carbon Cisco en Peso de la Muestra	%	7.06	7.06	7.06		
4	% de Arena Combinadas en peso de la mezcla	%	49.37	49.37	49.37		
5	% de Filler en peso de la mezcla	%	3.87	3.87	3.87		
6	Peso Especifico aparente del Cemento Asfaltico	g/cm ³	1.0107	1.0107	1.0107		
7	Peso Especifico Bulk de la grava triturada	g/cm ³	2.62	2.62	2.62		
8	Peso Especifico Bulk de la arena	g/cm ³	2.72	2.72	2.72		
9	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm ³	2.09	2.09	2.09		
10	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.51	6.51	6.51		
11	Peso de la Probeta en el aire	g	1235.65	1237.3	1234.6		
12	Peso de la Probeta mas parafina en el aire	g	1237.5	1240.5	1238.2		
13	Peso de la Probeta mas parafina en el agua	g	687.5	682.66	684.6		
14	Volumen de la Probeta mas parafina	cm ³	552	560.04	555.8		
15	Peso de la parafina		1.8	3.35	3.75		
16	Volumen de la parafina		2.17	3.85	4.35		
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento		549.87	556.25	551.55		
18	Peso Especifico Bulk de la Probeta	g/cm ³	2.265	2.245	2.26		2.26
19	Maxima Densidad Teorica	g/cm ³	2.52				
20	% de Vacios	%	3.85	3.87	3.82		3.85
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	g/cm ³	2.68	2.68	2.68		
22	% del Volumen del Agregado/Volumen Bruto de la Probeta	%	78.43	78.15	77.45		78.01
23	% de vacios llenados con C.A.	%	68.30	68.72	67.35		68.12
24	% de Vacios del Agregado Mineral	%	27.72	27.42	27.12		27.42
25	Estabilidad sin corregir	kg	1860	1835	1815		
26	Factor de Estabilidad		0.9347	0.9347	0.9347		
27	Estabilidad corregida	kg	1738.62	1715.25	1696.55		1716.81
28	Lectura del Fleximetro (flujo)	mm	2.785	2.795	2.755		2.78

Tabla 50. Diseño de mezcla con 20% de carbón cisco

1	N° DE PROBETA	N°	1	2	3		PROM
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.83	5.83	5.83		
3	% de grava triturada en peso de la mezcla	%	33.89	33.89	33.89		
4	% de Carbon Cisco en Peso de la Muestra	%	9.43	9.43	9.43		
4	% de Arena Combinadas en peso de la mezcla	%	46.98	46.98	46.98		
5	% de Filler en peso de la mezcla	%	3.87	3.87	3.87		
6	Peso Especifico aparente del Cemento Asfaltico	g/cm ³	1.0107	1.0107	1.0107		
7	Peso Especifico Bulk de la grava triturada	g/cm ³	2.65	2.65	2.65		
8	Peso Especifico Bulk de la arena	g/cm ³	2.75	2.75	2.75		
9	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm ³	2.15	2.15	2.15		
10	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.55	6.55	6.55		
11	Peso de la Probeta en el aire	g	1235.35	1237.00	1234.30		
12	Peso de la Probeta mas parafina en el aire	g	1237.2	1240.3	1238		
13	Peso de la Probeta mas parafina en el agua	g	687.3	682.36	684.3		
14	Volumen de la Probeta mas parafina	cm ³	551.7	559.74	555.5		
15	Peso de la parafina		1.82	3.37	3.77		
16	Volumen de la parafina		2.19	3.87	4.37		
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento		549.57	555.95	551.25		
18	Peso Especifico Bulk de la Probeta	g/cm ³	2.275	2.275	2.26		2.27
19	Maxima Densidad Teorica	g/cm ³	2.53				
20	% de Vacios	%	3.84	3.87	3.8		3.84
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	g/cm ³	2.68	2.68	2.68		
22	% del Volumen del Agregado/Volumen Bruto de la Probeta	%	78.42	78.12	77.42		77.99
23	% de vacios llenados con C.A.	%	48.26	48.83	47.21		48.10
24	% de Vacios del Agregado Mineral	%	27.65	27.45	27.12		27.41
25	Estabilidad sin corregir	kg	1850	1852	1830		
26	Factor de Estabilidad		0.9289	0.9289	0.9289		
27	Estabilidad corregida	kg	1718.54	1720.40	1699.96		1712.97
28	Lectura del Fleximetro (flujo)	mm	2.796	2.799	2.778		2.79

Tabla 51. Diseño de mezcla con 25% de carbón cisco

1	N° DE PROBETA	N°	1	2	3		PROM
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.95	5.95	5.95		
3	% de grava triturada en peso de la mezcla	%	31.20	31.20	31.20		
4	% de Carbon Cisco en Peso de la Muestra	%	11.78	11.78	11.78		
4	% de Arena Combinadas en peso de la mezcla	%	47.20	47.20	47.20		
5	% de Filler en peso de la mezcla	%	3.87	3.87	3.87		
6	Peso Especifico aparente del Cemento Asfaltico	g/cm ³	1.0107	1.0107	1.0107		
7	Peso Especifico Bulk de la grava triturada	g/cm ³	2.66	2.66	2.66		
8	Peso Especifico Bulk de la arena	g/cm ³	2.76	2.76	2.76		
9	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm ³	2.13	2.13	2.13		
10	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.54	6.54	6.54		
11	Peso de la Probeta en el aire	g	1234.55	1236.2	1233.5		
12	Peso de la Probeta mas parafina en el aire	g	1236.4	1239.5	1237.2		
13	Peso de la Probeta mas parafina en el agua	g	686.5	681.56	683.5		
14	Volumen de la Probeta mas parafina	cm ³	550.9	558.94	554.7		
15	Peso de la parafina		1.84	3.45	3.85		
16	Volumen de la parafina		2.25	3.95	4.45		
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento		549.97	556.35	551.65		
18	Peso Especifico Bulk de la Probeta	g/cm ³	2.272	2.275	2.285		2.28
19	Maxima Densidad Teorica	g/cm ³	2.57				
20	% de Vacios	%	3.81	3.82	3.84		3.82
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	g/cm ³	2.79	2.79	2.79		
22	% del Volumen del Agregado/Volumen Bruto de la Probeta	%	79.42	79.12	78.43		78.99
23	% de vacios llenados con C.A.	%	28.70	27.80	28.76		28.42
24	% de Vacios del Agregado Mineral	%	27.90	27.95	27.56		27.80
25	Estabilidad sin corregir	kg	1830	1840	1860		
26	Factor de Estabilidad		0.9270	0.9270	0.9270		
27	Estabilidad corregida	kg	1696.41	1705.68	1724.22		1708.77
28	Lectura del Fleximetro (flujo)	mm	2.791	2.817	2.798		2.80

Posterior a ello se realizaron gráficas con la finalidad de obtener el contenido óptimo del carbón cisco.

Figura 14. Estabilidad vs % carbón cisco

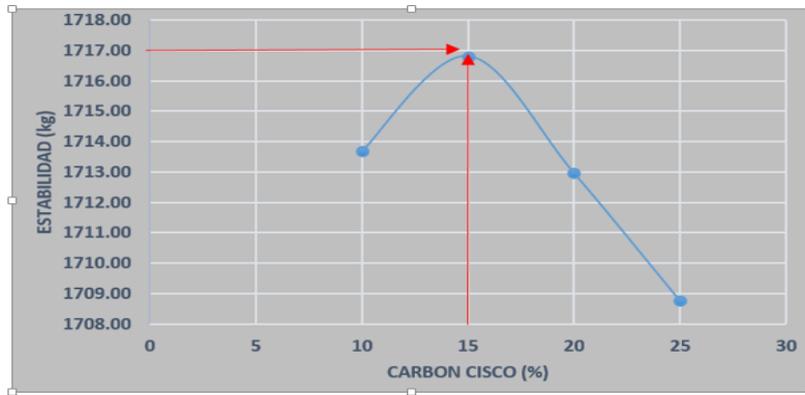


Tabla 52. Resultados estabilidad vs% carbón cisco

% CARBON CISCO.	10	15	20	25
ESTAB C/C.	1713.68	1716.81	1712.97	1708.77

Figura 15. Peso unitario vs% carbón cisco

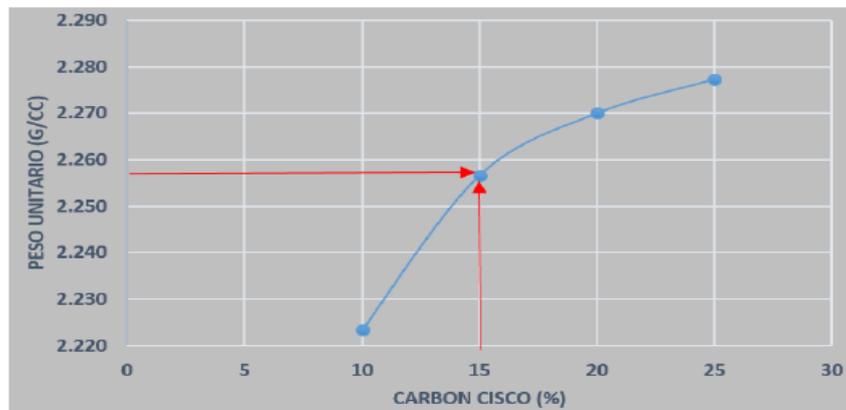


Tabla 53. Resultados peso unitario vs% carbón cisco

% Carbón cisco	10	15	20	25
Peso unitario	2.22	2.26	2.27	2.28

Figura 16. Porcentaje de vacíos vs % carbón cisco

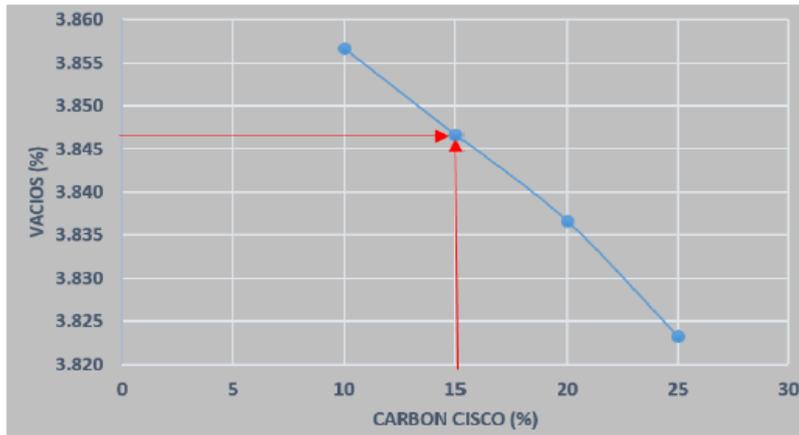


Tabla 54. Resultados de porcentaje de vacíos vs % carbón cisco

% Carbón cisco	10	15	20	25
Vacios	3.86	3.85	3.84	3.82

Figura 17. Flujo vs % carbón cisco

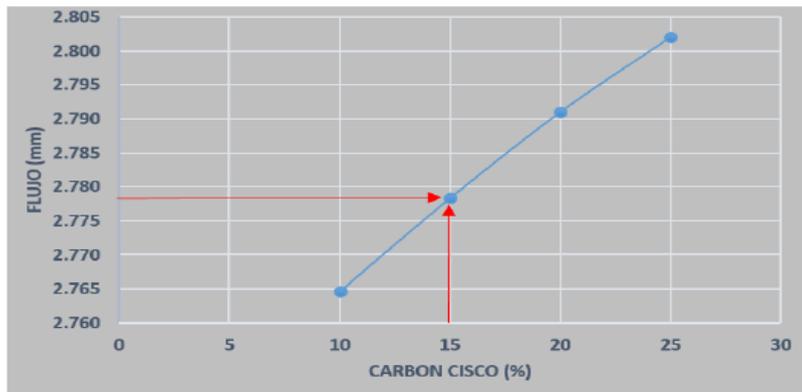


Tabla 55. Resultados de porcentaje de vacíos vs % carbón cisco

% Carbón cisco	10	15	20	25
Flujo	2.76	2.78	2.79	2.80

Figura 18. Porcentaje V.M.A. vs % carbón cisco

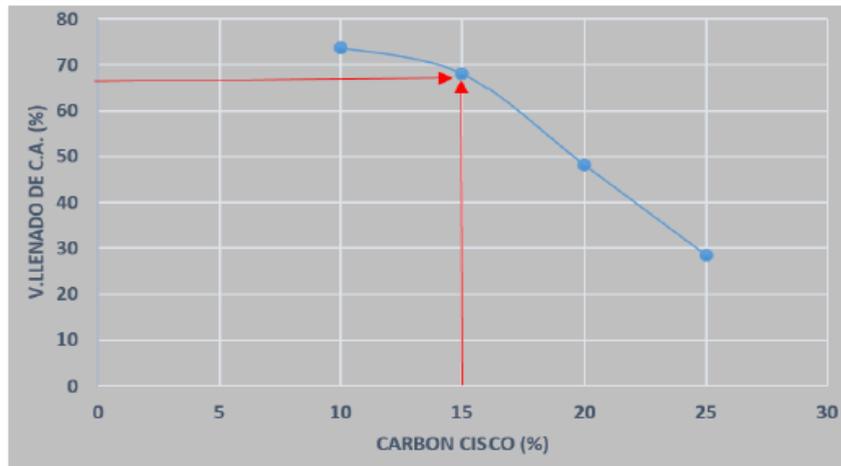


Tabla 56. Resultados de porcentaje de vacíos vs % carbón cisco

% Carbón cisco	10	15	20	25
V.M.A	73.80	68.12	48.10	28.42

Tabla 57. Resultados ensayo Marshall

CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA		
Óptimo Contenido De C.A.	(%)	5.80
Estabilidad	(kg)	1716.81
Peso Unitario	(kg/m ³)	2.257
Vacíos De Aire	(%)	3.847
Optimo Contenido De Carbón Cisco (%)		15
Flujo	(mm)	2.778
V.M.A.	(%)	68.12

Tabla 58. Comparacion de resultados entre mezcla asfáltica convencional y modificada

CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA		
MARSHALL	CONVENCIONAL	MODIFICADO
Óptimo Contenido de C.A (%)	5.9	5.80

Estabilidad	(kg)	1710	1716.81
Peso Unitario	(kg/m ³)	2.261	2.257
Vacíos de Aire	(%)	4	3.847
Óptimo Contenido De Carbón Cisco	(%)	-	15
Flujo	(mm)	3.6	2.778
V.M.A.	(%)	55	68.12

4.6. Perdida por desgaste

Tabla 59. Resultado perdida por desgaste

BRIQUETA/ %FIBRA	CÓDIGO	PESO 1	N° VUELTAS	PESO 2	% DE DESGASTE	% PROMD. DE DESGASTE
G1 Grupo de control	P.A	1131	500	1022.5	9.97	10.75
	P.B	1131		1023.5	11.70	
	P.C	1131		1021.5	10.57	
G2 (10 %) Grupo de estudio	10 % A	1136	500	953.7	16.04	16.10
	10 % B	1141		958.0	16.04	
	10 % C	1134		950.0	16.23	
G3 (15 %) Grupo de estudio	15 % A	1171	500	972.7	11.27	10.23
	15 % B	1152		952.0	8.94	
	15 % C	1172		971.0	10.49	
G4 (20 %) Grupo de estudio	20 % A	1152	500	904.0	21.53	21.45
	20 % B	1154		909.0	21.23	
	20 % C	1158		908.0	21.59	
G5 (25 %) Grupo de estudio	25 % A	1121	500	886.0	25.42	25.50
	25 % B	1123		834.0	25.73	
	25 % C	1128		842.0	25.36	

G1: (0.0% de carbón cisco)

G2: (10% de carbón cisco)

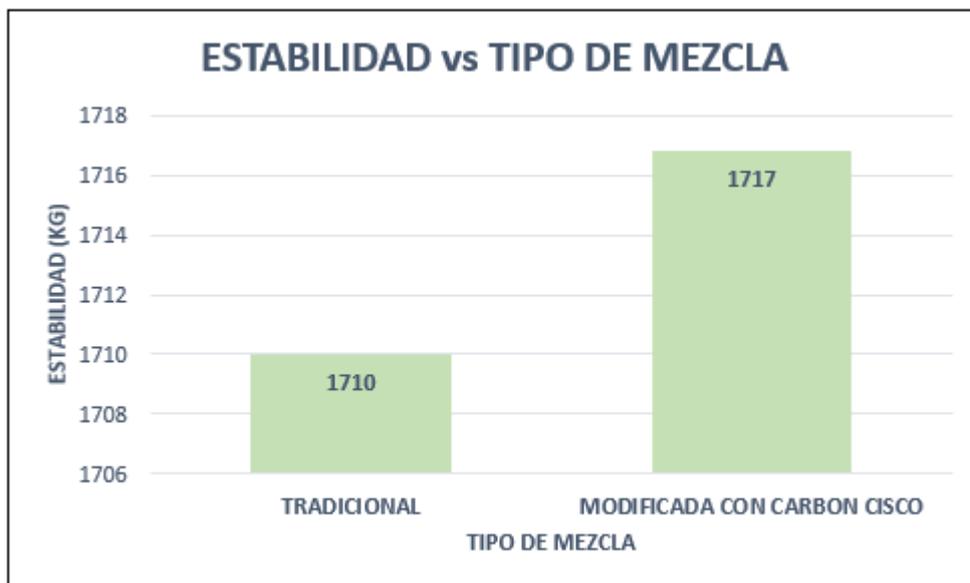
G3: (15% de carbón cisco)

G4: (20% de carbón cisco)

G5: (25% de carbón cisco)

4.7. Comparación estadística de mezclas asfálticas.

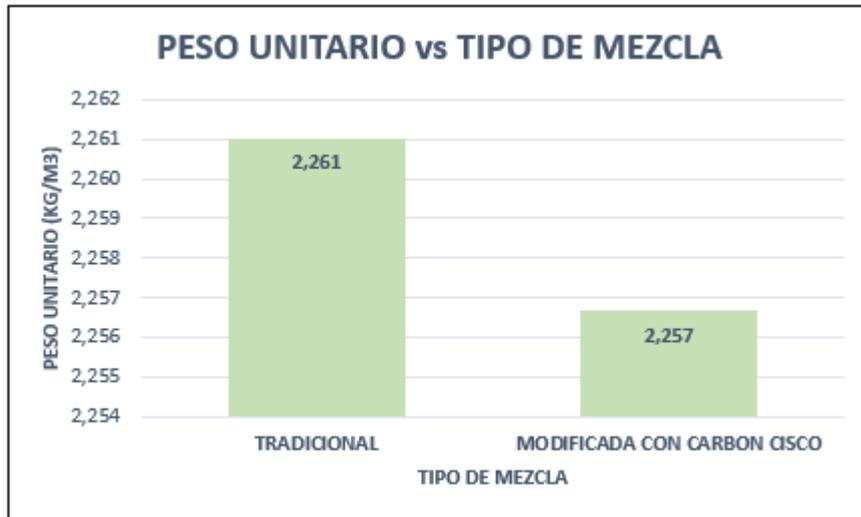
Figura 19. Estabilidad (kg) vs tipo mezcla



Interpretación:

Se observa que en la mezcla modificada existe un aumento sustancial en lo que respecta a la estabilidad, por la cual sostiene una carga extra del 7.0 Kg, lo que se ve representado con un 0.20 % a la mezcla convencional, cabe indicar que la adición de carbón cisco si mejora la resistencia para poder prevenir las deformaciones permanentes.

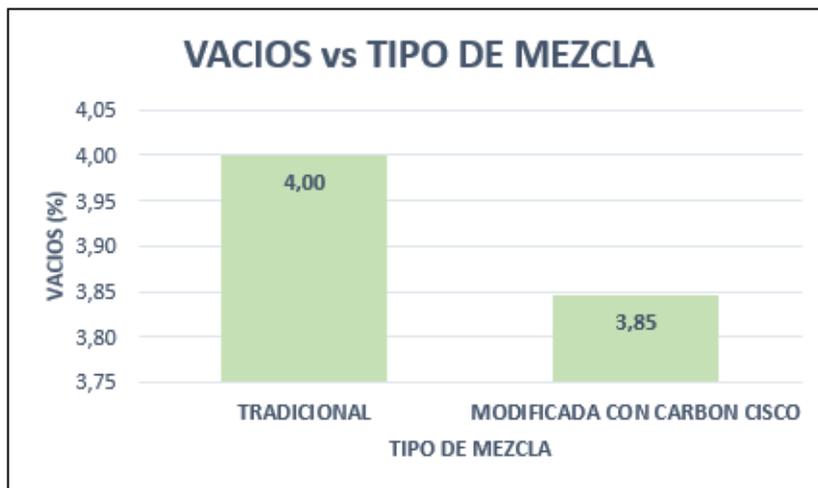
Figura 20. Peso unitario vs tipo mezcla



Interpretación:

En la figura 20 se puede apreciar que el peso disminuye en un 0.09 % con a comparación de la otra mezcla clásica, de tal manera que se obtuviera un efecto respecto al rendimiento duradero, eso debido a la poca distinción del resultado.

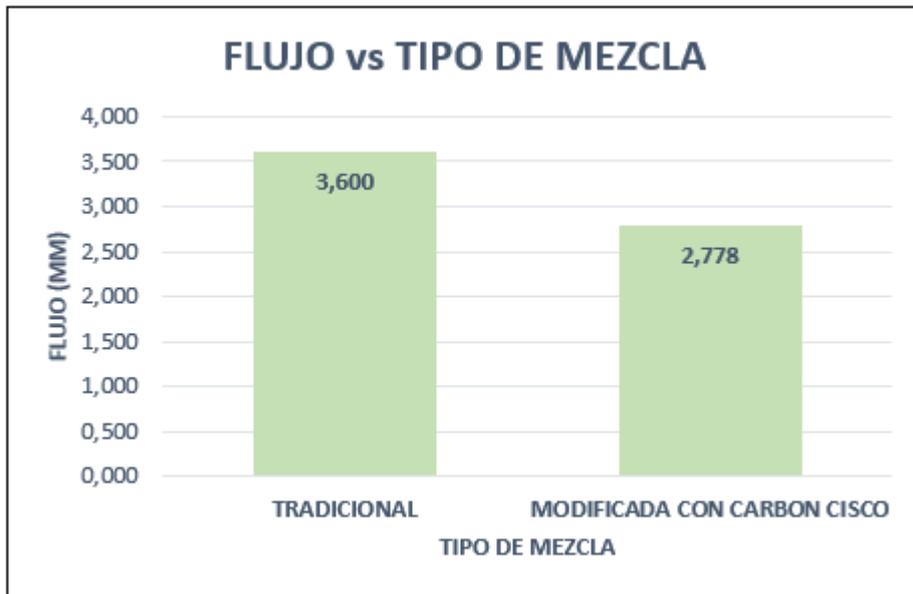
Figura 21. Vacíos (%) vs tipo mezcla



Interpretación:

Se observa en la figura 21 que los vacíos de mezcla modificada con carbón cisco ha disminuido en un 0.15%, con respecto a la mezcla tradicional. Ya que el rango permitido esta entre 3% y 5%, siendo un óptimo un 4%.

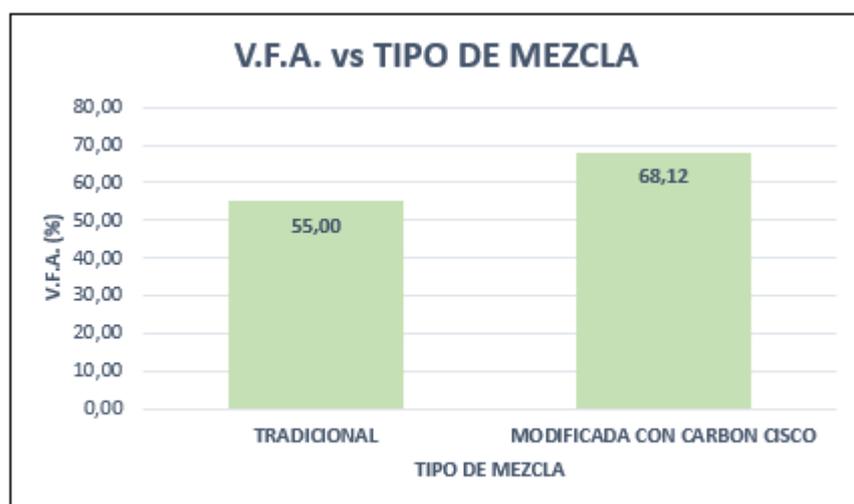
Figura 22.Flujo vs tipo mezcla



Interpretación:

En la figura 22, Se está mostrando que la mezcla asfáltica con carbón cisco tiene una reducción en el flujo del 12.9% al comparar la mezcla tradicional, indicando que además de proveer ciertas propiedades elásticas en la mezcla, a su vez a la contribución de rigidez, logrando que la mezcla sea resistente ante posibles deformaciones permanentes.

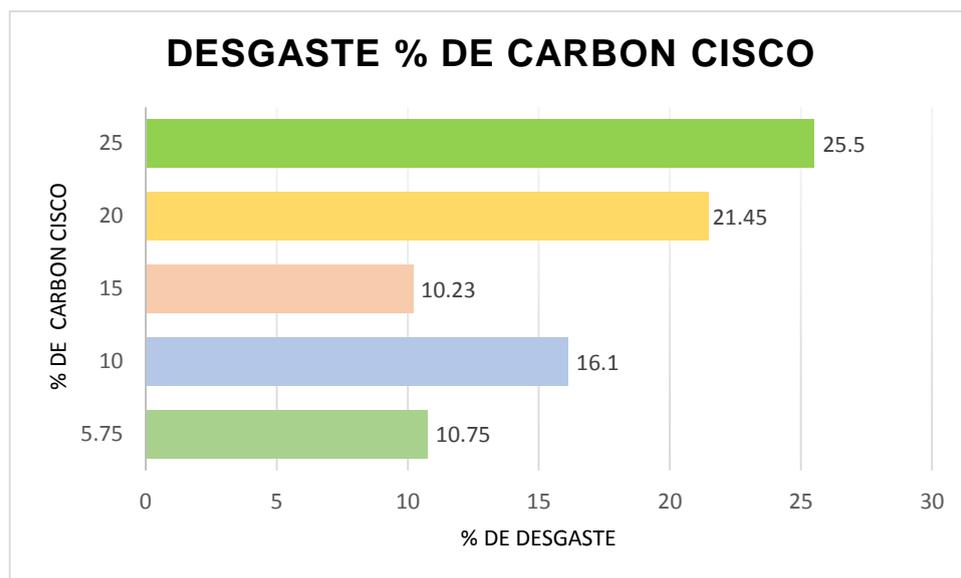
Figura 23.Flujo vs tipo mezcla



Interpretación:

En la figura 23, existe diferenciación en las dos mezclas. La primera presenta V.M.A de 55.0%, la mezcla experimental presenta un valor del 68.12 %, representando un aumento del 13.12 %. Consiguientemente, se puede verificar que el carbón cisco en mezcla asfáltica aporta un vacío mayor en el agregado.

Figura 24. Desgaste de especímenes



Interpretación:

En la figura 24, se está representando quienes estaban formados en 5 grupos de análisis, G1 (0.0% de carbón cisco), G2 (10 % de carbón cisco), G3 (15% de carbón cisco), G4 (20 % de carbón cisco), G5 (25 % de carbón cisco), de tal forma se observó que la mezcla experimental con 15 % de carbón cisco presenta un 10.23% de pérdida y en la mezcla convencional presento 10.75% de perdida. Esto indica que el carbón cisco influye significativamente en la mezcla asfáltica.

Tabla 60. Análisis de Shapiro - Wilk.

	SHAPIRO-WILK				Sig
	Estadístic	pr	Estadístic	pr	
GRUPO CONTROL	0,165	3	1,000	3	1,000
G.E.1 (10%)	0,318	3	0,771	3	0,298
G.E.2 (15%)	0,175	3	1,000	3	1,000
G.E.3 (20%)	0,324	3	0,821	3	0,165
G.E.3 (25%)	0,529	3	0,925	3	0,254

Interpretación

Según los valores que se representan en el análisis de Shapiro-Wilk, podemos observar que cumple con los parámetros establecidos en este análisis, ya que el sig valor es mayor que 0.05.

Tabla 61. Análisis de Anova

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
REPET. % DESGASTE	Entre grupos	202,094	3	67,365	3400,8	0,000
	Dentro de grupos	0,158	8	0,020	0.000	0.000
	Total	202,252	11	0.000	0.000	0.000

Interpretación

Según los datos adquiridos de la prueba de Shapiro-Wilk se procede a realizar el análisis de Anova Como se observa en el cuadro 42, resultado que el sig. 0,000 lo que significa que cumple de acuerdo con la repetición del desgaste de la briqueeta

V. DISCUSIÓN

- Según los resultados presentados por esta investigación, la hipótesis se recolectó desde el principio, lo que nos da un resultado satisfactorio para combinar el carbón Cisco con un porcentaje diferente de 10 %, 15 %, 20 % y 25 %, y por lo tanto monitoreamos cuándo Cisco El carbón aumenta la mezcla de asfalto, mejora el rendimiento mecánico, de acuerdo con la prueba Marshall diseñada con un porcentaje diferente de cemento de asfalto: 5 %, 5.5 %, 6 % y 6.5 % dependen de los parámetros preparados para el estándar (MTC E - 504) , Para lidiar con la mezcla de asfalto caliente, obtuvo el porcentaje óptimo del plástico de la carretera de cemento 5.7 %, la estabilidad de 1710 kg con un flujo de 3.6 mm, en comparación con la mezcla mixta con una mezcla de carbón es 10 %, 15 %, 20 % , 25 %, la estabilidad es la gran determinación es 1716.81 kg obtenida con el flujo correspondiente de 2778 mm. Para la pérdida estándar (ASTM C 5335, MTC y -515), combina el carbón Cisco en un 10 %, 15 %, 20 % y 25 %, y los siguientes resultados han recolectado 16.10 % sí, 10.23 %, 21.45 % y 25.5 %, Esto se realiza con una combinación de una combinación de carbón Cisco en un 10,75 %.
- Estos resultados obtenidos mantienen relación con la investigación de Pérez Silva (2018) Este estudio se realizó con el fin de estudiar las propiedades de la mezcla asfáltica al agregarle escoria mineral, donde se analizaron 4 diseños de mezcla, se tomaron 3 muestras como diseños experimentales y el resto de las muestras que se tomaron se realizó el diseño estándar. Los resultados del proyecto utilizando el método Marshall mostraron que el uso de escoria en la mezcla asfáltica tuvo un efecto significativo en la estabilidad con una fluencia de 12536 Kuna y 14 mm. En la prueba de desgaste se determinó el 87% de la resistencia retenida, es decir, una resistencia superior al diseño tradicional.
- Peña Ancasí (2019) en su investigación la cual tiene como fin determinar su nivel porcentual de la ceniza volante que incrementa el desempeño mecánico de la mezcla asfáltica en caliente, en este ensayo el porcentaje de ceniza volante es (0.25%, 0.35%, 0, 0.50%, 0.75%, 0.85% y 1,0%), para obtener En las características de estabilidad y aumento de la fuerza ,en esta investigación se halló el contenido óptimo de asfalto que fue de

6%, realizando los ensayos con dichos contenidos de cenizas volantes se observó que los resultados de estabilidad y flujo fueron del 3892kg y de acuerdo al ensayo de pérdida por desgaste alcanzó un 73.92%.

VI. CONCLUSIONES

- Con los resultados obtenidos se comprobó que al incorporar porcentajes de carbón cisco influye significativamente en el desempeño mecánico de la mezcla asfáltica en caliente.
- Se estudiaron las propiedades de los agregados tanto gruesos como finos que se extrajeron de la cantera Milagro mediante análisis granulométricos para asegurar el cumplimiento de los estándares establecidos por (MTC) E-204. Para que se puedan lograr buenos resultados.
- Se incorporó las proporciones de carbón cisco de 10%,15%,20% y25%, para el diseño de mezcla asfáltica en caliente modificada.
- Según los ensayos realizados de los especímenes para la mezcla asfáltica convencional con 5%, 5.5%, 6%y 6.5% de cemento asfáltico se llegó a determinar la estabilidad y flujo de 1682.9kg ,1707.6kg ,1707.6, kg y 1695.2 kg y un flujo de 2.75mm ,3.12mm, 3.74mm y 3.32mm en cambio para la mezcla asfáltica modificada con 10%,15%,20% y 25% de carbón cisco dio una estabilidad de 2.778 mm. 1713.68 kg, 1716.81 kg, 1712.97 kg y 1708.77 kg con un flujo de 2.76 mm, 2.78 mm, 2.79 mm y 2.80 mm.
- De acuerdo con los ensayos realizados a los especímenes se determinó los porcentajes de pérdida por desgaste de la mezcla modificada, para la convencional nos dio como resultados 10.75% y para la modificada con incorporación de porcentajes de carbón cisco de 10%,15%,20%,25% nos dio un desgaste de material de 16.10%,10.23%,21.45% y 25.50.
- De acuerdo con los resultados, se observó que en la mezcla asfáltica modificada con carbón cisco hay un aumento en lo que respecta a la estabilidad, soportando una carga extra del 7.0 Kg, lo que representa un 0.20 % con respecto a la mezcla convencional, lo que indica que el añadido de carbón ciso mejora el desempeño mecánico teniendo una mejor resistencia para evitar deformaciones permanentes.
- De acuerdo con los ensayos realizados de estabilidad y flujo se puede concluir que al adicionar un 15% de carbón cisco a la mezcla asfáltica causa mayor estabilidad en el diseño, mejorando el desempeño mecánico.

VII. RECOMENDACIONES

- Para un buena fabricación y diseño de mezcla asfáltica en caliente lo recomendable es utilizar los mismos agregados que fueron ensayados ,para así evitar cambios y no afectar en el diseño de la mezcla, de tal forma siempre se debe realizar y tomar en cuenta especificaciones técnicas y normatividad de gradación (MAC).
- Se sugiere emplear mezcla asfáltica modificada con carbón cisco, ya que los ensayos que se realizaron fueron muy positivos y ayudara a reducir costos de la producción para mezclas asfálticas tradicionales.
- Dado a los buenos resultados de ensayos se recomienda que el MTC implemente las normas sobre el uso de pavimentos modificados con carbón cisco u otros materiales, ya que esto serviría mucho en el periodo de diseño que se da a cada pavimento.

REFERENCIAS

1. **ADUATO Orellana, Rosario.** Comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente con adición de cenizas de caña de maíz. Trabajo para optar el grado académico de (Maestro en Ingeniería Vial con mención a Carreteras, Puentes y Túneles). Lima, Universidad Ricardo Palma, 2019.
2. **ALARCON. Camacho, D. & Herreño,** (2019) Viability of using rubber asphalt in the region of Tunja, Colombia. Vol 40. Recuperate of: <http://ww.revistaespacios.com/a19v40n34/19403412.html>.
3. **ANGUIZOLA, Ivet.** (2016). Academia magazine and UTP. Analysis of properties of modified asphalt mixes, Vol. 2, number1.
4. **ARANDA-Rojas, C. A., Clavijo-Rey, C. M., & Moreno-Anselmi, L. Ángel.** (2016). Analysis of the physical-mechanical behavior of a dense hot mix type MDC-2 modified with rubber and leather in percentages of 25% and 75%, respectively. Vol. 5. Number, 1. Recovered from: <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/lingenieux/article/view/1238>.
5. **ARANGURI José, Valverde Hristo.** Análisis comparativo del comporta estructural de mezclas asfálticas en caliente. Tesis (Título Profesional de Ingeniería Civil). Trujillo, Perú: Universidad Privada Antenor Orrego, 2018.
6. **BOJORQUE, J. Flores, C. & Vásquez, M** (2019) Marshall Parameters for quality control of hot asphalt mixes after pavement construction vol.18. Available in: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-915X2019000100178&script=sci_abstract.
7. **CHÁVEZ, Francisco.** Valoración de residuos de concha de abanico para uso como agregado en mezclas asfálticas en caliente. Tesis (Título de ingeniera Civil). Piura. Universidad de Piura 2019.
8. **CLARO Ángela.** Definición de granito. Disponible en: <https://geolodiavavila.com/2017/03/03que-es-el-granito-y-como-se-forma/>.
9. **Especificaciones técnicas generales para la construcción,** R.D. N°22-2013 MTC/14. Lima Perú, edición setiembre 2015.
10. **ESTRADA Escalante, Víctor.** Estudio y análisis de mezclas asfálticas convencionales PEN 85/100 plus y Mezclas Asfáltica modificada con polímeros tipo SBS PG 70-28. Trabajo para optar el título profesional de Ingeniería Civil. Cusco, Universidad Andina del Cusco, 2017.

11. **FELIPE, R. Nougués. (2015).** General Technical specifications for thick hot asphalt mixes.

12. **Glosario de Términos de Uso frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial, (2018)** Lima, Perú. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Disponible en:
https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjHx5SEnaLqAhWuHlKGHUxDRMQFjAAeQIBB&url=http%3A%2F%2Ftransparencia.mtc.gob.pe%2Fidm_docs%2Fnormas_legales%2F1_0_4032.pdf&usq=AOvVaw3IN7Dbu2OUmd6ePiEajHJJ.

13. **GONZALES, Valdés. (2018)** Article, Evaluation of mechanical properties of asphalt mixtures with incorporation of aramid and polypropylene synthetic fibers. Road infrastructure vol. 20 number 36. Recuperate of:
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S221537052018000200015&script=sci_arttext.

14. **LABORET, Magali Victoria. (2014).** Argentina, Magazine Vial, Modification of hot asphalt cement with SBR emulsion. Aviable of:
<http://www.revistaespacios.com/a18v39n37/18393702.html>.

15. **LANAMME UCR. (2018).** Método de ensayo para probar mezclas asfálticas en caliente (MAC) en el equipo. Obtenido de
<http://www.lanamme.ucr.ac.cr/sitionuevo/images/ensayos/9-ensayos/9.34-9.35-9.36.pdf>.

16. **LEÓN, O. Rodriguez, E. (2017).** Magazine Methods and Materials by LanammeUCR Comparison of asphalt content methods of hot asphalt mix. Vol. 7. Recuperate of:
<file:///C:/Users/TEOFILO/Downloads/30320Texto%20del%20art%C3%ADculo-100254-1-10-20180430.pdf>.

17. **Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013).** Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013. Lima, Perú.

18. **MORENO, Luis (2013).** Academia and Virtuality Magazine. Monotonic behavior of MDC-2 asphalt mixes added with rubber-leather waste.

19. **NOGUERA, A. Paiva, F. (2017)** magazine architecture engineering art Study and Design of hot asphalt mixtures with added traquita type stone. (2017). Paraguay, Highway Manual. Volume II - Vol. II 1st Edition Year 2011. Page 213 Hot Asphalt Concrete Pavement.
<http://www.aia.com.py/5105-estudio-y-diseno-de-mezclas-asfalticas-en->

[caliente-con-agregados-petres-del-tipo-traquita/](#).

20. **ORTIZ Hernández, Eduardo. (2018)**. Magazine university science and technology. Comparison of the Properties of Conventional Hot Asphalt Mix Design and the Use of Polymers on the Road.
21. **PADILLA Rodríguez, Alejandro**. Mezclas Asfálticas, Capitulo 3. Disponible en.
https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiyj6Lgv6PqAhVUF7kGHkJ0DPQQFjAAeqQIBhAB&url=https%3A%2F%2Fupcommons.upc.edu%2Fbitstream%2Fhandle%2F2099.1%2F3334%2F34065-14.pdf%3Fsequence%3D14%26isAllowed%3Dy&usq=AOvVaw1Dgsl_6LWqUrw5cemCNPkS.
22. **Padilla, Alejandro (2014)**. Article, Evaluation of fatigue durability of warm mix asphalt with addition of natural zeolite and RAP.
23. **PEÑA, Juan**. Desempeño mecánico de mezclas asfálticas en caliente incorporando cenizas volantes provenientes de la termoeléctrica de Ilo. Tesis (Maestría en Ing. Vial con Mención en Carreteras, Puentes y Túneles). Lima, Perú: Universidad Ricardo Palma, Escuela de Post Grado, 2019.
24. **PEREDA Danfer, Cubas Octavio**. Investigación de los asfaltos modificados con el uso de caucho reciclado de llantas y su comparación técnico-económico con los asfaltos convencionales. Tesis (Título Profesional de Ingeniería Civil). Trujillo, Perú: Universidad Privada Antenor Orrego, 2015.
25. **PÉREZ Silva**. Diseño de mezclas asfálticas en caliente con la adición de escoria metalúrgica. Tesis para obtener (Título Profesional de Ing. Civil). Lima-Perú: Universidad Cesar Vallejo, 2018.
26. **REYES, O. Oscar, J. Camacho, T. & León, A. (2013)** Scientific Magazine of Mechanical Characterization of mixtures Asphalt depending on the origin and gradation of the stone aggregate. Colombia. Vol. 11.
27. **REYES-Ortiz, O. J. Camacho-Tauta, J. F., & Londoño León, A. (2013)**. Caracterización Mecánica de mezclas asfálticas en función del origen y gradación del agregado pétreo. Revista Científica General José María Córdova, 11(12), 215-232.
28. **RONDÓN, H. Ruge, J. (2016)** .Effect of water on asphalt and its possible influence on moisture damage in a porous asphalt mix. Ingeniare. Rev. Chil. Ing. vol.24 no.4.
29. **RONDÓN, H., & Reyes, F. (2015)**. Pavimentos: Materiales, Construcción y Diseño. Perú: Editorial Macro. Recuperado de: <https://www.editorialmacro.com/producto?id=186>.

30. **SISTEMA de biblioteca. Huertas.** 13 de noviembre del 2015. Disponible en pdf:
https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjnwMjP_5vpAhXvYd8KHZXYAYEQFjAAegQIARAB&url=http%3A%2F%2Fwww.biblioteca.udep.edu.pe%2FBibVirUDEP%2Ftesis%2Fpdf%2F1_130_181_83_1181.pdf&usq=AOvVaw20-LP93chNNueRYFKJyk5
31. **SUAREZ, Villamil.** Análisis del comportamiento de concreto asfáltico en caliente modificados con polvo de rocas asfálticas. Tesis (Titulo de ingeniera Civil).2016.
32. **TORRES, R., Hernández, H., Romero, F., & Torres, V.** (25 de Octubre de 2016). Pruebas de desempeño de diferentes mezclas asfálticas. Disponible en:
https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj2oL2PwKPqAhXhHrkGHRTRCgkQFjAAegQIBhAB&url=http%3A%2F%2Frepositorio.unsaac.edu.pe%2Fbitstream%2Fhandle%2FUNSAAC%2F3571%2F253T20190016_TC.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&usq=AOvVaw2db1gUsA0mRBgAqqhEUVzy
33. **VICTOR Hugo Suarez López, Robinson Villamil Rojas.** Análisis del comportamiento de concretos asfálticos en caliente modificados con polvo de roca asfáltica. Proyecto de investigación, Bogotá, 2016. pg.91.
34. **VILLACORTA, F. Vargas, A. (2017)** Road Infrastructure Magazine / LanammeUCR. Best practices for design asphalt mixes with asphalt pavement recovered, vol 19. Recuperate of:
<https://www.scielo.sa.cr/pdf/infraestructura/v19n33/2215-3705-infraestructura-19-33-35.pdf>.
35. **MAGUIÑA SALAZAR, WALTHER TEÓFILO.** Investigación del caucho reciclado de llantas en mezcla de asfalto a compresión para mejorar las propiedades mecánicas. Tesis (Maestría en Ingeniería Vial). Lima, Perú: Universidad Ricardo Palma, 2019.
36. **DÁVILA, M. MAGALDI, P. (2018).** Catholic university of Colombia faculty of engineering floor engineering specialization program effect of recycled kitchen oil on physical properties and mechanical asphalt hot mixtures md-19 (60-70).
37. **PARRA BECHARA, M.C. & GALLO ORTIZ, J.C. (2018).** Evaluación del comportamiento del asfalto modificado con cenizas de cascarilla de arroz. (Tesis de pregrado en Ingeniería Civil). Universidad de Ibagué, Tolima, Colombia.

38. **Rondón Quintana Hugo, Reyes Lizcano Fredy.** evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla densa en caliente modificada con un desecho de pvc. Rev. Tecno Lógicas No. 27, ISSN 0123-7799, Diciembre de 2011, pp. 11-31.

39. Kikut Cruz Karina, Elizondo Salas. Revista Infraestructura Vial / LanammeUCR. Beneficios del uso de cal hidratada en mezclas asfálticas: Revisión del estado del arte. ISSN electrónico: 2215-3705 / Volumen 22 / Número 39 / Julio, 2020 / p.p. 12.

40. **Jurado Rivera Eddy, Palacios Ledesma Jean Pierre.** Evaluación De Las Propiedades Mecánicas De Las Carpetas Asfálticas Utilizando Tratamiento Rejuvenecedor, Aplicado Para La Vía Princesa Toa-Conocoto En La Ciudad De Quito. Tesis (Título Profesional de Ingeniería Civil). Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica, 2018.

ANEXOS

ANEXO: N° 1

ANEXO: N°1.1: Matriz de operacionalización de variables

Tabla 62 .Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA MEDICIÓN
VI: Carbón cisco	El carbón cisco es de color negro a gris acero, brillante y muy duro, su densidad varía entre 1,2 y 1,8 g/cm ³ . La trituración del carbón cisco es usado específicamente en capa de pre filtración de agua.	Para la evaluación de carbón cisco se realizó en porcentajes también se medirá con relación al volumen de las mezclas.	Proporción	(10%,15%,20% y 25%)	Cuantitativa de razón
	Busca determinar el comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente a los problemas más frecuente como la deformación permanente y la resistencia a la fatiga.	Los ensayos de los agregados se realizaron con el fin de encontrar las propiedades físicas y mecánicas.	Ensayo de los agregados grueso y fino	-Granulometría. -Peso específico y absorción del agregado grueso. -Abrasión de los ángeles. -Durabilidad al sulfato de sodio o magnesio.	Cuantitativa de razón

VD: Desempeño mecánico	(Villafana.Huaman, 2019).			<ul style="list-style-type: none"> - porcentaje de caras fracturadas. -partículas chatas y alargadas. -Sales solubles de agregado grueso y fino. -Angularidad del agregado fino. 	
	Para medir la estabilidad y flujo se realizará ensayos de laboratorio mediante el método Marshall.	Diseño Marshall mezcla asfáltica tradicional y modificada	Estabilidad y flujo	Cuantitativa de razón	
	Para medir la pérdida por desgaste se realizó los ensayos de laboratorio en la maquina los ángeles.	Resistencia a la tracción indirecta	Porcentaje de perdida por desgaste	Cuantitativa de razón	

V ANEXO: N°3.2: Indicadores de variables

Tabla 63. Indicadores de variable

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	DIMENSIÓN	INDICADORES	DESCRIPCIÓN	TÉCNICA /INSTRUMENTO	TIEMPO EMPLEADO
Incorporar las proporciones de carbón cisco en el diseño de una mezcla asfáltica en caliente.	Proporciones	(10%,15%20%y25)	Para la evaluación de carbón cisco se realizó en porcentajes también se medirá con relación al volumen de las mezclas.	Guía de observación Ensayo de laboratorio	1 a 2 horas
Realizar los ensayos de los agregados grueso y fino.	Ensayo de los agregados grueso y fino	-Granulometría. -Peso específico y absorción del agregado grueso. -Abrasión de los ángeles. -Durabilidad al sulfato de sodio o magnesio. - porcentaje de caras fracturadas. -partículas chatas y alargadas. -Sales solubles de agregado grueso y fino. -Angularidad del agregado fino.	Los ensayos de los agregados se realizaron con el fin de encontrar las propiedades físicas y mecánicas.	Guía de observación de Ensayo de laboratorio. MARSHALL	3 a 4 horas

<p>Determinar la estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica en caliente tradicional y modificada.</p>	<p>Diseño Marshall mezcla asfáltica tradicional y modificada</p>	<p>Estabilidad y flujo</p>	<p>Para medir la estabilidad y flujo se realizará ensayos de laboratorio mediante el método Marshall.</p>	<p>Guía de observación Ensayo de laboratorio MARSHALL.</p>	<p>2 a 4 horas</p>
<p>Determinar el porcentaje de pérdida por desgaste de la mezcla asfáltica en caliente convencional y la mezcla asfáltica modificada con 10%, 15%,20% y 25% de carbón cisco de acuerdo al MTC -515. .</p>	<p>Resistencia a la tracción indirecta.</p>	<p>Porcentaje perdida de desgaste</p>	<p>Es la energía necesaria para romper una probeta sometida a una carga de choque, como en un ensayo de impacto.</p>	<p>Guía de observación Ensayo de laboratorio maquina los ángeles</p>	<p>3 a 4 horas</p>

Anexo 4. Instrumentos de recolección de datos

Anexo 4.1. Granulometría

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS					
TESIS: Incorporation de carbon cisco en el desempeño mecánico de mezclas asfálticas en caliente, Trujillo –La libertad.					
AUTORES: Ascate Pinedo , Juleydi Mariela Pizan Gorbalan, Juliana Isabel					
TAMIZ AASHTO T-27	ABERTURA (mm)	MATERIAL A	MATERIAL B	MEZCLA 100.00%	ESPECIFICACION MAC - 2 MAX MIN
		60.00%	40.00%		
3/4"	19.000				
1/2"	12.500				
3/8" No 4	9.500				
No 8	4.760				
No 10	2.381				
No 16	2.000				
No 30	1.259				
No 40	0.595				
No 50	0.420				
No 80	0.296				
No 100	0.200				
Nº 200	0.149				
	0.074				


 HUBEL INGENIEROS S.A.C.
 Ing. José Cristhian Huertas Marte
 C.P. 142105

FIRMA Y SELLO DE VALIDACION

Anexo 4.2. Estabilidad y flujo

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS	
TESIS: Incorporation de carbon cisco en el desempeño mecánico de mezclas asfálticas en caliente, Trujillo –La libertad.	
AUTORES:	Ascate Pinedo , Juleydi Mariela Pizan Gorbalan, Juliana Isabel

ENSAYO MARSHALL (ASTM E-504)							
1	N° DE PROBETA	N°	1	2	3		PROM
2	C.A. en peso de la mezcla	%					
3	% de grava triturada en peso de la mezcla	%					
4	% de Arena Combinadas en peso de la mezcla	%					
5	% de Filler en peso de la mezcla	%					
6	Peso Especifico aparente del Cemento Asfáltico	g/cm ³					
7	Peso Especifico Bulk de la grava triturada	g/cm ³					
8	Peso Especifico Bulk de la arena	g/cm ³					
9	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm ³					
10	Altura Promedio de la Probeta	cm					
11	Peso de la Probeta en el aire	g					
12	Peso de la Probeta mas parafina en el aire	g					
13	Peso de la Probeta mas parafina en el agua	g					
14	Volumen de la Probeta mas parafina	cm ³					
15	Peso de la parafina						
16	Volumen de la parafina						
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento						
18	Peso Especifico Bulk de la Probeta	g/cm ³					
19	Maxima Densidad Teorica	g/cm ³					
20	% de Vacios	%					
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	g/cm ³					
22	% del Volumen del Agregado/Volumen Bruto de la	%					
23	% de vacios llenados con C.A.	%					
24	% de Vacios del Agregado Mineral	%					
25	Estabilidad sin corregir	kg					
26	Factor de Estabilidad						
27	Estabilidad corregida	kg					
28	Lectura del Fleximetro	mm					


 HUERTAS INGENIEROS S.A.S.
 Ing. José Cristhian Huertas Marte
 C.P. 148105

FIRMA Y SELLO DE VALIDACION

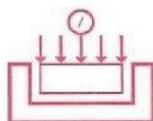
Anexo 4.3. Resistencia a la tracción indirecta

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS				
TESIS: Incorporation de carbon cisco en el desempeño mecánico de mezclas asfálticas en caliente, Trujillo –La libertad.				
AUTORES: Ascate Pinedo , Juleydi Mariela Pizan Gorbalan, Juliana Isabel				
Numero de ensayo	Peso Inicial (gr)	Peso despues del ensayo retenido en malla N° 12 (gr)	Peso que pasa T.N°12 despues del ensayo (gr)	Porcentaje de abrasion del agregado (%)
1				
2				
3				
4				
5				
LA MUESTRA PRESENTA UN DESGASTE DE ABRASION DE :				


 HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
 Ing. José Crishtian Huertas Marte
 C.P. 148105

 FIRMA Y SELLO DE VALIDACION

Anexo 4.4...Prueba granulométrica Agregado grueso



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

OBRA: INCORPORACIÓN DE CARBÓN CISCO EN EL DESEMPEÑO MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE,
TRUJILLO-LA LIBERTAD
SOLICITA: PIZAN GORBALAN JULIANA ISABEL Y ASCATE PINEDO JULEYDI MARIELA
UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD
FECHA: TRUJILLO, OCTUBRE DEL 2020

PRUEBA GRANULOMETRICA (NTP 339.128)

DATOS DE MUESTRA:

MATERIAL: AGREGADO GRUESO

SONDAJE: -

CANTERA: EL MILAGRO

MUESTRA: UNICA

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa
1 1/2"	37.900	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.400	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1/2"	12.500	283.03	14.15%	14.15%	85.85%
3/8"	9.500	450.13	22.51%	36.66%	63.34%
Nº 4	4.760	1050.03	52.50%	89.16%	10.84%
Nº 8	2.381	185.23	9.26%	98.42%	1.58%
Nº 10	2.000	5.75	0.29%	98.71%	1.29%
Nº 16	1.259	10.76	0.54%	99.25%	0.75%
Nº 30	0.595	1.88	0.09%	99.34%	0.66%
Nº 40	0.420	0.27	0.01%	99.35%	0.65%
Nº 50	0.296	0.18	0.01%	99.36%	0.64%
No 80	0.200	0.20	0.01%	99.37%	0.63%
Nº 100	0.149	0.43	0.02%	99.39%	0.61%
Nº 200	0.074	1.33	0.07%	99.46%	0.54%
PLATO	FONDO	10.78	0.54%	100.00%	0.00%
TOTAL		2000.00		T. MAX.	3/4"

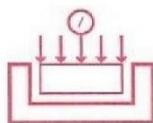
GRAVA:	89.16%	ARENA:	10.09%	FINOS:	0.75%
--------	--------	--------	--------	--------	-------



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

 Ing. José Antonio Huertas Martel
 CIP. 148105

Anexo 4.5. Prueba granulométrica Agregado Fino



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

OBRA: INCORPORACIÓN DE CARBÓN CISCO EN EL DESEMPEÑO MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, TRUJILLO-LA LIBERTAD
 SOLICITA: PIZAN GORBALAN JULIANA ISABEL Y ASCATE PINEDO JULEYDI MARIELA
 UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD
 FECHA: TRUJILLO, OCTUBRE DEL 2020

PRUEBA GRANULOMETRICA (NTP 339.128)

DATOS DE MUESTRA:

MATERIAL: AGREGADO FINO
 CANTERA: EL MILAGRO

SONDAJE: -
 MUESTRA: UNICA

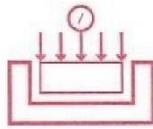
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa
3/8"	9.525	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
No 4	4.760	5.48	0.55%	0.55%	99.45%
No 8	2.381	316.42	31.64%	32.19%	67.81%
No 10	2.000	31.95	3.20%	35.39%	64.62%
No 16	1.259	123.75	12.38%	47.76%	52.24%
No 30	0.595	97.46	9.75%	57.51%	42.49%
No 40	0.420	46.41	4.64%	62.15%	37.85%
No 50	0.296	99.65	9.97%	72.11%	27.89%
No 80	0.200	105.89	10.59%	82.70%	17.30%
No 100	0.149	57.07	5.71%	88.41%	11.59%
Nº 200	0.074	21.78	2.18%	90.59%	9.41%
PLATO	FONDO	94.14	9.41%	100.00%	0.00%
TOTAL		1000.00			

GRAVA:	0.55%	ARENA:	90.04%	FINOS:	9.41%
--------	-------	--------	--------	--------	-------



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
 Ing. José Antonio Huertas Martell
 C.P. 148106

Anexo 4.6. Especificación granulométrica



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

OBRA: INCORPORACIÓN DE CARBÓN CISCO EN EL DESEMPEÑO MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, TRUJILLO-LA LIBERTAD
 SOLICITA: PIZAN GORBALAN JULIANA ISABEL Y ASCATE PINEDO JULEYDI MARIELA
 UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD
 FECHA: TRUJILLO, OCTUBRE DEL 2020

ESPECIFICACION GRANULOMETRICA

DATOS DE MUESTRA:

DISEÑO: MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

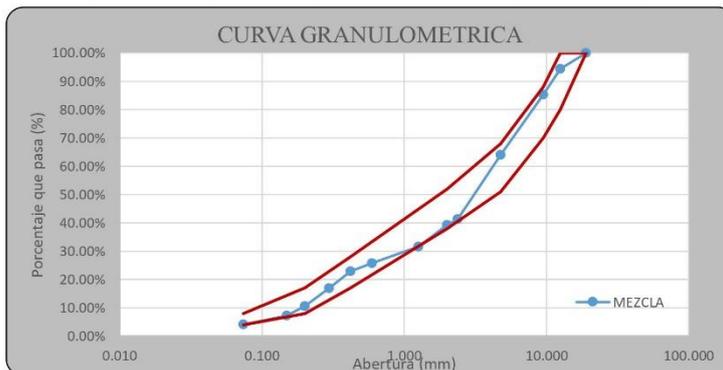
MAT (A): AGREGADO FINO

CANTERA: EL MILAGRO

MAT (B): AGREGADO GRUESO

CANTERA: EL MILAGRO

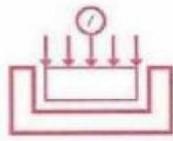
TAMIZ AASHTO T-27	ABERTURA (mm)	MATERIAL	MATERIAL	MEZCLA	ESPECIFICACION MAC - 2	
		A	B		MAX	MIN
		60.00%	40.00%	100.00%		
3/4"	19.000	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
1/2"	12.500	100.00%	85.85%	94.34%	100.00%	80.00%
3/8"	9.500	100.00%	63.34%	85.34%	88.00%	70.00%
No 4	4.760	99.45%	10.84%	64.01%	68.00%	51.00%
No 8	2.381	67.81%	1.58%	41.32%		
No 10	2.000	64.62%	1.29%	39.29%	52.00%	38.00%
No 16	1.259	52.24%	0.75%	31.65%		
No 30	0.595	42.49%	0.66%	25.76%		
No 40	0.420	37.85%	0.65%	22.97%	28.00%	17.00%
No 50	0.296	27.89%	0.64%	16.99%		
No 80	0.200	17.30%	0.63%	10.63%	17.00%	8.00%
No 100	0.149	11.59%	0.61%	7.20%		
Nº 200	0.074	9.41%	0.54%	4.11%	8.00%	4.00%



MATERIAL	%
GRAVA:	35.99%
ARENA:	59.90%
FILLER:	4.11%

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
 Ing. José Antonio Huertas Martell
 C.P. 148106

Anexo 4.7. Peso específico y absorción de agregado grueso



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: INCORPORACIÓN DE CARBÓN CISCO EN EL DESEMPEÑO MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, TRUJILLO-LA LIBERTAD

SOLICITA: PIZAN GORBALAN JULIANA ISABEL Y ASCATE PINEDO JULEYDI MARIELA

UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA: TRUJILLO, OCTUBRE DEL 2020

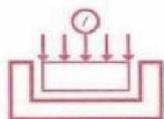
MUESTRA: c- x/ "AG" / Cantera El Milagro / (MUESTRA EXTRAIDA Y TRANSPORTADA POR LOS SOLICITANTES)

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO
MTC E 206

DESCRIPCIÓN	AGREGADO GRUESO
Peso de material saturado y superficial seca (en aire) (gr) A	1521.20
Peso material saturado y superficial seco (sumergido) (gr) B	912.50
Volumen masa + volumen de vacíos (cm ³) C=A-B	608.70
Peso de material seco a 105° C (gr) D	1511.11
Volumen de masa (cm ³) E=D-B	598.61
Peso Específico Bulk (base seca)* (gr/cm ³) D/C	1.66
Peso Específico Bulk (base saturada)* (gr/cm ³) A/C	2.49
Peso aparente (base seca)* (gr/cm ³) F/G	2.22
Absorción* (%) ((A-D)/D)*100	0.67

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
[Firma]
Ing. José Cristóbal Huertas Marte
R. P. 148106

Anexo 4.8. Peso específico y absorción de agregado fino



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: INCORPORACIÓN DE CARBÓN CISCO EN EL DESEMPEÑO MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, TRUJILLO-LA LIBERTAD

SOLICITA: PIZAN GORBALAN JULIANA ISABEL Y ASCATE PINEDO JULEYDI MARIELA

UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA: TRUJILLO, OCTUBRE DEL 2020

MUESTRA: c- x/ "AG" / Cantera El Milagro / (MUESTRA EXTRAIDA Y TRANSPORTADA POR LOS SOLICITANTES)

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO FINO
MTC E 205

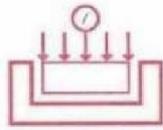
DESCRIPCIÓN	AGREGADO FINO
Peso de material saturado y superficie seca (en aire) (gr) A	500.00
Peso fiola + H ₂ O (gr) B	632.00
Peso fiola + H ₂ O + material (cm ²) C=A+B	1132.00
Peso fiola + H ₂ O + material saturado y superficie seca (gr) D	896.65
Volumen de masa + volumen de vacíos (cm ³) E=C- D	235.35
Peso de material seco a 105° C (gr/cm ³) F	498.32
Volumen de masa (gr/cm ³) G=F+B-D	224.67
Peso Bulk base seca (gr/cm ³) F/E	2.07
Peso Bulk base saturada (gr/cm ³) A/E	2.12
Peso aparente base seca (gr/cm ³) F/G	217
Absorción* (%) ((A-F)/F)*100	0.38


 HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
 Ing. José Cristóbal Huertas Martel
 P. 140197

Urb. Monserrate V Etapa Mz. C2 Lte. 4 - Trujillo R.U.C. 20477653741 Oficina ☎ 285934 ☎ 949650866 - RPM *425642

RESOLUCION N° 017504-2012 / DSD - INDECOPI

Anexo 4.9. Ensayo de durabilidad



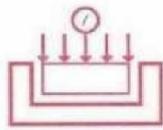
HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: INCORPORACIÓN DE CARBÓN CISCO EN EL DESEMPEÑO MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, TRUJILLO-LA LIBERTAD
SOLICITA: PIZAN GORBALAN JULIANA ISABEL Y ASCATE PINEDO JULEYDI MARIELA
UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD
FECHA: TRUJILLO, OCTUBRE DEL 2020

ENSAYO DE DURABILIDAD (norma MTC E - 209) ENSAYO REALIZADO CON SULFATO DE SODIO							
CANTERA:		EL MILAGRO					
MUESTRA:		M-1					
AGREGADO GRUESO							
TAMAÑO	Peso Requerido (gr)	Peso Inicial (gr)	PERDIDA		Escalonado Original (%)	% de Pérdidas corregidas	
			Peso (gr)	%			
1 1/2" 1"	1000.00	1008.2	984.6	2.3	22.6	0.52	
1" 3/4"	500.00	505.1	491.3	2.7	20.1	0.54	
3/4" 1/2"	670.00	672.6	651.4	3.1	26.8	0.83	
1/2" 3/8"	300.00	302.3	289.4	4.3	18.1	0.78	
3/8" N°4	300.00	304.7	275.6	9.5	12.4	1.18	
TOTALES		2792.9			100	3.9	

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
Ing. José Cristóbal Huertas Martí
C.P. 14010

Anexo 4.10. Ensayo de abrasión



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA AL DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES (NORMA ASTM C535)

TESIS: INCORPORACIÓN DE CARBÓN CISCO EN EL DESEMPEÑO MECÁNICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE, TRUJILLO-LA LIBERTAD
SOLICITA: PIZAN GORBALAN JULIANA ISABEL Y ASCATE PINEDO JULEYDI MARIELA
UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD
FECHA: TRUJILLO, OCTUBRE DEL 2020

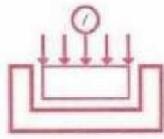
CANTERA:	EL MILAGRO
CLASE DE MATERIAL:	GRAVA UNIFORME

ENSAYO DE ABRASION Graduacion Maquina: 500 Revoluciones

Mallas que Pasa - Retiene	Peso Inicial (gr)	Peso despues del ensayo Retenido en Malla N° 12 (gr)	Peso que pasa T.N° 12 Despues del Ensayo (gr)	Porcentaje de Abrasion del Agregado (%)
Global	5000	4324	676	13.50
LA MUESTRA PRESENTA UN DESGASTE DE ABRASION DE :				13.50%

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
R.U.C. 20477653741
Ing. José Cristóbal Huertas Martel
P.O. 148105

Anexo 4.11. Porcentaje de caras fracturadas



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS MTC E- 210-2000

TESIS: INCORPORACIÓN DE CARBÓN CISCO EN EL DESEMPEÑO MECÁNICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE, TRUJILLO-LA LIBERTAD

SOLICITA: PIZAN GORBALAN JULIANA ISABEL Y ASCATE PINEDO JULEYDI MARIELA

UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA: TRUJILLO, OCTUBRE DEL 2020

CANTERA: EL MILAGRO

a. Con una Cara fracturada

Tamiz (pulg)	Abertura (mm)	A (g)	B (g)	C (B/A)*100	D (%)	E C X D
1 1/2"	37.5					
1"	25.0	380.00	260.00	68.42%	17.20%	11.77%
3/4"	19.0	405.20	370.00	91.31%	21.30%	19.45%
1/2"	12.5	630.00	540.00	85.71%	30.50%	26.14%
3/8"	9.5	530.00	450.00	84.91%	31.00%	26.32%
TOTAL		1945.20			100.00%	83.68%

Porcentaje con una Cara Fracturada = **83.68%**

b. con dos Caras fracturadas

Tamiz (pulg)	Abertura (mm)	A (g)	B (g)	C (B/A)*100	D (%)	E C X D
1 1/2"	37.5					
1"	25.0	380.00	189.50	49.87%	17.20%	8.57%
3/4"	19.0	405.20	210.30	51.90%	21.30%	11.05%
1/2"	12.5	630.00	350.00	55.56%	30.50%	16.95%
3/8"	9.5	530.00	280.00	52.83%	31.00%	16.38%
TOTAL		1945.20			100.00%	52.95%

Porcentaje con dos Caras Fracturadas = **52.95%**

Donde

A= Peso muestra

B= Peso material con Caras fracturadas

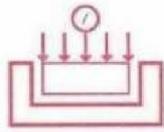
C= Porcentaje de Cara fracturada

D= Porcentaje retenido gradacion original

E= Promedio de caras fracturadas.

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
Ingeniero José Cristóbal Huertas Martel
C.P. 148170

Anexo 4.12. Ensayo de durabilidad al sulfato de sodio



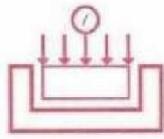
HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: INCORPORACIÓN DE CARBÓN CISCO EN EL DESEMPEÑO MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, TRUJILLO-LA LIBERTAD
SOLICITA: PIZAN GORBALAN JULIANA ISABEL Y ASCATE PINEDO JULEYDI MARIELA
UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD
FECHA: TRUJILLO, OCTUBRE DEL 2020

ENSAYO DE DURABILIDAD (norma MTC E – 209) ENSAYO REALIZADO CON SULFATO DE SODIO							
CANTERA:		EL MILAGRO					
MUESTRA:		M-1					
AGREGADO FINO							
TAMAÑO	Peso Requerido (gr)	Peso Inicial (gr)	PERDIDA		Escalonado Original (%)	% de Pérdidas corregidas	
			Peso (gr)	%			
3/8" N°4	100.00	100.0	91.2	8.8	17.8	1.6	
N°4 N°8	100.00	100.0	96.3	3.7	38.9	1.4	
N°8 N°16	100.00	100.0	92.3	7.7	19.4	1.5	
N°16 N°30	100.00	100.0	95.4	4.6	17.5	0.8	
N°30 N°60	100.00	100.0	94.8	5.2	6.4	0.3	
TOTALES		500.0	470.0		100.0	5.6	

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
[Firma]
Ing. José Cristóbal Huertas Alarcón
R.U.C. 20477653741

Anexo 4.13. Contenido de sales solubles



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: INCORPORACIÓN DE CARBÓN CISCO EN EL DESEMPEÑO MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, TRUJILLO-LA LIBERTAD
SOLICITA: PIZAN GORBALAN JULIANA ISABEL Y ASCATE PINEDO JULEYDI MARIELA
UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD
FECHA: TRUJILLO, OCTUBRE DEL 2020
CANTERA: EL MILAGRO. AGREGADO GRUESO

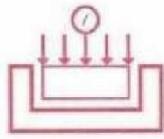
CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES

TIPO: PROFUNDIDAD(mts) PESO FIOLA (g) PESO FIOLA + PESO AGUA DESTILADA + SALES (g) PESO FIOLA + SALES (g)	SP - 155.90 321.12 155.98
CONTENIDO DE SALES SOLUBLES (%):	0.08
CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES(ppm):	800

Exposicion a Sulfatos	Sulfato soluble en agua presente en el suelo (% en peso)	Sulfato en el agua (ppm)	Tipo de Cemento
Insignificante	0.0 0.10	0 - 150	I
Moderado	0.10 – 0.20	150 – 1,500	II, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM)(MS), I(SM)(MS)
Severa	0.20 – 2.00	1,500 – 10,000	V
Muy Severa	Mas de 2.00	Mas de 10,000	Tipo V mas puzzolana

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
Ing. Jose Cristóbal Huertas Marín
C.P. 148106

Anexo 4.14. Partículas chatas y alargadas



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS ASTM D 4791

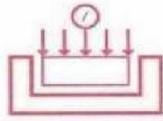
TESIS: INCORPORACIÓN DE CARBÓN CISCO EN EL DESEMPEÑO MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, TRUJILLO-LA LIBERTAD
SOLICITA: PIZAN GORBALAN JULIANA ISABEL Y ASCATE PINEDO JULEYDI MARIELA
UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD
FECHA: TRUJILLO, OCTUBRE DEL 2020
CANTERA: EL MILAGRO.

RESULTADOS:

TAMIZ (Pulg.)	ABERTURA (mm)	AGREGADO GRUESO			CHATAS Y ALARGADAS		
		PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) CORREGIDO
2"	50.0						
1 1/2"	37.5			100.0			
1"	25.0	380.00	17.20	93.52	30.0	7.9	1.4
3/4"	19.0	405.20	21.30	66.15	32.1	7.9	1.7
1/2"	12.5	630.00	30.50	53.35	98.5	15.6	4.8
3/8"	9.5	530.00	31.00	35.05	79.0	14.9	4.6
TOTAL							12.5
PESO TOTAL DE LA MUESTRA (Grs.)					1945.20		
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)					12.5		

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
[Firma]
Ing. José Cristóbal Huertas Márquez
R.P. 148107

Anexo 4.15. Contenido de sales solubles agregado fino



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: INCORPORACIÓN DE CARBÓN CISCO EN EL DESEMPEÑO MECÁNICO DE MEZCLAS

ASFALTICAS EN CALIENTE, TRUJILLO-LA LIBERTAD

SOLICITA: PIZAN GORBALAN JULIANA ISABEL Y ASCATE PINEDO JULEYDI MARIELA

UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA: TRUJILLO, OCTUBRE DEL 2020

CANTERA: EL MILAGRO. AGREGADO FINO

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES

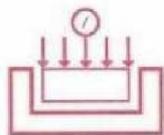
TIPO:	SP
PROFUNDIDAD(mts)	-
PESO FIOLA (g)	195.22
PESO FIOLA + PESO AGUA DESTILADA + SALES (g)	260.12
PESO FIOLA + SALES (g)	195.10
CONTENIDO DE SALES SOLUBLES (%):	0.12
CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES(ppm):	1200

Exposicion a Sulfatos	Sulfato soluble en agua presente en el suelo (% en peso)	Sulfato en el agua (ppm)	Tipo de Cemento
Insignificante	1.0 0.10	0 - 150	I
Moderado	0.10 – 0.20	150 – 1,500	II, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM)(MS), I(SM)(MS)
Severa	0.20 – 2.00	1,500 – 10,000	V
Muy Severa	Mas de 2.00	Mas de 10,000	Tipo V mas puzzolana

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

 Ing. José Cristóbal Huertas Martín
 C.P. 14810

Anexo 4.16. Equivalente de Arena



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA (NTP 339.146)

TESIS: INCORPORACIÓN DE CARBÓN CISCO EN EL DESEMPEÑO MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, TRUJILLO-LA LIBERTAD

SOLICITA: PIZAN GORBALAN JULIANA ISABEL Y ASCATE PINEDO JULEYDI MARIELA

UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA: TRUJILLO, OCTUBRE DEL 2020

CANTERA: EL MILAGRO.

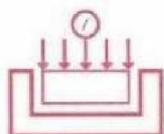
ENSAYO	M - 1	M - 2
LECTURA DEL NIVEL DE MUESTRA + AGUA	320	320
LECTURA DEL NIVEL DE ARENA	100.35	100.10
SE (%)	70.20%	70.12%

CALCULO DEL EQUIVALENTE DE ARENA:

PROMEDIO	70.16%
----------	--------

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
[Firma]
Ing. José Christian Huertas Martí
N.º 148107

Anexo 4.17. Angularidad del agregado fino



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO MTC E 222

TESIS: INCORPORACIÓN DE CARBÓN CISCO EN EL DESEMPEÑO MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, TRUJILLO-LA LIBERTAD
SOLICITA: PIZAN GORBALAN JULIANA ISABEL Y ASCATE PINEDO JULEYDI MARIELA
UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD
FECHA: TRUJILLO, OCTUBRE DEL 2020
CANTERA: EL MILAGRO.

TAMAÑO DE MALLAS				Peso Especifico	Contenido
PASA	RETENIDO	Volumen(cm3)	Peso (gr)	Bruto (gr/cm3)	Vacios
# 8	# 200	102.3	142.01	2.63	47.22
# 8	# 200	102.3	142.93	2.63	46.87
# 8	# 200	102.3	142.45	2.63	47.05
				Promedio	47.04
				Especificacion	40 min

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
Ingeniero
Ing. José Cristóbal Huertas Mariel
C.P. 148105

Anexo 4.18. Ensayo Marshall con 5% de cemento asfáltico



TESIS: INCORPORACIÓN DE CARBÓN CISCO EN EL DESEMPEÑO MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, TRUJILLO-LA LIBERTAD
 SOLICITA: PIZAN GORBALAN JULIANA ISABEL Y ASCATE PINEDO JULEYDI MARIELA
 UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD
 FECHA: TRUJILLO, NOVIEMBRE DEL 2020

ENSAYO MARSHALL (ASTM E-504)

DISEÑO: PAVIMENTO ASFÁLTICO EN CALIENTE

Nº DE PROBETA	Nº	1	2	3	PROM
C.A. en peso de la mezcla	%	5	5	5	
% de grava triturada en peso de la mezcla	%	59.22	57.65	60.11	
% de Arena Combinadas en peso de la mezcla	%	40.78	42.35	39.89	
% de Filler en peso de la mezcla	%	0	0	0	
Peso Especifico aparente del Cemento Asfáltico	g/cm ³	1.0107	1.0107	1.0107	
Peso Especifico Bulk de la grava triturada	g/cm ³	2.65	2.65	2.65	
Peso Especifico Bulk de la arena	g/cm ³	2.62	2.62	2.62	
Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm ³	0	0	0	
Altura Promedio de la Probeta	cm	6.70	6.70	6.70	
Peso de la Probeta en el aire	g	1233.55	1235.20	1232.50	
Peso de la Probeta mas parafina en el aire	g	1235.40	1238.50	1236.20	
Peso de la Probeta mas parafina en el agua	g	685.50	680.56	682.50	
Volumen de la Probeta mas parafina	cm ³	549.90	557.94	553.70	
Peso de la parafina		1.85	3.30	3.70	
Volumen de la parafina		2.13	3.79	4.25	
Volumen de la briqueta por desplazamiento		547.77	554.15	549.45	
Peso Especifico Bulk de la Probeta	g/cm ³	2.252	2.229	2.243	2.241
Maxima Densidad Teorica	g/cm ³		2.45		
% de Vacios	%	6.80	6.85	6.81	6.82
Peso Especifico Bulk del Agregado Total	g/cm ³		2.63		
% del Volumen del Agregado/Volumen Bruto de la Probeta	%	77.5	77	76	76.83
% de vacios llenados con C.A.	%	72.8	73	72.5	72.77
% de Vacios del Agregado Mineral	%	27.2	27	27.5	27.23
Estabilidad sin corregir	kg	1850	1820	1800	
Factor de Estabilidad		0.923	0.923	0.923	
Estabilidad corregida	kg	1707.6	1679.9	1661.4	1682.9
Lectura del Fleximetro	mm	2.73	2.76	2.75	2.75

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
 Ing. José Cristóbal Huertas Martel
 C.P. 148106

Anexo 4.19. Ensayo Marshall con 5.5% de cemento asfáltico



TESIS: INCORPORACIÓN DE CARBÓN CISCO EN EL DESEMPEÑO MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, TRUJILLO-LA LIBERTAD
 SOLICITA: PIZAN GORBALAN JULIANA ISABEL Y ASCATE PINEDO JULEYDI MARIELA
 UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD
 FECHA: TRUJILLO, NOVIEMBRE DEL 2020

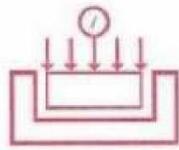
ENSAYO MARSHALL (ASTM E-504)

DISEÑO: PAVIMENTO ASFÁLTICO EN CALIENTE

Nº	DE PROBETA	Nº	1	2	3	PROM
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla	%	58.66	59.47	60.14	
4	% de Arena Combinadas en peso de la mezcla	%	41.34	40.53	39.86	
5	% de Filler en peso de la mezcla	%	0	0	0	
6	Peso Especifico aparente del Cemento Asfáltico	g/cm ³	1.0107	1.0107	1.0107	
7	Peso Especifico Bulk de la grava triturada	g/cm ³	2.65	2.65	2.65	
8	Peso Especifico Bulk de la arena	g/cm ³	2.62	2.62	2.62	
9	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm ³	0	0	0	
10	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.70	6.70	6.70	
11	Peso de la Probeta en el aire	g	1246.55	1245.85	1244.65	
12	Peso de la Probeta mas parafina en el aire	g	1250.20	1247.55	1248.50	
13	Peso de la Probeta mas parafina en el agua	g	692.11	690.55	692.50	
14	Volumen de la Probeta mas parafina	cm ³	558.09	557.00	556.00	
15	Peso de la parafina		3.65	1.70	3.85	
16	Volumen de la parafina		4.20	1.95	4.43	
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento		553.89	555.05	551.57	
18	Peso Especifico Bulk de la Probeta	g/cm ³	2.251	2.245	2.257	2.251
19	Maxima Densidad Teorica	g/cm ³		2.45		
20	% de Vacios	%	5.25	5.20	5.22	5.22
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	g/cm ³		2.63		
22	% del Volumen del Agregado/Volumen Bruto de la Probeta	%	83.1	82.5	82.8	82.80
23	% de vacios llenados con C.A.	%	70.9	70.5	71.5	70.97
24	% de Vacios del Agregado Mineral	%	29.1	29.5	28.5	29.03
25	Estabilidad sin corregir	kg	1855	1845	1850	
26	Factor de Estabilidad		0.923	0.923	0.923	
27	Estabilidad corregida	kg	1712.2	1702.9	1707.6	1707.6
28	Lectura del Fleximetro	mm	3.12	3.12	3.13	3.12

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
 Ing. José Cristóbal Huertas Martí
 C.P. 14810

Anexo 4.20. Ensayo Marshall con 6.0% de cemento asfáltico



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: INCORPORACIÓN DE CARBÓN CISCO EN EL DESEMPEÑO MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, TRUJILLO-LA LIBERTAD

SOLICITA: PIZAN GORBALAN JULIANA ISABEL Y ASCATE PINEDO JULEYDI MARIELA

UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA: TRUJILLO, NOVIEMBRE DEL 2020

ENSAYO MARSHALL (ASTM E-504)

DISEÑO: PAVIMENTO ASFÁLTICO EN CALIENTE

1	Nº DE PROBETA	Nº	1	2	3	PROM
2	C.A. en peso de la mezcla	%	6	6	6	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla	%	59.95	60	57.5	
4	% de Arena Combinadas en peso de la mezcla	%	40.05	40	42.50	
5	% de Filler en peso de la mezcla	%	0	0	0	
6	Peso Especifico aparente del Cemento Asfáltico	g/cm ³	1.0107	1.0107	1.0107	
7	Peso Especifico Bulk de la grava triturada	g/cm ³	2.65	2.65	2.65	
8	Peso Especifico Bulk de la arena	g/cm ³	2.62	2.62	2.62	
9	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm ³	0	0	0	
10	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.70	6.70	6.70	
11	Peso de la Probeta en el aire	g	1255.25	1260.50	1254.60	
12	Peso de la Probeta mas parafina en el aire	g	1259.55	1262.50	1258.30	
13	Peso de la Probeta mas parafina en el agua	g	710.10	709.88	710.00	
14	Volumen de la Probeta mas parafina	cm ³	562.20	558.80	555.99	
15	Peso de la parafina		4.30	2.00	3.70	
16	Volumen de la parafina		4.94	2.30	4.25	
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento		557.26	556.50	551.74	
18	Peso Especifico Bulk de la Probeta	g/cm ³	2.253	2.265	2.274	2.264
19	Maxima Densidad Teorica	g/cm ³	2.45			
20	% de Vacios	%	4.05	4.05	4.04	4.05
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	g/cm ³	2.63			
22	% del Volumen del Agregado/Volumen Bruto de la Probeta	%	50.35	52.4	53	51.92
23	% de vacios llenados con C.A.	%	49.65	47.6	47	48.08
24	% de Vacios del Agregado Mineral	%	17.8	17.9	18	17.90
25	Estabilidad sin corregir	kg	1860	1850	1840	
26	Factor de Estabilidad		0.923	0.923	0.923	
27	Estabilidad corregida	kg	1716.8	1707.6	1698.3	1707.6
28	Lectura del Fleximetro	mm	3.75	3.72	3.76	3.74

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

 Ing. José Cristóbal Huertas Huertas
 C. P. 148102

Anexo 4.21. Ensayo Marshall con 6.5% de cemento asfáltico



TESIS: INCORPORACIÓN DE CARBÓN CISCO EN EL DESEMPEÑO MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, TRUJILLO-LA LIBERTAD

SOLICITA: PIZAN GORBALAN JULIANA ISABEL Y ASCATE PINEDO JULEYDI MARIELA

UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA: TRUJILLO, NOVIEMBRE DEL 2020

ENSAYO MARSHALL (ASTM E-504)

DISEÑO: PAVIMENTO ASFÁLTICO EN CALIENTE

1	Nº DE PROBETA	Nº	1	2	3	PROM
2	C.A. en peso de la mezcla	%	6.5	6.5	6.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla	%	61.1	58.88	59	
4	% de Arena Combinadas en peso de la mezcla	%	38.9	41.12	41.00	
5	% de Filler en peso de la mezcla	%	0	0	0	
6	Peso Especifico aparente del Cemento Asfáltico	g/cm ³	1.0107	1.0107	1.0107	
7	Peso Especifico Bulk de la grava triturada	g/cm ³	2.65	2.65	2.65	
8	Peso Especifico Bulk de la arena	g/cm ³	2.62	2.62	2.62	
9	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm ³	0	0	0	
10	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.70	6.70	6.70	
11	Peso de la Probeta en el aire	g	1250.50	1245.50	1248.50	
12	Peso de la Probeta mas parafina en el aire	g	1255.21	1250.20	1252.20	
13	Peso de la Probeta mas parafina en el agua	g	696.50	697.50	698.50	
14	Volumen de la Probeta mas parafina	cm ³	558.71	552.70	553.70	
15	Peso de la parafina		4.71	4.70	3.70	
16	Volumen de la parafina		5.41	5.40	4.25	
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento		553.30	547.30	549.45	
18	Peso Especifico Bulk de la Probeta	g/cm ³	2.260	2.276	2.272	2.269
19	Maxima Densidad Teorica	g/cm ³		2.45		
20	% de Vacios	%	0.23	0.22	0.22	0.22
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	g/cm ³		2.63		
22	% del Volumen del Agregado/Volumen Bruto de la Probeta	%	75.4	75	75.4	75.27
23	% de vacios llenados con C.A.	%	24.6	25	24.6	24.73
24	% de Vacios del Agregado Mineral	%	17.3	17.2	17	17.17
25	Estabilidad sin corregir	kg	1820	1850	1840	
26	Factor de Estabilidad		0.923	0.923	0.923	
27	Estabilidad corregida	kg	1679.9	1707.6	1698.3	1695.2
28	Lectura del Fleximetro	mm	4.30	4.32	4.35	4.32

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

 Ing. José Cristóbal Huertas Marín
 C. P. 148106

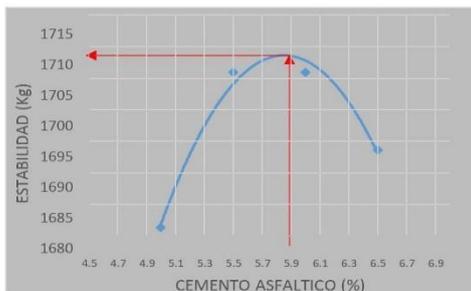
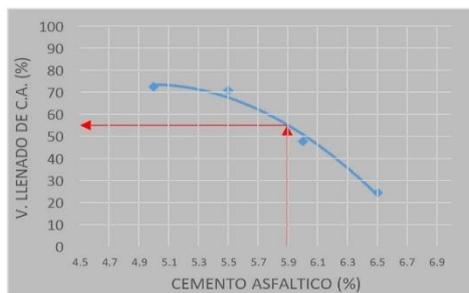
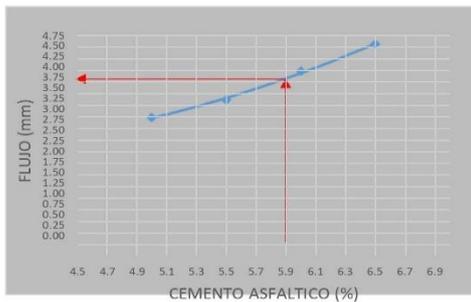
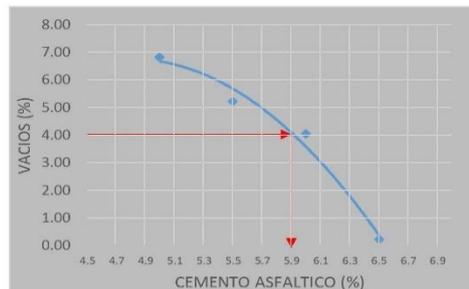
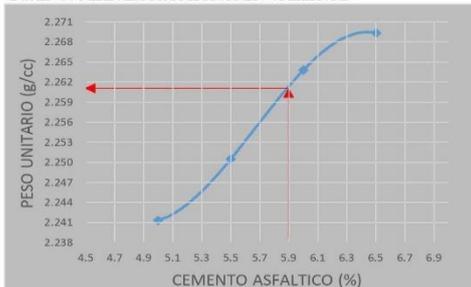
Anexo 4.22. Gráficas de ensayo Marshall convencional



OBRA: INCORPORACIÓN DE CARBÓN CISCO EN EL DESEMPEÑO MECÁNICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE, TRUJILLO-LA LIBERTAD
 SOLICITA: PIZAN GORBALAN JULIANA ISABEL Y ASCATE PINEDO JULEYDI MARIELA
 UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD
 FECHA: TRUJILLO, NOVIEMBRE DEL 2020

ENSAYO MARSHALL (ASTM E-504)

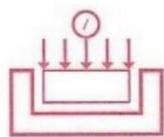
DISEÑO: MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE



RESULTADOS		
OPTIMO DE ASFALTO		5.9
PESO UNITARIO (g/cc)		2.261
VACIOS (%)	3 - 5	4
ESTABILIDAD (Kg)	815 MIN	1710
VFA (%)		55
FLUJO (mm)	2 - 4	3.6

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
 Ing. José Cristóbal Huertas Marín
 11/11/2020

Anexo 4.23. Ensayo Marshall modificado con 10% de carbón cisco



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: INCORPORACIÓN DE CARBÓN CISCO EN EL DESEMPEÑO MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, TRUJILLO-LA LIBERTAD

SOLICITA: PIZAN GORBALAN JULIANA ISABEL Y ASCATE PINEDO JULEYDI MARIELA

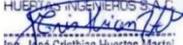
UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA: TRUJILLO, 27 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ENSAYO MARSHALL (ASTM E-504)

DISEÑO: PAVIMENTO ASFÁLTICO EN CALIENTE MODIFICADO CON 10% DE CARBÓN CISCO

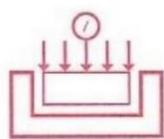
1	Nº DE PROBETA	Nº	1	2	3	PROM
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.75	5.75	5.75	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla	%	32.6	33.92	33.92	
4	% de Carbon Cisco en Peso de la Muestra	%	4.71	4.71	4.71	
4	% de Arena Combinadas en peso de la mezcla	%	53.07	51.75	51.75	
5	% de Filler en peso de la mezcla	%	3.87	3.87	3.87	
6	Peso Especifico aparente del Cemento Asfáltico	g/cm ³	1.0107	1.0107	1.0107	
7	Peso Especifico Bulk de la grava triturada	g/cm ³	2.6	2.6	2.6	
8	Peso Especifico Bulk de la arena	g/cm ³	2.7	2.7	2.7	
9	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm ³	2.05	2.05	2.05	
10	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.5	6.5	6.5	
11	Peso de la Probeta en el aire	g	1235.55	1237.2	1234.5	
12	Peso de la Probeta mas parafina en el aire	g	1237.4	1240.5	1238.2	
13	Peso de la Probeta mas parafina en el agua	g	687.5	682.56	684.5	
14	Volumen de la Probeta mas parafina	cm ³	551.9	559.94	555.7	
15	Peso de la parafina		1.8	3.35	3.75	
16	Volumen de la parafina		2.17	3.85	4.35	
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento		549.77	556.15	551.45	
18	Peso Especifico Bulk de la Probeta	g/cm ³	2.23	2.2	2.24	2.22
19	Maxima Densidad Teorica	g/cm ³		2.50		
20	% de Vacios	%	3.85	3.88	3.84	3.86
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	g/cm ³	2.66	2.66	2.66	
22	% del Volumen del Agregado/Volumen Bruto de la Probeta	%	78.40	78.10	77.40	77.97
23	% de vacios llenados con C.A.	%	73.79	73.81	73.81	73.80
24	% de Vacios del Agregado Mineral	%	27.70	27.40	27.10	27.40
25	Estabilidad sin corregir	kg	1860	1835	1815	
26	Factor de Estabilidad		0.9330	0.9330	0.9330	
27	Estabilidad corregida	kg	1735.45	1712.13	1693.47	1713.68
28	Lectura del Fleximetro (flujo)	mm	2.76	2.79	2.744	2.76

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

 Ing. José Cristhian Huertas Marte
 C.P. 148105

Urb. Monserrate V Etapa Mz. C2 Lte. 4 - Trujillo R.U.C. 20477653741 Oficina ☎ 285934 ☎ 949650866 - RPM *425642

RESOLUCION N° 017504-2012 / DSD - INDECOPI

Anexo 4.24. Ensayo Marshall modificado con 15% de carbón cisco



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: INCORPORACIÓN DE CARBÓN CISCO EN EL DESEMPEÑO MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, TRUJILLO-LA LIBERTAD

SOLICITA: PIZAN GORBALAN JULIANA ISABEL Y ASCATE PINEDO JULEYDI MARIELA

UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA: TRUJILLO, 27 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ENSAYO MARSHALL (ASTM E-504)

DISEÑO: PAVIMENTO ASFÁLTICO EN CALIENTE MODIFICADO CON 15% DE CARBÓN CISCO

N°	N° DE PROBETA	N°	1	2	3	PROM
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.8	5.8	5.8	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla	%	33.90	33.90	33.90	
4	% de Carbon Cisco en Peso de la Muestra	%	7.06	7.06	7.06	
4	% de Arena Combinadas en peso de la mezcla	%	49.37	49.37	49.37	
5	% de Filler en peso de la mezcla	%	3.87	3.87	3.87	
6	Peso Especifico aparente del Cemento Asfáltico	g/cm ³	1.0107	1.0107	1.0107	
7	Peso Especifico Bulk de la grava triturada	g/cm ³	2.62	2.62	2.62	
8	Peso Especifico Bulk de la arena	g/cm ³	2.72	2.72	2.72	
9	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm ³	2.09	2.09	2.09	
10	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.51	6.51	6.51	
11	Peso de la Probeta en el aire	g	1235.65	1237.3	1234.6	
12	Peso de la Probeta mas parafina en el aire	g	1237.5	1240.5	1238.2	
13	Peso de la Probeta mas parafina en el agua	g	687.5	682.66	684.6	
14	Volumen de la Probeta mas parafina	cm ³	552	560.04	555.8	
15	Peso de la parafina		1.8	3.35	3.75	
16	Volumen de la parafina		2.17	3.85	4.35	
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento		549.87	556.25	551.55	
18	Peso Especifico Bulk de la Probeta	g/cm ³	2.265	2.245	2.26	2.26
19	Maxima Densidad Teorica	g/cm ³	2.52			
20	% de Vacios	%	3.85	3.87	3.82	3.85
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	g/cm ³	2.68	2.68	2.68	
22	% del Volumen del Agregado/Volumen Bruto de la Probeta	%	78.43	78.15	77.45	78.01
23	% de vacios llenados con C.A.	%	68.30	68.72	67.35	68.12
24	% de Vacios del Agregado Mineral	%	27.72	27.42	27.12	27.42
25	Estabilidad sin corregir	kg	1860	1835	1815	
26	Factor de Estabilidad		0.9347	0.9347	0.9347	
27	Estabilidad corregida	kg	1738.62	1715.25	1696.55	1716.81
28	Lectura del Fleximetro (flujo)	mm	2.785	2.795	2.755	2.78

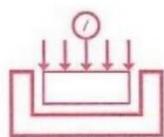
HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

 Ing. José Christian Huertas Marti
 C.P. 142105

Urb. Monserrate V Etapa Mz. C2 Lte. 4 - Trujillo R.U.C. 20477653741 Oficina ☎ 285934 ☎ 949650866 - RPM *425642

RESOLUCION N° 017504-2012 / DSD - INDECOPI

Anexo 4.25. Ensayo Marshall modificado con 20% de carbón cisco



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: INCORPORACIÓN DE CARBÓN CISCO EN EL DESEMPEÑO MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, TRUJILLO-LA LIBERTAD

SOLICITA: PIZAN GORBALAN JULIANA ISABEL Y ASCATE PINEDO JULEYDI MARIELA

UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA: TRUJILLO, 27 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ENSAYO MARSHALL (ASTM E-504)

DISEÑO: PAVIMENTO ASFÁLTICO EN CALIENTE MODIFICADO CON 20% DE CARBÓN CISCO

N°	DE PROBETA	N°	1	2	3	PROM
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.83	5.83	5.83	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla	%	33.89	33.89	33.89	
4	% de Carbon Cisco en Peso de la Muestra	%	9.43	9.43	9.43	
4	% de Arena Combinadas en peso de la mezcla	%	46.98	46.98	46.98	
5	% de Filler en peso de la mezcla	%	3.87	3.87	3.87	
6	Peso Especifico aparente del Cemento Asfáltico	g/cm ³	1.0107	1.0107	1.0107	
7	Peso Especifico Bulk de la grava triturada	g/cm ³	2.65	2.65	2.65	
8	Peso Especifico Bulk de la arena	g/cm ³	2.75	2.75	2.75	
9	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm ³	2.15	2.15	2.15	
10	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.55	6.55	6.55	
11	Peso de la Probeta en el aire	g	1235.35	1237.00	1234.30	
12	Peso de la Probeta mas parafina en el aire	g	1237.2	1240.3	1238	
13	Peso de la Probeta mas parafina en el agua	g	687.3	682.36	684.3	
14	Volumen de la Probeta mas parafina	cm ³	551.7	559.74	555.5	
15	Peso de la parafina		1.82	3.37	3.77	
16	Volumen de la parafina		2.19	3.87	4.37	
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento		549.57	555.95	551.25	
18	Peso Especifico Bulk de la Probeta	g/cm ³	2.275	2.275	2.26	2.27
19	Maxima Densidad Teorica	g/cm ³		2.53		
20	% de Vacios	%	3.84	3.87	3.8	3.84
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	g/cm ³	2.68	2.68	2.68	
22	% del Volumen del Agregado/Volumen Bruto de la Probeta	%	78.42	78.12	77.42	77.99
23	% de vacios llenados con C.A.	%	48.26	48.83	47.21	48.10
24	% de Vacios del Agregado Mineral	%	27.65	27.45	27.12	27.41
25	Estabilidad sin corregir	kg	1850	1852	1830	
26	Factor de Estabilidad		0.9289	0.9289	0.9289	
27	Estabilidad corregida	kg	1718.54	1720.40	1699.96	1712.97
28	Lectura del Fleximetro (flujo)	mm	2.796	2.799	2.778	2.79

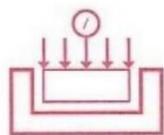
HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

 Ing. José Cristhian Huertas Martel
 C.P. 148105

Urb. Monserrate V Etapa Mz. C2 Lte. 4 - Trujillo R.U.C. 20477653741 Oficina ☎ 285934 ☎ 949650866 - RPM *425642

RESOLUCION N° 017504-2012 / DSD - INDECOPI

Anexo 4.26. Ensayo Marshall modificado con 25% de carbón cisco



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: INCORPORACIÓN DE CARBÓN CISCO EN EL DESEMPEÑO MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, TRUJILLO-LA LIBERTAD

SOLICITA: PIZAN GORBALAN JULIANA ISABEL Y ASCATE PINEDO JULEYDI MARIELA

UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA: TRUJILLO, 27 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ENSAYO MARSHALL (ASTM E-504)

DISEÑO: PAVIMENTO ASFÁLTICO EN CALIENTE MODIFICADO CON 25% DE CARBÓN CISCO

1	N° DE PROBETA	N°	1	2	3		PROM
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.95	5.95	5.95		
3	% de grava triturada en peso de la mezcla	%	31.20	31.20	31.20		
4	% de Carbon Cisco en Peso de la Muestra	%	11.78	11.78	11.78		
4	% de Arena Combinadas en peso de la mezcla	%	47.20	47.20	47.20		
5	% de Filler en peso de la mezcla	%	3.87	3.87	3.87		
6	Peso Especifico aparente del Cemento Asfáltico	g/cm ³	1.0107	1.0107	1.0107		
7	Peso Especifico Bulk de la grava triturada	g/cm ³	2.66	2.66	2.66		
8	Peso Especifico Bulk de la arena	g/cm ³	2.76	2.76	2.76		
9	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm ³	2.13	2.13	2.13		
10	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.54	6.54	6.54		
11	Peso de la Probeta en el aire	g	1234.55	1236.2	1233.5		
12	Peso de la Probeta mas parafina en el aire	g	1236.4	1239.5	1237.2		
13	Peso de la Probeta mas parafina en el agua	g	686.5	681.56	683.5		
14	Volumen de la Probeta mas parafina	cm ³	550.9	558.94	554.7		
15	Peso de la parafina		1.84	3.45	3.85		
16	Volumen de la parafina		2.25	3.95	4.45		
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento		549.97	556.35	551.65		
18	Peso Especifico Bulk de la Probeta	g/cm ³	2.272	2.275	2.285		2.28
19	Maxima Densidad Teorica	g/cm ³		2.57			
20	% de Vacios	%	3.81	3.82	3.84		3.82
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	g/cm ³	2.79	2.79	2.79		
22	% del Volumen del Agregado/Volumen Bruto de la Probeta	%	79.42	79.12	78.43		78.99
23	% de vacios llenados con C.A.	%	28.70	27.80	28.76		28.42
24	% de Vacios del Agregado Mineral	%	27.90	27.95	27.56		27.80
25	Estabilidad sin corregir	kg	1830	1840	1860		
26	Factor de Estabilidad		0.9270	0.9270	0.9270		
27	Estabilidad corregida	kg	1696.41	1705.68	1724.22		1708.77
28	Lectura del Fleximetro (flujo)	mm	2.791	2.817	2.798		2.80

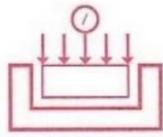
HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

 Ing. José Cristhian Huertas Marte
 C.P. 148105

Urb. Monserrate V Etapa Mz. C2 Lte. 4 - Trujillo R.U.C. 20477653741 Oficina ☎ 285934 ☎ 949650866 - RPM *425642

RESOLUCION N° 017504-2012 / DSD - INDECOPI

Anexo 4.27. Gráficos de ensayo Marshall modificado



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

OBRA: INCORPORACIÓN DE CARBÓN CISCO EN EL DESEMPEÑO MECÁNICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE, TRUJILLO-LA LIBERTAD

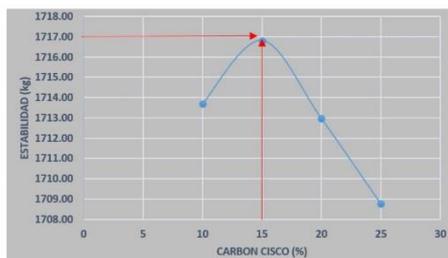
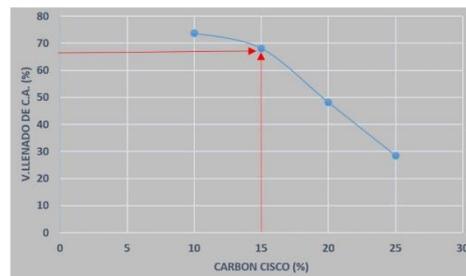
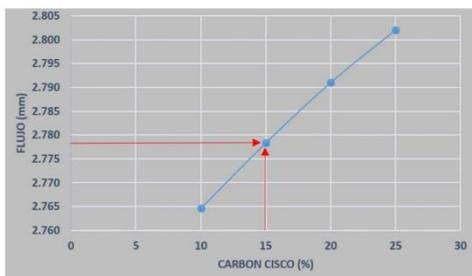
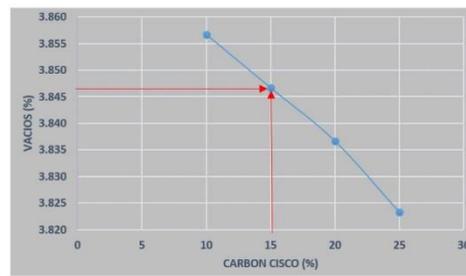
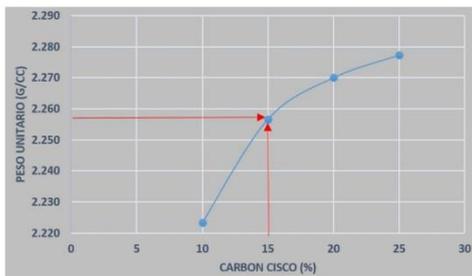
SOLICITA: PIZAN GORBALAN JULIANA ISABEL. Y ASCATE PINEDO JULIYDI MARIELA

UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA: TRUJILLO, 27 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ENSAYO MARSHALL (ASTM E-504)

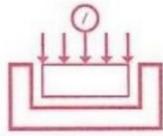
DISEÑO: PAVIMENTO ASFALTICO EN CALIENTE MODIFICADO CON



RESULTADOS		
OPTIMO DE ASFALTO		5.80
PESO UNITARIO (g/cc)		2.257
VACIOS (%)	3 - 5	3.847
ESTABILIDAD (Kg)	815 MIN	1716.81
VFA (%)		68.12
FLUJO (mm)	2 - 4	2.778

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
 Ing. José Christian Huertas Marín
 C. P. 148106

Anexo 4.28. Ensayo de resistencia al desgaste con 5.75% de asfalto



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA AL DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES (NORMA ASTM C535)

TESIS: INCORPORACIÓN DE CARBÓN CISCO EN EL DESEMPEÑO MECÁNICO DE MEZCLAS
ASFALTICAS EN CALIENTE, TRUJILLO-LA LIBERTAD
SOLICITA: PIZAN GORBALAN JULIANA ISABEL Y ASCATE PINEDO JULEYDI MARIELA
UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD
FECHA: TRUJILLO, 02 DE DICIEMBRE DEL 2020

CANtera:	EL MILAGRO
CLASE DE MATERIAL:	BRIQUETA DE ASFALTO 5.75 DE ASFALTO

ENSAYO DE ABRASION Graduacion Maquina: 500 Revoluciones

Numero de ensayo	Peso Inicial (gr)	Peso despues del ensayo retenido en malla N° 12 (gr)	Peso que pasa T.N°12 despues del ensayo (gr)	porcentaje de abrasion del agregado (%)
1	1131	1022.5	112.8	9.97
2	1131	1023.5	132.4	11.70
3	1131	1021.5	119.5	10.57
LA MUESTRA PRESENTA UN DESGASTE DE ABRASION DE :				10.75%

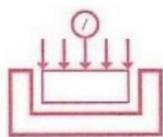
NOTA:

El laboratorio no ha intervenido en la exploracion y muestreo ,solo se ha limitado a realizar el ensayo indicado a la muestra entregada ,por tanto ,solo responde por los resultados obtenidos en dicha muestra.

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Ing. José Cristhian Huertas Mariel
C.P. 142105

Anexo 4.29. Ensayo de resistencia al desgaste con 10% de carbón cisco



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA AL DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES (NORMA ASTM C535)

TESIS: INCORPORACIÓN DE CARBÓN CISCO EN EL DESEMPEÑO MECÁNICO DE MEZCLAS
ASFALTICAS EN CALIENTE, TRUJILLO-LA LIBERTAD
SOLICITA: PIZAN GORBALAN JULIANA ISABEL Y ASCATE PINEDO JULEYDI MARIELA
UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD
FECHA: TRUJILLO, 02 DE DICIEMBRE DEL 2020

CANTERA: EL MILAGRO
CLASE DE MATERIAL: BRIQUETA DE ASFALTO 5.75 % DE ASFALTO + 10% DE CARBON CISCO

ENSAYO DE ABRASION Graduacion Maquina: 500 Revoluciones

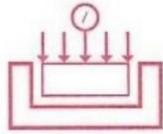
Numero de ensayo	Peso Inicial (gr)	Peso despues del ensayo retenido en malla N° 12 (gr)	Peso que pasa T.N°12 despues del ensayo (gr)	Porcentaje de abrasion del agregado (%)
1	1136	953.7	182.3	16.04
2	1141	958.0	183	16.04
3	1134	950.0	184	16.23
LA MUESTRA PRESENTA UN DESGASTE DE ABRASION DE :				16.10 %

NOTA:

El laboratorio no ha intervenido en la exploracion y muestreo ,solo se ha limitado a realizar el ensayo indicado a la muestra entregada ,por tanto ,solo responde por los resultados obtenidos en dicha muestra.

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
Ing. José Christian Huertas Marte
C.P. 142105

Anexo 4.30. Ensayo de resistencia al desgaste con 15% de carbón cisco



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA AL DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES (NORMA ASTM C535)

TESIS: INCORPORACIÓN DE CARBÓN CISCO EN EL DESEMPEÑO MECÁNICO DE MEZCLAS
ASFALTICAS EN CALIENTE, TRUJILLO-LA LIBERTAD
SOLICITA: PIZAN GORBALAN JULIANA ISABEL Y ASCATE PINEDO JULEYDI MARIELA
UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD
FECHA: TRUJILLO, 02 DE DICIEMBRE DEL 2020

CANTERA: EL MILAGRO
CLASE DE MATERIAL: BRIQUETA DE ASFALTO 5.75 % DE ASFALTO + 15% DE CARBON CISCO

ENSAYO DE ABRASION

Graduacion Maquina: 500 Revoluciones

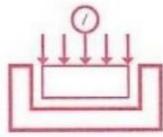
Numero de ensayo	Peso Inicial (gr)	Peso despues del ensayo retenido en malla N° 12 (gr)	Peso que pasa T.N°12 despues del ensayo (gr)	Porcentaje de abrasion del agregado (%)
1	1171	972.70	132	11.27
2	1152	952.00	103	8.94
3	1172	971.00	201	10.49
LA MUESTRA PRESENTA UN DESGASTE DE ABRASION DE :				10.23%

NOTA:

El laboratorio no ha intervenido en la exploracion y muestreo ,solo se ha limitado a realizar el ensayo indicado a la muestra entregada ,por tanto ,solo responde por los resultados obtenidos en dicha muestra.

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
José Christian Huertas Marte
Ing. José Christian Huertas Marte
C.P. 148105

Anexo 4.31. Ensayo de resistencia al desgaste con 20% de carbón cisco



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA AL DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES (NORMA ASTM C535)

TESIS: INCORPORACIÓN DE CARBÓN CISCO EN EL DESEMPEÑO MECÁNICO DE MEZCLAS
ASFALTICAS EN CALIENTE, TRUJILLO-LA LIBERTAD
SOLICITA: PIZAN GORBALAN JULIANA ISABEL Y ASCATE PINEDO JULEYDI MARIELA
UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD
FECHA: TRUJILLO, 02 DE DICIEMBRE DEL 2020

CANTERA:	EL MILAGRO
CLASE DE MATERIAL:	BRIQUETA DE ASFALTO 5.75 % DE ASFALTO + 20% DE CARBON CISCO

ENSAYO DE ABRASION Graduacion Maquina: 500 Revoluciones

Numero de ensayo	Peso Inicial (gr)	Peso despues del ensayo retenido en malla N° 12 (gr)	Peso que pasa T.N°12 despues del ensayo (gr)	Porcentaje de abrasion del agregado (%)
1	1152	904.00	248	21.53
2	1154	909.00	245	21.23
3	1158	908.00	250	21.59
LA MUESTRA PRESENTA UN DESGASTE DE ABRASION DE :				21.45 %

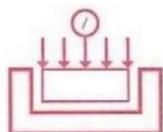
NOTA:

El laboratorio no ha intervenido en la exploracion y muestreo ,solo se ha limitado a realizar el ensayo indicado a la muestra entregada ,por tanto ,solo responde por los resultados obtenidos en dicha muestra.

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Ing. José Cristhian Huertas Martel
C.P. 148105

Anexo 4.32. Ensayo de resistencia al desgaste con 25% de carbón cisco



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA AL DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES (NORMA ASTM C535)

TESIS: INCORPORACIÓN DE CARBÓN CISCO EN EL DESEMPEÑO MECÁNICO DE MEZCLAS

ASFALTICAS EN CALIENTE, TRUJILLO-LA LIBERTAD

SOLICITA: PIZAN GORBALAN JULIANA ISABEL Y ASCATE PINEDO JULEYDI MARIELA

UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA: TRUJILLO, 02 DE DICIEMBRE DEL 2020

CANTERA: EL MILAGRO
CLASE DE MATERIAL: BRIQUETA DE ASFALTO 5.75 % DE ASFALTO + 25% DE CARBON CISCO

ENSAYO DE ABRASION

Graduacion Maquina: 500 Revoluciones

Numero de ensayo	Peso Inicial (gr)	Peso despues del ensayo retenido en malla N° 12 (gr)	Peso que pasa T.N°12 despues del ensayo (gr)	porcentaje de abrasion del agregado (%)
1	1121	886.00	285	25.42
2	1123	834.00	289	25.73
3	1128	842.00	286	25.36
LA MUESTRA PRESENTA UN DESGASTE DE ABRASION DE :				25.50%

NOTA:

El laboratorio no ha intervenido en la exploracion y muestreo ,solo se ha limitado a realizar el ensayo indicado a la muestra entregada ,por tanto ,solo responde por los resultados obtenidos en dicha muestra.

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
Ing. José Cristhian Huertas Martel
C.P. 148105

Anexo: N°5 .Cálculo del tamaño de la muestra

Tabla 64.Cálculo del tamaño de muestra

TIPO DE ENSAYO	CANTIDAD DE BRIQUETAS	% C.A	% DE CARBON CISCO
Contenido de C.A	12	5,5.5,6 y 6.5	
estabilidad y flujo	12	5.75	10,15,20,25
pérdida por desgaste	15	5.75	10,15,20,25

ANEXO 6. Validez y confiabilidad de los instrumentos

VALIDACION Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS POR JUICIO DE EXPERTO	
TEMA:	Incorporación de carbón cisco en el desempeño mecánico de mezclas asfálticas en caliente, Trujillo –la libertad.
SOLICITANTES:	Ascate Pinedo Juleydi Mariela Pizan Gorbalan, Juliana Isabel
RESPONSIBLE DE ASESORIA:	Villar Quiroz , Josualdo Carlos
TIPOS DE ENSAYOS:	- Granulometría - Ensayo Marshall - Ensayo perdida por desgaste
CARGO:	Jefe de laboratorio (experto en pavimentos flexibles)
FECHA:
OBSERVACIONES	
1.....	
2.....	
3.....	
 Firma y sello	

PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 25. Cantera El Milagro: obtención de los agregados



Figura 26. Obtención de carbón cisco Usquil-Otuzco



Figura 27. Análisis granulométrico



Figura 28. Tamizado de los agregados



Figura 29. Compactación de mezcla asfáltica

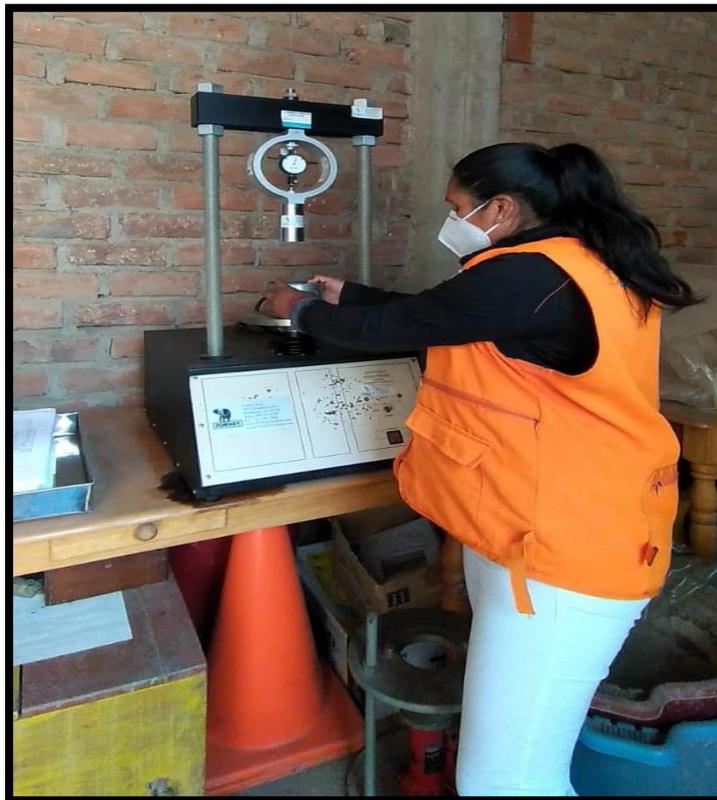


Figura 30. Máquina para prueba de estabilidad

