



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

**Diseño de pavimento flexible incorporando fibra de carbón a la
mezcla asfáltica para el pavimento Tantamayo – Carpa Huánuco
2020**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

AUTORES:

Apaza Robles, Renato Miguel
(ORCID 0000-0002-7420-4466)
Bravo López, Nino Franklin
(ORCID 0000-0002-9623-0577)

ASESOR:

Dr. Suarez Alvites Alejandro
(ORCID 0000-0002-9397-057X)

LINEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño de infraestructura vial

LIMA- PERÚ

2020

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado Dios que nos da vida y salud para poder luchar día a día a mi padre que siempre me apoya incondicionalmente en todo momento, esto no fuera posible si no fuera por su apoyo. A mi esposa eh hijo que son el motor y motivo que Dios me ha dado para salir adelante y cumplir nuestras metas que nos hemos trazado

Apaza Robles Renato Miguel

Este estudio está dedicado principalmente a Dios, quien brinda la fuerza para continuar el proceso de lograr una de nuestras cosas más deseables. Todos nuestros seguidores y guías Dr. Suarez Albites Alejandro, principalmente mis mentores.

Bravo López, Nino Franklin

Agradecimiento

A mi madre por darme la vida, a mi padre por sus sabios consejos y valores que me inculco desde que era niño y en especial por su apoyo moral que siempre me brinda en cada momento que lo necesito.

Apaza Robles Renato Miguel

A mi familia, por darme la oportunidad de formarme en esta prestigiosa universidad y haber contado con el apoyo incondicional durante esta espata de mi vida.

A esta casa de estudio, por haberme brindado y/o facilitado tantas oportunidades que me ayudaron a formarme como profesional.

Bravo Lopez, Nino Franklin

Índice de contenidos

I. INTRODUCCION	1
II. MARCO TEORICO	6
III. METODOLOGÍA	28
3.1 Tipo y diseño de investigación	29
3.2 Variables y Operacionalización.....	29
3.3 Población, muestra y muestreo	31
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	31
3.5 Procedimientos	32
3.6 Método de análisis de datos	32
3.7 Aspectos éticos.....	32
IV. RESULTADOS	33
V. DISCUSIÓN	41
VI. CONCLUSIONES	45
VII. RECOMENDACIONES.....	48
REFERENCIAS.....	50

Índice de tablas

Tabla 1 Clasificación de suelos de los materiales mediante la clasificación SUCS y AASHTO.....	34
Tabla 2 Análisis de suelo de fundación.....	35
Tabla 3 Conteo de tráfico vehicular.....	35
Tabla 4 Requisitos para mezcla de concreto bituminoso	37
Tabla 5 ANOVA para la estabilidad.....	38
Tabla 6 datos para el diseño.....	39
Tabla 7 Espesores de la carpeta asfáltica	40

Índice de figuras

Figura 1 Cemento asfaltico.....	13
Figura 2 Vacíos en el agregado mineral	16
Figura 3 Clasificación vehicular IMD	36
Figura 4 Gráfico de Composición Vehicular y sus respectivos Porcentajes de incidencia.....	36
Figura 5 Gráfico de la media de variables, porcentaje de FC y estabilidad (Kn)	37
Figura 6 Gráfico de la media de variables, porcentaje de FC y fluencia o flujo (Kn)	38
Figura 7 Gráfico de la media de variables, porcentaje de FC y fluencia o flujo (Kn)	39

RESUMEN

La aplicación de materiales opcionales en elementos estructurales para la construcción, cada vez se vuelve una opción válida para mejorar la resistencia y como una opción de aporte para el medio ambiente, ya que la mayoría de estos agregados son de material reciclable.

Para este trabajo de investigación el problema fue ¿Cuál es el diseño del pavimento flexible incorporando fibra de carbón en el tramo Tantamayo – Carpa Huánuco 2020? que tuvo como objetivo elaborar el diseño del pavimento flexible incorporando fibra de carbono en mezcla asfáltica en caliente para el tramo Tantamayo – Carpa Huánuco 2020, esta investigación de tipo aplicada, y de diseño no experimental, ya que no necesitaremos manipular las variables, obteniendo como resultados para el diseño del pavimento flexible la carpeta asfáltica carpeta de asfáltica 0.10m, base 0.22m y sub-base granular 0.25m el cual se obtuvo mediante un estudio de suelos, la misma que para la subrasante arrojó un CBR de 15% , para el estudio de tráfico el número de ejes equivalentes (ESAL), fue de 1.1×10^4 y para el diseño de la mezcla en caliente el cual se realizó mediante el ensayo Marshall, nos dio para la estabilidad 12.87Kn satisfaciendo así lo establecido en el Reglamento de carreteras. Para obtener los datos se utilizaron investigaciones anteriores de donde se sacaron los datos los cuales fueron ingresados al programa Mathcad para hallar las medias y el análisis de varianza de estos y dar confiabilidad para aceptar la hipótesis, la cual nos dio como conclusión que la aplicación de fibra de carbono a la mezcla asfáltica, mejora sus propiedades y como recomendación investigar más a fondo el asfalto modificado con fibra de carbono ya que es un área de estudio relativamente nueva con un gran potencial para futuras investigaciones.

Palabras claves: diseño de pavimento flexible, incorporación de fibra de carbono a la mezcla asfáltica.

ABSTRACT

The application of optional materials in structural elements for construction, each time becomes a valid option to improve resistance and as a contribution option for the environment, since most of these aggregates are made of recyclable material.

In this research work, the problem was: What is the design of the flexible pavement incorporating carbon fiber in the Tantamayo - Carpa Huánuco 2020 section? which had the objective of elaborating the design of the flexible pavement incorporating carbon fiber in hot asphalt mix in the section Tantamayo - Carpa Huánuco 2020, this research being of an applied type, and of non-experimental design since we will not need to manipulate the variables, obtaining as results for the design of the flexible pavement the asphalt folder asphalt folder 0.10m, 0.22m base and 0.25m granular sub-base which was obtained through a soil study which for the subgrade gave a CBR of 15%, for the study of traffic the number of equivalent axes (ESAL) was 1.1×10^4 and for the design of the hot mix which was carried out by the Marshall test, it gave us 12.87Kn for stability, thus satisfying the provisions of the Road regulations. To obtain the data, previous investigations were used from which the data were obtained, which were entered into the Mathcad program to find the means and the analysis of variance of these and give reliability to accept the hypothesis, which gave us as a conclusion that the application of Carbon fiber to the asphalt mix, improves its properties and as a recommendation Investigate carbon fiber modified asphalt further as it is a relatively new study area with great potential for future research.

Key words: flexible pavement design, incorporation of carbon fiber in the asphalt mix.

I. INTRODUCCIÓN

En el presente año, la provincia de Huánuco evidencia en sus principales avenidas deterioros en el pavimento en gran parte de sus tramos, los cuales son ocasionados entre muchas razones por un mal diseño inicial en estos. En este capítulo se darán a conocer alcances generales, como la realidad problemática que atraviesa nuestro país respecto a este método de diseño, justificaciones de la investigación, así como el problema general conjuntamente con sus problemas específicos, enlazados con sus objetivos.

En un estudio realizado en Asia se publicó en la revista llamada *Arabian Journal for Science & Engineering* (2008) nos dice que Las fibras se usan a menudo en la fabricación de otros materiales. Durante muchos años, se han utilizado ampliamente en numerosas aplicaciones en ingeniería civil. El refuerzo de fibra se refiere a la incorporación de materiales con propiedades deseadas dentro de otros materiales que carecen de esas propiedades. El uso de fibras de carbon no es un fenómeno nuevo, ya que la técnica del betún reforzado con fibra comenzó ya en 1950. En todos los países industrializados hoy en día, casi todos los hormigones utilizados en la construcción están reforzados. Una multitud de fibras y materiales de fibra se introducen regularmente en el mercado.

Por otro lado, en una investigación realizada en Estados Unidos llamada *Nuevas aplicaciones de fibra de carbono para refuerzo de asfalto de mezcla en caliente y preformas de carbono* (2012) nos dice que el asfalto modificado con fibra de carbono puede tener beneficios propiedades que van desde propiedades mecánicas mejoradas hasta resistencia eléctrica reducida. Las propiedades mecánicas mejoradas deberían dar como resultado una mayor duración, más durabilidad. pavimentos, Además, las fibras de carbono son conductoras de la electricidad. Como un aditivo para asfalto, pueden reducir la resistividad eléctrica, que puede tener aplicaciones en el asfalto.

Así también en una investigación realizada en España llamada: *Caracterización piezo resistiva de asfalto reforzado con fibras de carbono reciclado con aplicaciones auto sensoriales* (2019) nos manifestó que Los asfaltos a los cuales se le agregan fibra de carbono reflejan una mejoría en su conductividad eléctrica en comparación con las mezclas de hormigón o asfalto habituales o convencionales. La cual provee nuevas propiedades entre sí, dicha propiedad deja

Que este material, tenga una buena respuesta al esfuerzo mecánico, modulando la variación en su resistencia lo cual depende de la intensidad del esfuerzo externo, utilizando dicha variación para enfocar las cargas externas y deformaciones.

pruebas de tensión, detección de vibraciones estructurales y calefacción de carreteras para derretir hielo y nieve.

En la última década, nuestro país viene llevando una idea o política que favorece las obras de infraestructura vial, por lo mismo se ha construido alrededor de 15,000 kilómetros de obras viales de pavimentos asfálticos, según está reflejado en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, el cual es el encargado del reglamento de las obras de red vial nacional. Pero a causa de un mal diseño estos presentan fallas en sus estructuras.

Por este motivo el uso de materiales alternos como fibras u otros reciclados puede ayudar a el mejor desempeño de un pavimento las fibras de carbono vienen siendo utilizadas en distintas aplicaciones como lo evidencia una investigación realizada en Huancavelica llamado: Análisis experimental del uso de las fibras de carbono para el reforzamiento en una viga peraltada, de concreto armado para una edificación en la ciudad de Lircay – Huancavelica (2015) nos dice El refuerzo de fibras de carbono provee como una de sus ventajas de no incrementar de forma exagerada el volumen de la sección del material reforzado previniendo añadir carga muerta que no sea necesaria y no dañar de manera visual el elemento.

Duque y Tibaquirá (2010), manifiesto sin que tenga que ver sea rígido o flexible la elaboración del pavimento de tiene que dar mediante el uso de bases y sub bases granulares este autor nos ofrece un gran aporte en este tema, puesto que, da a conocer que los pavimentos pueden fallar por distintas razones, por esta razón, lo cual nos indica que podemos colocarnos en varios escenarios posibles, y a menudo diseñar colocándonos en el escenario más crítico de todos, para lo cual se debe mejorar la estructura de pavimento que tenemos.

Debido a que en este país no se cuenta con muchos estudios referentes a dicho tema, y menos aún con la aplicación de esta tecnología. El presente trabajo de investigación contribuiría a afianzar conocimientos, como son las características, y la necesidad de aplicarla en la infraestructura vial nacional.

Cleven (2010) nos refiere el asfalto modificado con fibra de carbono es un área de estudio relativamente nueva con un gran potencial para más investigación.

investigación debería centrarse en algunas de las propiedades específicas discutidas.

Lo cual nos indica que se puede realizar más estudios o proyectos aplicando fibra de carbono para aportar más conocimiento teórico del tema a futuras investigaciones.

Por otro lado, Lynn (2000) refiere el estudio futuro para el proyecto del velo debe incluir una investigación de la proporción óptima de fibras a brea de carbono. La adición de otros tipos de fibras, como las fibras de vidrio, también puede ser explorado Finalmente, problemas de escala para crear un proceso a gran escala para la producción de Los velos pueden ser investigados.

Lo cual nos dice que la adición de fibras a futuro en pavimentos flexibles daría un gran beneficio a conocimientos posteriores

Este proyecto aporta información específica y detallada para futuras investigaciones utilizando la incorporación de la fibra de carbono en la mezcla asfáltica.

Lynn (2000) nos refiere que La viabilidad del asfalto modificado con fibra de carbono para aplicaciones involucra conducción el pavimento debe ser explorado. Esto implicaría probar el aumento de temperatura resultante de pasar una corriente a través de una muestra, para aplicaciones que usan fibra de carbono HMA modificado para derretir el hielo y la nieve. También se pueden realizar pruebas para detectar pesas en una superficie de pavimento determinando la disminución de la resistencia cuando una muestra es sometido a una carga. También se pueden realizar pruebas de detección de daños, midiendo el cambio en la resistividad después de que una muestra ha sido dañada. (El daño puede ser generado por prueba mecánica.).

Esto nos indica que a trabajos a futuro al realizar proyectos aplicado esta fibra de carbono se podrá aportar al desarrollo tecnológico en lo que a obras viales respecta.

En base a la realidad problemática descrita a continuación se dio a conocer tanto el problema general como los específicos. El problema general de la investigación fue:

¿Cuál es el diseño de pavimento flexible incorporando fibra de carbón en el tramo Tantamayo – Carpa Huánuco 2020?

Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

- PE1: ¿Cuáles serán las características del suelo para el diseño del pavimento flexible incorporando fibra de carbón en el tramo Tantamayo – Carpa Huánuco 2020?
- PE2: ¿Cuál es el estudio de tráfico para el diseño del pavimento flexible incorporando fibra de carbón en el tramo Tantamayo – Carpa Huánuco 2020
- PE3: Cuales son las propiedades del asfalto modificado para el diseño del pavimento flexible incorporando fibra de carbón en el tramo Tantamayo – Carpa Huánuco 2020

El objetivo general fue Elaborar el diseño del pavimento flexible incorporando fibra de carbón en mezcla asfáltica en caliente en el tramo Tantamayo – Carpa Huánuco 2020.

Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- OE1: Determinar la resistencia a la compresión del suelo para el diseño del pavimento flexible incorporando fibra de carbón en mezcla asfáltica en caliente en el tramo Tantamayo – Carpa Huánuco 2020
- OE2: Realizar el estudio de tráfico para el diseño del pavimento flexible incorporando fibra de carbón en mezcla asfáltica en caliente en el tramo Tantamayo – Carpa Huánuco 2020.
- OE3: Determinar las propiedades del asfalto modificado para el diseño del pavimento flexible incorporando fibra de carbón en el tramo Tantamayo – Carpa Huánuco 2020

II. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se revisarán algunos trabajos previos referentes a esta investigación los cuales serán tesis u artículos de revistas nacionales e internacionales de las cuales se obtendrán teorías referentes a esta investigación las cuales nos darán una idea conceptual de las variables a estudiar.

con respecto a algunas investigaciones de ámbito internacional, se darán a conocer algunos hallados que se consideran relevantes y estos son:

Los analistas de la Revista la Ciencia Desarrollo E Innovación (2016) manifestaron en las mezclas convencionales reforzadas con fibra de carbono ha dado como resultado que la reacción eléctrica de sus elementos, referenciadas a la fibra de carbono, les dan la propiedad de automonitoreo a lo que a daños y deformaciones refiere a través de su vida útil, lo cual vuelve a estos materiales intrínsecamente inteligentes. En líneas generales, los CFRC son elementos o materiales que se pueden presentar como una innovadora y nueva alternativa de tecnología en varios campos donde se evidencie fisuramiento, vibración o fatiga de estructuras de concretos o asfaltos que pueden ser represas o puentes de una manera más eficaz y acelerada.

Por otro lado, Lapuente, Alcaide, Alcocer, Garcés. Puertas, (2017) manifiestan, que el efecto de incorporar fibras de carbono en lo que el comportamiento mecánico requiere (estabilidad y bajo nivel de corrosión de las armaduras en morteros). Se estudió la influencia de las fibras de carbono en el comportamiento de estos morteros en comparación a los efectos que tienen en los morteros Portland. Estos ensayos se realizaron según lo refiere la norma UNE, con lo quea la estabilidad respecta la incorporación de fibras de carbono a morteros AAS y CP no mejoro sus características resistentes. Los estudios de corrosión demostraron que aplicando dicha fibra incrementaron su nivel de corrosión del acero embebido, pero que si mejoro sensiblemente los morteros AAS con un 1% de fibra de arbono ante la corrosión de los cloruros.

Rea, Juan y Borja, William (2015) en su proyecto de investigación llamada “Análisis y comparación de módulo de deterioro en estructuras de concreto y vigas reforzadas con partículas de carbono con soporte a la compresión de 28 MPA usando estos agregados.

Este proyecto tuvo como objetivo proceder un análisis de tipo comparativo de y tener una idea del comportamiento estructural tales como: Probetas hechas de concreto, cuyas dimensiones fueron de 10x20 cm, las mismas que fueron sometidas ensayos de compresión los resultados indicaron que las que no tenían reforzamiento arrojaron un soporte de compresión de 28 MPa, para las probetas se recubrieron con fibra de carbono, donde pudo evidenciarse tolerancia promediando los 36.2mpa, lo cual indicó que la poca influencia de fibra de C. 130 MBrace ofreció un crecimiento a la compresión de 29.28%.

Álvarez, Pablo (2013) en su investigación "Análisis esquema de vigas de grava armado reforzadas con fibra de carbono" en la cual se obtuvo como objetivo evaluar la gravedad de contribución y el asidero de la fibra de carbono a vigas no reforzadas. Para lo cual se hizo 4 ensayos en vigas de 45cm x 50cm lo cual arrojó como resultado que donde la deformación fue de 30mm aproximadamente las vigas fibra de carbono obtendrán un mayor aguante a una carga de 19 toneladas,

Teorías relacionadas al tema

En la presente investigación, será materia de estudio la fibra de carbón y el diseño de pavimento flexible

Fibra de carbón

Chung (2012) Señaló que aquellos materiales o mezclas que contengan fibra de carbono, especialmente aquellos con una matriz polimérica, se han convertido en los principales compuestos avanzados para aplicaciones aeroespaciales, automotrices, deportivas y de otro tipo debido a su alta resistencia, alto módulo, baja densidad y costo razonable. Los materiales compuestos a base de carbono se han convertido en materiales resistentes a altas temperaturas, requeridos por las naves espaciales porque el precio de la fibra de carbono reduce su alcance de aplicación e incluso se extiende a la industria de la construcción, que utiliza fibra de carbono para reforzar el hormigón.

Chung (2012) refirió que El carbón activado en modo de tela puede ser fabricado a escindir de la carbonización y activación de diferentes precursores como, poliacrilonitrilo, nailon, resinas fenólicas, celulosa y betún de ripio.

Podemos rendir la miaja de carbón para ensillar algunas estructuras en naciente riesgo la modificación del firme en caliente aplicando como adjunto la nadería de lignito puede aliviar las propiedades de la calle flexible sin ahogar su correa, durabilidad y lenidad y cumpliendo las especificaciones adecuadas para así acaecer un buen funcionamiento y dar una aportación a la casa de obras viales.

Las características específicas de las FCA dependen del utillaje polimérico que se utilizó para elaborarlas, así como de las condiciones en las que el mobiliario fue carbonizado y activado (Suzuki, 1994)

Las FCA presentan ventajas muy importantes respecto al carbón activado granular y en polvo en aplicaciones ambientales para la reducción biológica de contaminantes aceptores de electrones, estas ventajas son:

Fácil manipulación: Por sus propiedades físicas similares a una tela, ésta se puede manejar y delimitar en cualquier lugar para ser utilizada como mobiliario de energía en un biorreactor.

Elevada resistencia mecánica: Las FCA presentan tolerancia a las variaciones de temperatura, al alboroto, compresión y al guantazo. Por lo tanto, se considera un mobiliario adecuado para la enseñanza de una biopelícula sin turbar sus características de resistencia, y todavía a los cambios, que pueda afectar el biorreactor a través de la legislación.

Grupos funcionales en su superficie: las fibras de carbón activado cuentan con grupos funcionales en su envoltura tales como carboxilo, lacónicos, fenólicos, carbonilo. Este grupo es muy sustancioso, ya que hasta el momento sabemos que los grupos funcionales responsables de transportar electrones en la envoltura de carbón activado son los quinónicos. A su vez, oxidando el material con HNO_3 , se favorece en máxima medida el aprendizaje de grupos funcionales ácidos, en el entorno de la insignificancia como los que se muestran en la (Figura 2.7). Con la formación de grupos funcionales en la pizca, como los grupos quinónicos, se incrementa la transferencia de electrones necesario a que estos grupos transfieren electrones en las reacciones de cardenillo-capital.

Debido a estas ventajas, las fibras de carbón activado son un solicitante benévolo para trabajar en tratamientos biológicos de ahorro de contaminantes como magistrado redox. De esta manera, se espera incrementar las velocidades de lucha al ser aplicados en sistemas de prescripción de aguas residuales. Una norma de uso de FCA es el comedor de Rangel y Streat, (2002), en donde se modificaron las FCA (obtenidas a partir de poliacrilonitrilo) mediante diferentes métodos como atrofia con HNO_3 o con ozono, y mediante un anquilosamiento electroquímico. Lo anterior para calcular cual modificación presentaba un mejor desempeño en la adsorción de cadmio. La que obtuvo el mayor acrecentamiento fue el método electroquímico con un hábitat de 13 comparada con la fibra sin modificar. También, encontraron que la sobresalto con ozono daña de modo muy severa las propiedades físicas de la menudencia, lo que no sucede con el trastorno con cáustico nítrico y con el enmohecimiento electroquímico. En otro estudio reciente con FCA.

Leyva-Ramos y colaboradores (2011) reportaron que el preparatorio de la pizca de lignito activado afecta en extremo el talento de adsorción, y argumentan que el entorpecimiento de la tela con HNO₃ verdaderamente aumenta la puntuación de grupos oxigenados en el enser, lo que es moderado apologético ya que la capacidad de la pizca de carbón activado para adsorber Pb (II) fue proporcional al aglutinamiento de grupos carboxílicos. Sin confiscación, no existen reportes de FCA como árbitro redox para la medicación de colorantes y son escasos la formación que reportan el uso de carbón activado.

El primer estudio que utilizó al lignito activado como magistrado redox fue el ahíto por Van der Zee. (2003). Otro cóctel que utilizó CA fue el de Pereira et al. (2010), en adonde se demostró que reparar las características fisicoquímicas del carbón activado aumentó su trascendencia catalítica para la capital de cuatro colorantes azo (colorado reactivo 2, naranja acerado 7, ictérico mordiente 10 y cerúleo listado 71).

Mezcla asfáltica en caliente

El manual de Asphalt Institute (2012) refiere que una combinación o mezcla asfáltica en caliente, está constituida por una masa uniforme, de asfalto caliente.

La mayoría del asfalto utilizado el día de hoy, viene de la refinación del petróleo. El pavimento asfáltico se clasifica según su viscosidad o permeabilidad. La relación física más encomiable en este material es: adhesión, durabilidad, cohesión, sensibilidad a la temperatura, resistencia al envejecimiento, endurecimiento, ductilidad, solubilidad y gravedad específica ente otros.

Según el manual de Asphalt Institute (2012) refiere que La estructura del pavimento terminará con un aglomerante de asfalto, este pavimento de hormigón asfáltico es el pavimento de mejor calidad. Se compone de áridos bien calificados y cemento asfáltico, los cuales se calientan en un equipo de mezcla en caliente y se mezclan en proporciones precisas. Luego de que las partículas del agregado o mezcla asfáltica, están recubiertas uniformemente, esta se traslada al lugar de ejecución, donde el equipo de asfalto las colocara o regara sobre la base preparada.

Antes de quela mezcla enfríe, se compactara a una densidad especifica. Hasta que disminuye la temperatura, de esta manera el asfalto se endure y restaura sus propiedades de cohesión, lo que lo convierte en un material para una carretera eficaz

y eficiente, logrando así su resistencia a las cargas del transporte.

La formulación de la mezcla asfáltica (denominada mezcla de asfalto en caliente), así como el rango de temperatura de mezclado y vertido esperado se expresan en cantidades o porcentajes únicos definidos.

Cemento Asfáltico.

La mezcla asfáltica deberá mantener un aspecto visualmente homogéneo, sin presencias de agua y o humedad, no debe presentar espuma al ser calentado a una temperatura de 175°C.

Temperatura Media Anual			
24°C o más	24°C – 15°C	15°C - 5°C	Menos de 5°C
40 – 50 ó 60-70 ó Modificado	60-70	85 – 100 120 - 150	Asfalto Modificado

Figura 1 Cemento asfáltico

Características y comportamiento de la mezcla.

De acuerdo al Manual de la Sociedad de Asfalto (2012), las muestras de pavimento de asfalto preparadas por el laboratorio pueden analizarse y así determinar su rendimiento en la estructura de la carpeta asfáltica, y luego analizarse.

Esta se basará en cuatro características propias de la mezcla asfáltica, y sus efectos, que afectan el comportamiento estructural de esta.

Estas características son:

Densidad.

Según el manual de Asphalt Institute (2012) refiere que esta se define por el peso unitario (peso del volumen específico de mezcla). La densidad es la función más importante para los inspectores, ya que al conseguir una alta densidad en un pavimento es crucial para un duradero y buen rendimiento.

en las pruebas que se realiza en un análisis de mezclas compactadas muestran una densidad expresada en Kg/m³ a lb /ft³. Esta es calculada mediante el producto de la gravedad específica total de la mezcla por la densidad del agua.

$$\frac{1000\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ o } 62.416/\text{ft}^3 \quad (1)$$

Esta densidad obtenida en el laboratorio, se transforma en densidad estándar y se usara como una referencia y dar demostrar en los resultados si esta es la adecuada. El código generalmente requiere que la densidad de la superficie de la carretera tenga un acercamiento al porcentaje de la densidad obtenida en el laboratorio y en raras ocasiones se logra la compactación en el sitio, es decir con la densidad obtenida utilizando métodos estándar de compactación.

Vacíos de aire

Este término se refiere a los pequeños espacio o bolsas de aire, que existen entre los componentes de agregados, de la mezcla compactada.

Estas mezclas deben tener un porcentaje de vacíos, para así garantizar una adicional compactación, durante la conducción y generar un espacio o vacío, y que así pueda girar el asfalto cuando ocurra la compactación adicional. Se permite que el vacío de aire en la capa base y la capa superficial esté en un porcentaje de 3 a 5%, lo cual dependerá del diseño específico inicial, dependiendo de vacío, la durabilidad seria de 1m de altura, porque cuanto menor es el número de huecos, menor es el valor de la mezcla que ingresa tanto al agua como al aire y también al deterioro de la permeabilidad. Una porosidad baja reducirá la fuga de asfalto.

La densidad se relaciona directamente con el contenido de vacíos. Cuanto la densidad sea mayor, el porcentaje de vacíos de la mezcla será menor, y viceversa. estos trabajos requieren una densidad para permitir la menor cantidad de vacíos, de preferencia menor al 8%.

Agregado mineral (vacíos)

Según el manual de Asphalt Institute (2012) refiere, Vacíos de agregado (VMA) son vacíos existentes entre las partículas y agregados en el pavimento compactado y sus mezclas, incluyendo vacíos llenos con asfalto.

El VMA representa el espacio que existe para ordenar el volumen necesario del betún, menos el volumen perdido en el agregado debido a la absorción y el tamaño de vacíos necesarios en la mezcla, cuanto mayor sea el VMA, mayor será el

espacio disponible para este.

El instituto del asfalto da valores mínimos específicos y recomendados, dependiendo de qué tamaño o volumen tengan estos agregados. Los cuales se basan en que cuanto la membrana impermeable sea más gruesa para cubrir las partículas de agregado, mayor es el concepto ilustrado en lo que se presenta en la figura 2 donde se muestra los valores requeridos.

Para lograr el grosor de la película de asfalto, se debe mantener el valor mínimo de VMA para que la densidad del agregado alcance un nivel que alcance un valor de VMA menor que el valor mínimo especificado, lo que puede dar como resultado películas de asfalto y reemplazar la baja durabilidad y la apariencia seca, reduciendo así la VMA a Guardar contenido de asfalto va en detrimento de la calidad de la superficie de la carretera.

Tamaño en mm %			VMA mínimo, % /vacíos de %	
mm	In.	3.0	4.0	5.0
1.18	No. 16	21.5	22.5	23.5
2.36	No. 8	19.0	20.0	21.0
4.75	No. 4	16.0	17.0	18.0
9.5	3/8	14.0	15.0	16.0
12.5	1/2	13.0	14.0	15.0
19.0	3/4	12.0	13.0	14.0
25.0	1.0	11.0	12.0	13.0
37.5	1.5	10.0	11.0	12.0
50	2.0	9.5	10.5	11.5
63	2.5	9.0	10.0	11.0

Figura 3.1 ilustración del VMA de una probeta de mezcla compactada

- ✓ especificación normal para tamaños de tamices usados en pruebas, ASTM , E 11(AASHTO M 92)
- ✓ El tamaño máximo nominal de partículas es un tamaño mas grande que el primer tamiz que retiene más de 10% del material.
- ✓ Interpole el VMA mínimo para los valores de vacíos de diseño que se encuentran entre los que están citados.

Figura 2 Vacíos agregado mineral

Contenido de asfalto.

Según el manual de Asphalt Institute (2012) refiere. Es muy importante la cantidad de asfalto en la mezcla y debe controlarse en el laboratorio y posteriormente controlarse en el lugar de la obra con mas precisión, empleando criterios especificados en los métodos de diseño elegidos para determinar la la cantidad de asfalto en la mezcla específica. La cantidad de asfalto en la mezcla dependerá en mayoría del agregado, Las características, del calcio y su condición de absorber el mayor tamaño de agregado la cual está relacionada directamente con el contenido de asfalto, mayor será el área de superficie siempre y cuando la mezcla sea más fina.

Las mezclas más gruesas requieren menos betún porque su área de superficie total es más pequeña. Cuando se produce una fricción muy fina el agregado y la carga mineral atravesaran por el tamiz de 0.075mm. El contenido de asfalto puede conducir a mezclas inestables y secas. Los tamaños más pequeños pueden tener el efecto contrario. Los rellenos minerales rara vez producen mezclas húmedas muy ricas. Cualquier cambio en el relleno mineral ara que cambien las características de la mezcla o propiedades de esta, lo que conducirá a cambios. La cantidad de relleno mineral en la mezcla seca y húmeda es demasiado pequeña. Si la mezcla contiene demasiados minerales, cambiara las propiedades de la mezcla, de modo que los ajustes variables secos y húmedos se pueden ajustar para corregir esta situación, se deberá realizar muestreos y apropiadas pruebas para determinar la relación. La razón de ser necesario proporcionar distinto diseño de mezcla.

Diseño de Pavimento flexible

Según el manual de carreteras (2014) refiere que el programa se basa en un modelo desarrollado en función del rendimiento de la carretera, la carga del vehículo y la resistencia de subrasante para calcular el espesor.

La fórmula básica para diseñar una estructura de pavimento es:

$$\log w_{18} = Z_R * S_o + 9.39 * \log 10 (sn + 1) - 0.20 + \frac{\log 10(psi)^{4.2.1.5}}{0.40 \left(\frac{1094}{(SN+1)^{5.19}} \right)} \quad (1)$$

$$\log 10(Mr) - 8.07$$

Según el manual de carreteras (2014) se describe los siguientes conceptos o las variables de la fórmula de diseño:

W18: Siendo el acumulado número de ejes simples equivalente a 18000Lb (80 kN) durante el tiempo del diseño, que es equivalente a tiempos de repetición EE de 8.2t; esto se basa en la información en el estudio de flujo de los vehículos.

Módulo de Resiliencia (MR): es la medida que se obtiene de la sub-rasante del suelo (rigidez), la cual se determina por medio de una prueba de rebote al calcular, y se determina mediante la siguiente fórmula de acuerdo con la recomendación de AASHTO: $M_r (\text{psi}) = 2555 \times \text{CBR}^{0.64}$, se debe determinar por medio un ensayo triaxial dinámico.

Confiabilidad (%R): El método AASHTO nos da un estándar de esta, que una estructura debe comportarse cumpliendo las expectativas en el proceso de su diseño.

Desviación Estándar Normal (Zr): significa el valor de la confiabilidad seleccionado de los datos de la distribución normal.

Desviación Estándar Combinada (So): este tomara en cuenta los cambios esperados en la predicción de la superficie de la carretera; como, por ejemplo: la incertidumbre de modelo, el medio ambiente, la construcción, AASHTO da como recomendación un valor de S_o entre 0.40 y 0.50 entre pavimentos flexibles, y un valor de 0.45 para el diseño recomendado en este manual.

Índice de Serviciabilidad (PSI): Es un sistema circulatorio cómodo que proporciona a los usuarios valores que van de 0 a 5; un valor de 5 representa el mejor confort teórico, mientras que un valor de 0 representa el peor confort teórico, cuando la condición de la carretera disminuye debido al deterioro, PSI también se reducirá **Serviciabilidad Inicial (Pi):** Este es el estado de la que carretera recientemente construida.

Serviciabilidad terminal o final (PT): Esta se da cuando el pavimento haya alcanzado cualquier tipo de reconstrucción o reparación.

Variación de Serviciabilidad (Δ PSI): Siendo la mantenibilidad final y inicial, la diferencia asumida para el desarrollo del proyecto.

Numero Estructural Propuesto (SNR): estos serán los datos procesados y obtenidos, de la fórmula de diseño de AASHTO, y obteniendo el número de estructuras, la cual simboliza el grosor de la superficie de la carretera que se colocará, que debe convertirse al grosor efectivo de cada capa a construir, es decir, la capa base de labanda de rodadura y La capa base secundaria de esta, mediante

unos coeficientes estructurales, se obtendrá con la siguiente formula:

$$\begin{aligned} SN &= a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times \\ & m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3 \\ SN &= a_1 * d_1 + a_2 * d_2 * m_2 + \\ & a_3 * d_3 * m_3 \end{aligned} \quad (2)$$

a1, a2, a3 = Factor de estructura de la capa: superficie, cimiento y sub-cubrimiento.

d1, d2, d3 = medida del espesor de la capa: superficial, base y sub-base.

m2, m3 = siendo este el coeficiente de drenaje capa base y la capa sub-base.

Estudios de tráfico.

MTC, (2003) nos dice que uno de los aspectos más importantes del diseño sería determinar el flujo determinado de vehículos, el tipo de vehículos que se analizarán en el área de acuerdo con la categoría de las regulaciones nacionales de vehículos y la frecuencia de tránsito. MTC, (2003), los requisitos de tráfico de las Regulaciones Nacionales de Vehículos son un aspecto básico que los ingenieros deben comprender con una precisión relativamente suficiente para diseñar y hacer una planificación de esto con éxito las carreteras, el diseño de pavimentos. En lo que ha de carreteras concierne, el estudio de tráfico proporcionara información acerca del índice diario promedio anual o IMDA en cada uno del segmento de carretera a estudiar.

Clasificación de los vehículos.

Según el Reglamento Nacional de Vehículos (2003) se clasifican según su número de ejes que lo constituyen. Además del peso máximo permitido, también puede elegir una forma simple, tándem o tradicional. La clasificación del el tipo de vehículos que pasarán por el área de estudio se determinará en función del tipo y número de los ejes de estudio constituyentes, lo cual es importante porque se asignarán factores destructivos a cada eje en función de su peso. En la carretera, será de acuerdo al tipo de superficie de la carretera que se utilizará.

Cálculo de tasas de crecimiento y proyección.

MCSGGP8 (2014) Refiere al uso de fórmulas de series geométricas separadas para calcular. En general, la tasa de crecimiento del flujo de vehículos de pasajeros 10 está relacionada con la tasa de crecimiento de los vehículos de carga y la tasa de crecimiento anual de la economía se expresan en el producto interno bruto (PIB).

Número de repeticiones de ejes equivalentes.

MCSGGP8 2014 refiere que El impacto del transporte se mide en unidades definidas por AASHTO, que es el eje equivalente acumulado (EE) en el período de diseño utilizado en el análisis. AASHTO se define como EE, que se refiere al deterioro de la superficie de la carretera causado por dos ejes simples con 8.2 toneladas de ruedas convencionales en el caso de neumáticos de 80 psi. Los ejes equivalentes son coeficientes equivalentes y representan los factores destructivos de diferentes cargas para cada tipo de eje que constituye vehículos pesados en la estructura de la superficie de la carretera. La ecuación para el ESAL será:

$$EAL(n \text{ años}) = \frac{365}{2} * (IMD_{2E} * F_{2E} + IMD_{3E} * F_{3E} + IMD_{ST} * F_{ST} + IMD_T * F_T) \left[\frac{1+in-1}{i} \right] \quad (3)$$

Estudios de mecánica de suelos.

MCSGGP8 (2014), refiere el estudio de la mecánica del suelo puede revelar el comportamiento de los materiales cuando se ven afectados por la atmósfera y pueden soportar cargas repetidas cuando la Tierra se mueve o las estructuras están activas.

Caracterización de la sub rasante.

MCSGGP8 (2014) refiere que el levantamiento se realiza mediante la excavación de pozos o fosas de exploración con una profundidad mínima de 1,50 m para determinar los parámetros físicos y mecánicos de los materiales del suelo. El número mínimo de stands por kilómetro depende del tipo de camino. Los hoyos se alternan longitudinalmente con un espaciado aproximadamente igual en la franja que se extiende a lo ancho de la carretera

Registro de excavación.

MCSGGP8 (2014) Significa que se tomarán muestras representativas de las formaciones encontradas en cada pozo de prueba. Se debe usar una tarjeta para describir e identificar estas muestras, y se debe anotar la ubicación del tubo de ensayo, el número de muestra y la profundidad para que luego se pueda colocar en el polímero. La bolsa de vinilo para transferir a la bolsa de prueba. laboratorio. Durante la investigación de campo, se mantendrán registros en los que se registrará el grosor de cada capa del subsuelo, sus características de clasificación y la compacidad de cada material. Del mismo modo, se tomarán muestras representativas de la calzada para el módulo de rebote (MR) o la prueba CBR, y el número de pruebas dependerá del tipo de carretera

Granulometría.

MCSGGP8 (2014) Se refiere a la distribución del tamaño de los agregados tamizados de acuerdo con las especificaciones técnicas (prueba MTC E 107), a partir de las cuales se pueden aproximar o aproximar otras características que pueden ser de interés, a saber, el análisis del tamaño de partícula. El piso 12 tiene como objetivo determinar la proporción de los elementos que lo constituyen y clasificarlos de acuerdo con su proporción.

Plasticidad.

MCSGGP8 (2014) Señaló que el límite de Atberger determina la sensibilidad del comportamiento del suelo al contenido de humedad, y determinar los límites correspondientes a los tres estados sólidos, en función del contenido de humedad y del estado del suelo (líquido, plástico, sólido). El límite líquido (LL) que se puede formar cuando el suelo cambia de un estado semilíquido a plástico, y el límite plástico cuando el suelo cambia de este a semisólido y se rompe, cuando el suelo cambia de semisólido a sólido de acuerdo con el estándar, Y deja de encogerse cuando pierde humedad.

Humedad Natural.

MCSGGP8 (2014) Se refiere al determinado por la humedad natural (prueba MTC E 108) se comparará con la mejor humedad obtenida en la prueba Proctor para obtener el CBR del suelo (prueba MTC E 132). Si la humedad natural está por debajo de la humedad óptima, el contenido de agua natural es superior al contenido de agua óptimo, y si depende de la saturación del suelo, es necesario aumentar la energía de compresión para airear el suelo o reemplazar la sustancia saturada.

Clasificación de los suelos.

MCSGGP8 (2014) Significa que al determinar las características del suelo anterior, es posible estimar el comportamiento del suelo de una manera suficientemente similar, especialmente si tiene conocimiento de granularidad, plasticidad e índice de grupo, clasificarlo como el sistema AASHTO-SUCS Esta clasificación ayudará a predecir el comportamiento aproximado del suelo, lo que ayudará a definir sectores uniformes desde la perspectiva de la tecnología geotécnica.

Ensayo CBR.

MCSGGP8 (2014) refiere Una vez que el suelo ha sido clasificado por los sistemas AASHTO y SUCS, el perfil del estrato para cada sección homogénea se preparará para el camino esperado, a partir del cual el suelo que establece el procedimiento de prueba CBR para valores de soporte o resistencia, es decir, el 95% de la densidad seca máxima y 2.54 mm de penetración de carga.

Funciones de las capas de un pavimento flexible:

Sub-base granular

- Capa de transición: el subsuelo bien diseñado puede evitar que los materiales y los materiales del subsuelo penetren. Por otro lado, se puede usar como filtro para el subsuelo para evitar que el polvo fino del subsuelo contamine el subsuelo, reduciendo así su calidad.
- Disminución de la deformación: Los niveles de volumen del pavimento, generalmente asociados con cambios en el contenido de humedad (hinchazón) o cambios en la temperatura externa, pueden ser absorbidos por la pista para evitar que estas deformaciones se reflejen en la superficie de la pista
- Resistencia: la sub-rasante tendrá que aguantar un nivel de tensión suficiente para que la carga del vehículo se transmita a través de la capa superior y se transmita a la sub-rasante.

Base granular

- Resistencia: la función principal de una base granular del pavimento es dar un elemento de resistencia que pueda transferir la tensión generada por la condición del camino al lecho del camino y procesarlo con una resistencia adecuada.
- Superficie de rodadura: el adhesivo proporcionara una superficie lisa y estable para la carretera, con la textura y el color adecuados, y ser capaz de resistir la abrasión de la carretera.
- Resistencia: su resistencia a la tracción complementa las capacidades estructurales de la acera.
- Impermeabilidad: se debe evitar que el agua entre en la acera tanto como sea posible.

Método Marshall del diseño de mezcla

El Asphalt institute manual series (2015) menciona que ella recomendó el método Bruce Marshall Marshall, un ex ingeniero de asfalto de la Oficina de Carreteras de Mississippi.

Este experimento de Marshall comenzó en 1943 con un estudio que comenzó con el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, se obtuvo un método simple comparando y evaluando diferentes diseños de mezcla de asfalto y métodos de control. El propósito del Método Marshall es determinar el contenido de betún apropiado para una combinación particular de agregados.

El método también proporciona información sobre el rendimiento del asfalto mezclado en caliente y se puede observar durante el trabajo de pavimentación para determinar la densidad y la porosidad óptimas.

El método Marshall utiliza cemento asfáltico viscoso y permeable y solo es adecuado para mezclas de asfalto (alta temperatura) que contienen agregados con un agregado máximo de 25,0 mm o menos.

Este método se puede utilizar para el diseño de laboratorio y pruebas de campo de mezclas de asfalto (alta temperatura). El método Marshall utiliza probetas estándar (muestras) de 64 mm (2,5 pulgadas) de espesor y 103 mm (4 pulgadas) de diámetro. Cada tipo agregado al mismo conjunto es otro conjunto de piezas de

prueba. El asfalto se procesa de acuerdo con pasos específicos para calentar, mezclar y compactar la mezcla de agregados asfálticos. Los dos datos más importantes del método de diseño de mezcla de Marshall son el análisis de la relación de densidad de reacción y la prueba de velocidad constante de las muestras comprimidas.

Preparación para ejecutar los ensayos Marshall AASHTOT245

El Asphalt institute manual series (2015) Se refiere a una variedad de áridos y asfaltos con diferentes propiedades. Estas características inciden directamente en las características del envase. El primer paso en el enfoque de diseño es determinar la calidad (estabilidad, resistencia, maquinabilidad, antideslizante, etc.) requerida para la calidad del pavimento, y seleccionar y combinar el tipo de agregado compatible con el asfalto. Crea estas cualidades. Cuando esté listo, estará listo para probar.

Selección de las Muestras de Material

El Asphalt institute manual series (2015) refiere, La primera preparación para la prueba es tomar una muestra de asfalto y agregado para usar en la mezcla de pavimento. Es importante que la muestra de asfalto tenga las mismas propiedades que el betón utilizado en la mezcla final. Lo mismo se aplica a las muestras compuestas. La razón es simple. Los datos recopilados del diseño de la mezcla determinan la receta para la mezcla de rebanadas. La fórmula es precisa solo si los ingredientes probados en el laboratorio tienen las mismas propiedades que los ingredientes utilizados en el producto final. Las muestras se preparan de la siguiente manera:

1. Calentar completamente y mezclar el asfalto y el agregado hasta cubrir todas las partículas de agregado. Esto simula los procesos de calentamiento y mezcla que tienen lugar en la fábrica.
2. Coloque la mezcla de asfalto caliente en el molde precalentado Marshall para preparar la compactación. Aquí, use un martillo de compactación

Marshall y caliéntelo para evitar que la superficie de mezcla se enfríe cuando se golpee

3. El asfalto se comprime golpeando un martillo Marshall. El número de carreras (35, 50 o 75) depende del caudal para el que está diseñada la mezcla. Ambos lados de cada carbón reciben el mismo número de impactos. Entonces, el tubo de ensayo Marshall de 35 disparos en realidad recibe 70 disparos. Una muestra de 50 aciertos obtiene 100 aciertos. Una vez completada la compresión, enfríe la muestra y retírela del molde.

Procedimientos a realizar para del Ensayo

El Asphalt institute manual series (2015) refiere, hay tres procesos en el método de prueba Marshall. Ellos son: determinar la gravedad específica total, medir la estabilidad y el flujo Marshall, y analizar la densidad y el contenido vacío de la pieza de prueba,

para esta investigación se trabajará en base a la estabilidad. Flujo y contenido de vacíos de aire.

Los Ensayos de Estabilidad y Fluencia

El Asphalt institute manual series (2015) refiere, el Ensayo de estabilidad para determinar la resistencia a la deformación de la mezcla. La fluencia mide la deformación del material compuesto bajo carga. Calentar la muestra en un baño de agua a 60°C (140°F). Esta temperatura generalmente representa la temperatura más alta que encontrará el pavimento en uso.

- Retire el cilindro del baño de agua, séquelo y luego colóquelo de inmediato en el instrumento Marshall. El dispositivo consta de un aparato que ejerce una fuerza a la muestra y un medidor de deformación y carga (fluencia).
- La carga de prueba se aplica a la muestra a una velocidad constante de 51 milímetros (2 pulgadas) por minuto hasta que la muestra falla. El daño se define como la carga máxima que puede soportar una masa.
- La carga de rotura se registra como un valor Marshall estable y las lecturas del contador de fluencia se registran como fluencia.

El valor de Estabilidad Marshall

El Asphalt institute manual series (2015) refiere, Los valores de estabilidad de Marshall son medidas de carga. a la cual la muestra falla por completo en el

momento de realizar la prueba, al aplicar la carga lentamente, las boquillas inferior y superior del dispositivo se moverán en la dirección de aproximación y, a medida que se lee el indicador de cuadrante, la carga en la masa también aumentará.

Luego pause la carga una vez que la reciba El valor máximo. La carga máxima indicada en el medidor es el valor Marshall estable.

Para la mayoría materiales en el campo de la ingeniería, la medida de su calidad es la resistencia. Sin embargo, este no es siempre el caso de las mezclas asfálticas calientes. La estabilidad muy alta se mide por la durabilidad.

Valor de fluencia de Marshall

El Asphalt institute manual series (2015) refiere, la deformación de la briqueta se representa en centésima de pulgadas la cual representa la fluencia Marshall. La disminución del diámetro en la dirección longitudinal de la masa representa la deformación. Las mezclas con valores de fluencia bajos y valores de estabilidad marcial muy altos se consideran demasiado frágiles e incómodas. Los valores altos de fluencia se consideran demasiado dúctiles y son propensos a deformarse bajo cargas de tráfico.

Revisión de Vacíos y Densidad.

El Asphalt institute manual series (2015) refiere, Después de realizar las pruebas de fluencia y estabilidad, se realizó un análisis de densidad y vacío para cada serie de muestras. El propósito del análisis es detectar la porosidad de la mezcla comprimida.

Porcentaje de vacíos

El Asphalt institute manual series (2015) refiere, Los porcentajes de vacíos son pequeñas bolsas de aire presentes en las partículas de agregado recubiertas de asfalto. La porosidad se calcula a partir de la suma de la densidad de cada muestra comprimida y la densidad teórica de la carga (sin huecos). Esta última relación se puede calcular sobre la base de la densidad del betún y el agregado mixto, con un margen adecuado teniendo en cuenta la cantidad de asfalto absorbido por el agregado. Además, análisis directo de muestras mixtas sin comprimir mediante prueba estandarizada (AASHTO T 209). La densidad total de la muestra comprimida se determina pesando la muestra en aire y agua. Observaciones y Relaciones de Resultado de los Ensayos

El Asphalt institute manual series (2015) refiere, La representación gráfica de los resultados de la prueba a menudo revela ciertas tendencias en la relación entre el contenido de betún y el rendimiento de la mezcla. A continuación, se muestran algunas tendencias observadas al mirar el gráfico:

- A medida que aumenta el contenido de betún, la porosidad disminuye.
- Una vez que se alcanza un cierto nivel, el valor de estabilidad aumenta a medida que aumenta el contenido de asfalto. Más allá de este punto, la estabilidad disminuye a medida que aumenta el contenido de asfalto.
- A medida que aumenta el contenido de betún, también aumenta el rendimiento o el valor de fluencia.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación:

Respecto a esto Jiménez (2008) dice si surge el problema estrictamente de la práctica social y da resultados que se puedan aplicar (son aplicables y tienen constancia en su trayectoria donde se realizarán) en este caso será investigación de tipo aplicada.

Bajo esta premisa la investigación será de tipo aplicada, ya que los conocimientos son basados en teorías que ya están establecidas y dicho conocimiento se aplicará a la realidad para poder solucionar un problema de la misma.

Diseño de investigación:

Respecto a esto Hernández (2014) nos dice que el primer requisito para un método es la manipulación intencionada de una o más variables independientes. La variable independiente es una variable que se considera una causa imaginaria en la relación entre las variables que son antecedentes, y el efecto de esta causa se denomina variable dependiente (efecto).

Los investigadores pueden incluir muchas variables independientes o dependientes en su investigación. De hecho, si existe una relación causal entre las variables independientes y dependientes, cambiar intencionalmente la primera variable también cambiará la segunda. Por ejemplo, si la motivación es la causa de la productividad, entonces la motivación cambia, por lo que la productividad también debe cambiar.

Por tanto, este diseño de investigación será no experimental ya que no se podrá manipular una variable independiente para ver su influencia en la dependiente.

3.2 Variables y Operacionalización.

Acerca de las variables Monje (2011) nos dice la variable es un rasgo o atributo la cual tendría posibilidad de cambiar entre individuos y grupos, esto nos refiere que es una característica de la realidad que puede darse a sí mismo valores. En este proyecto de investigación, hay dos variables a saber, la variable dependiente y la variable independiente.

a) Variable independiente

Núñez (2007) nos refiere, La variable independiente es la cual no depenara de ninguna otra variable y es solo manipulada por la investigación y su fin es dar los resultados que se quieren encontrar.

Bajo este concepto se puede decir que la variable independiente se comporta como un elemento condicionante de las demás variables

Para esta investigación la **variable independiente** será **Diseño de pavimento flexible incorporando fibras de carbono**, porque es de total libertad y no está sujeta a la otra variable no que es viceversa.

Entonces podemos decir que la variable independiente explica, condiciona o determina los cambios en el valor de la variable dependiente.

Para nuestra investigación nuestra **variable independiente** es la **Diseño de pavimento flexible incorporando fibras de carbóno** , ya que esta es de total libertad y no está sujeta a otra variable al contrario esta es la que influirá en la dependiente.

b) Variable dependiente

al respecto Morales (2012) sostiene que la variable independiente es aquella elegida de manera libre para poder así manipularla y puede observar el efecto sobre la variable dependiente. Para tener una idea de conocimiento, métodoses la variable independiente (variable experimental) y aprendizaje (modo o test conque se mide) sería la dependiente. Por medio de esto se puede afirmar que la variable dependiente será afectada por la acción de la independiente. Llamado también efecto condicional, que son usados para medir o describir un problema a investigar.

Basado por estas definiciones, la **variable dependiente** de esta tesis, seria **Diseño de Pavimento flexible**, la cual será influenciada por **la Incorporación de fibras de carbón a la mezcla asfáltica**.

3.3 Población, muestra y muestreo

Población

Todos los asfaltos en caliente criterio de inclusión (los pavimentos flexibles en servicio que incorporen fibra de carbón)

Muestra

la muestra será el pavimento en estudio de la carretera tramo Tantamayo – Carpa no se considerará otros en el país porque el muestreo es no aleatorio y la muestra fue tomada por conveniencia 24.487 km (Km. 21+720-21+740)

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Anteriormente se mencionó que esta investigación es una de enfoque cuantitativa, por lo cual se investigará en los resultados con el instrumento el cual será el Excel para validar nuestros datos del MTC

Técnicas de recolección de datos

Para la recolección de datos previa se usará una investigación previa la cual será:

- **Estudio de Suelos:** Calicatas. Para muestras de suelo analizadas en el laboratorio para cada ensayo. La metodología posterior a la investigación involucró esencialmente dos pasos: extracción de una muestra de suelo específica para la identificación y clasificación del material, recolección de muestras representativas para pruebas de laboratorio y, finalmente, uso de los datos obtenidos. Posteriormente, fuera del gabinete para registrar los resultados del aprendizaje en forma de gráfico y texto.
- **Estudio de Tráfico:** Para preparar el informe final de investigación de tráfico, necesita información en el sitio. Puede analizar los resultados obtenidos al realizar tareas de oficina, es así que como requisito mínimo para la elaboración del estudio es necesario contar con las siguientes etapas como mínimo:

3.5 Procedimientos:

Para recaudar los datos, se emplearon diversos ensayos de laboratorio usados en investigaciones anteriores, las que están de acorde al M. C. EG - 2013. Además, para la mezcla asfáltica con material reciclado, se realizarán los siguientes ensayos:

- Diseño de Mezcla asfáltica en caliente (Método Marshall) agregando distintos porcentajes de fibra de carbono (5% 10% 15% 20% 25% y 30%)
- Se realizará el ensayo de estabilidad, flujo y % de vacíos de la mezcla asfáltica incorporando la FC con los porcentajes mencionados.

3.6 Método de análisis de datos

Existen varios métodos comprendidos en la investigación científica, en este caso se usa un método analítico, descriptivo que se relaciona a la hipótesis.

De acuerdo a esta técnica, se realizará un análisis de regresión lineal, de tal manera que se realizará un análisis de la manera cómo influye la carpeta asfáltica reciclada en una nueva mezcla asfáltica.

3.7 Aspectos éticos

Los principios éticos serán los que sustenten la veracidad y transparencia del este proyecto de investigación, teniendo reserva que la información buscada de manera confidencial, respetando los datos de autores y de nuestra autoría. Se respetará la veracidad de la información brindada en el estudio y la preservación y cuidado del medio ambiente.

IV. RESULTADOS

En el presente capítulo se describen los resultados que se obtuvieron de la investigación. Se evaluó los resultados obtenidos durante las pruebas para determinar el rendimiento. Análisis físico y mecánico de mezclas de asfalto modificadas con distintos porcentajes de fibra de carbono. La comparación de los resultados es esencial para determinar la mejora de la mezcla. Modificado de la mezcla convencional.

Para obtener la tabla estadística, se extrajeron los resultados de diferentes trabajos similares del porcentaje total de FC y se ingresaron al programa de matemáticas de mathcad y se obtuvieron los resultados.

Resultado del Estudio de suelos

La **tabla 1** Contiene la información obtenida en el campo y los resultados de las pruebas de laboratorio, y utiliza la clasificación SUCS y AASHTO para clasificar los materiales en el suelo. El suelo que existe en esta área es denso y semidenso, en algunas áreas hay grava fina o todas las rocas están presentes. La humedad natural en esta área es muy común porque se encuentra en el área superior y, además, el material de arcilla no se deja drenar, lo que se demuestra en las pruebas proporcionadas. Las propiedades de suelo dadas fueron tomadas del expediente técnico 102 Provias de las cuales se describen en las tablas siguientes:

Tabla 1 Clasificación de suelos de los materiales mediante la clasificación SUCS y AASHTO

Progresiva (Km)	Descripción del material	Clasificación
0+050	Arenas limosas	SM
6+000	Arenas limosas	SM
18+000	Arenas limosas, Arenas Arcillosas mezclas de arena con arcilla	SM -SC
24+500	Arenas limosas, Arenas bien graduadas con pocos o sin finos	SM - GW

Fuente: Expediente técnico para el mantenimiento periódico de la carretera TANTAMAYO - CARPA |

Análisis del suelo de fundación

La **tabla 2** contiene la información Capacidad de Soporte CBR (California Bearing Ratio), Cada prueba se realiza en una muestra representativa de chimeneas y el CBR del diseño utilizado para ese diseño es del 15%. **Tabla 2 Análisis de suelo de fundación**

progresiva (km)	CBR%
00+050	10.3
06+000	13.2
18+000	18
24+500	21.4

ANALISIS DE TRÁFICO

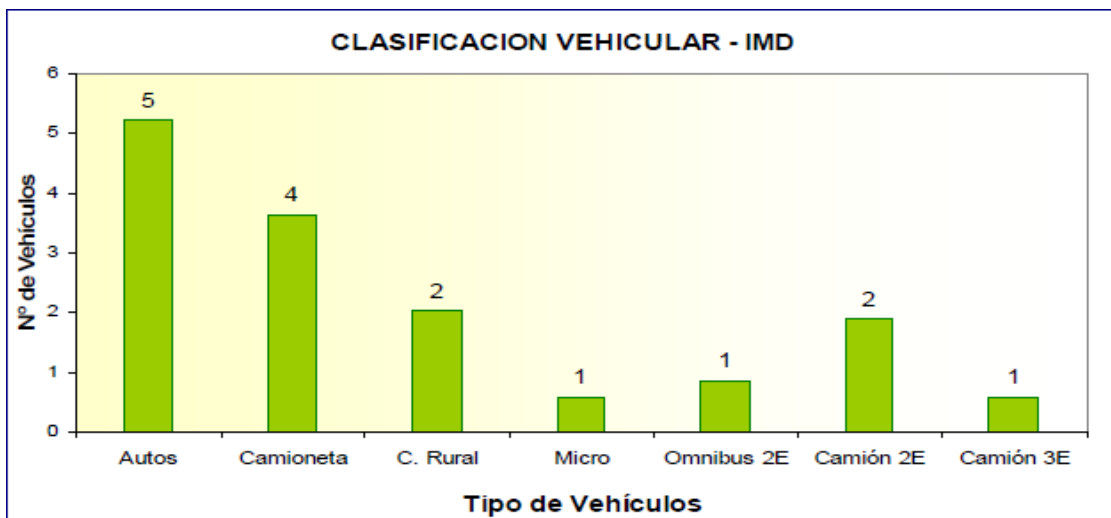
Tabla 3, donde se observa el IMD de 15 vehículos diarios, compuesto por 77.45% vehículos ligeros, 5.88% Ómnibus de 2E y 11.58% vehículos pesados. Los vehículos de transporte de carga están compuestos por 16.64%; 12.75% por camiones de 2 ejes pesados, 3.92% de camiones de 3 ejes, 0% por camiones de 4 ejes, 0% por camiones semi-traylers y 0% por camiones traylers; también se observa el gráfico por tipo de vehículos con sus respectivos valores.

Tabla 3 *Conteo de tráfico vehicular*

Clasificación E-1 (Veh/día)		
Tipo de Vehículos	IM D	Distrib. %
Autos	5	35.29
Camioneta	4	24.51
C. Rural	2	13.73
Micro	1	3.92
Omnibus 2E	1	5.88
Camión 2E	2	12.75
Camión 3E	1	3.92
TOTAL IMD	15	100.00

Fuente: Expediente técnico para el mantenimiento periódico de la carretera
TANTAMAYO - CARPA

Fuente: Expediente técnico para el mantenimiento periódico de la carretera TANTAMAYO - CARPA



Clasificación vehicular IMD

Figura 3 Clasificación vehicular IMD

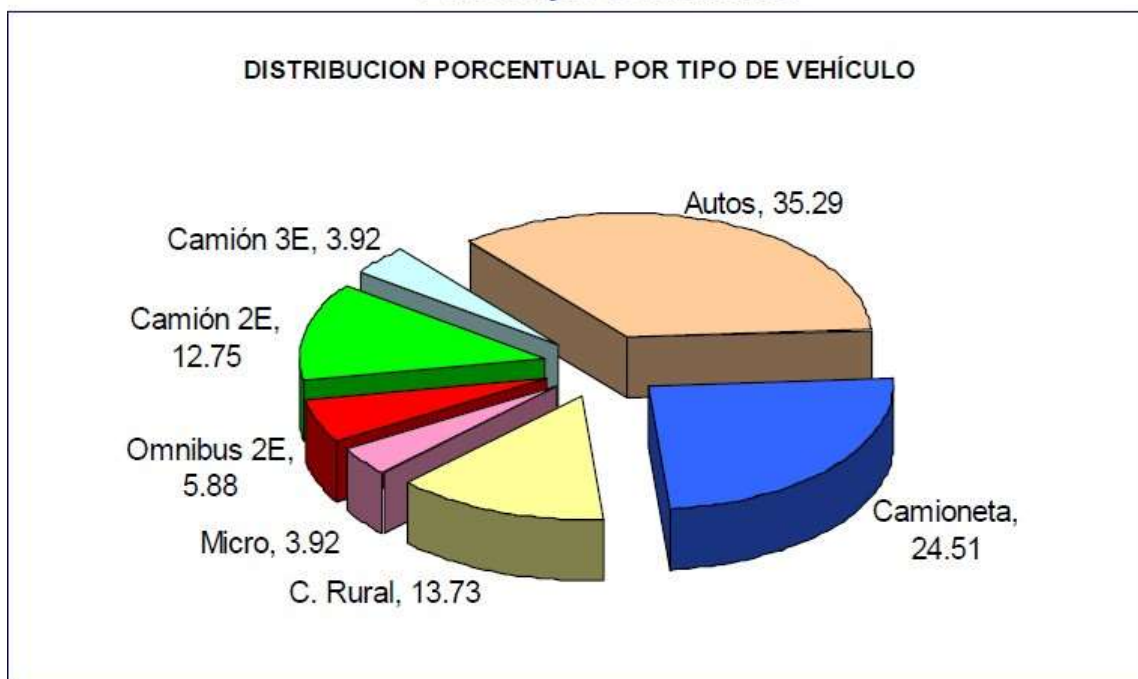


Figura 4 Gráfico de Composición Vehicular y sus respectivos Porcentajes de incidencia

Para calcular el número de iteraciones para el eje estándar correspondiente a 8.2tn, use la siguiente fórmula:

Obteniendo un ESAL, mediante el estudio de tráfico de: $EAL_{8.2 Tn} = 1.1 \times 10^4$

Resultado para las propiedades del asfalto modificado

Ensayo Marshall

La tabla 4, describe los requisitos mínimos para un diseño de mezcla con el ensayo Marshall para cada tipo de vía.

Tabla 4 Requisitos para mezcla de concreto bituminoso

Parámetro de Diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
Marshall MTC E 504			
Estabilidad (mínimo)	8.15kN	5.44kN	4.53kN
Flujo 0,01" (0,25 mm)	2.03-3.56mm	8-16	8-20
Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)	3-5	3-5	3-5

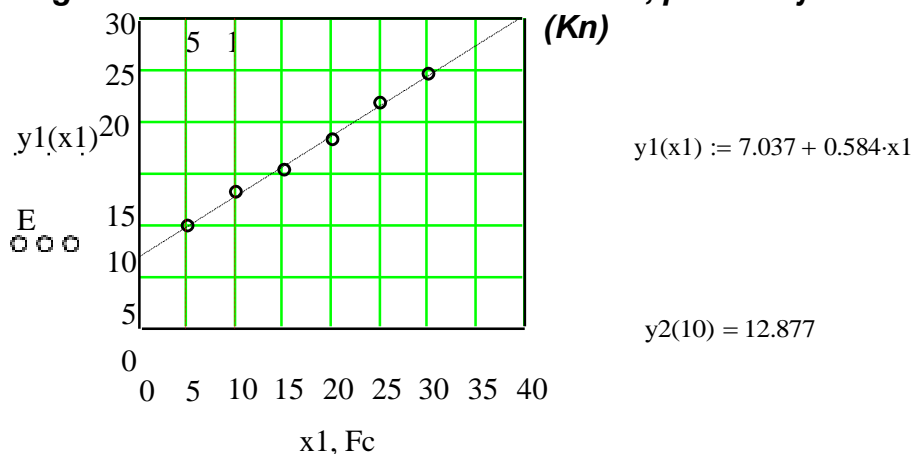
Fuente: Manual de carreteras

Resultado para la estabilidad

Para los resultados de estabilidad se tomaron distintas muestras con diferentes porcentajes de fibras de carbono los cuales fueron extraídas de trabajos internacionales y nacionales los que usaron las proporciones de (5%,10%,15%,25%y30%) descritos en el anexo 4

Resultados de estabilidad (Mathcad 15)

Figura 5 Gráfico de la media de variables, porcentaje de FC y estabilidad



La Tabla 5 La estabilidad de la fibra de carbono de la mezcla asfáltica caliente (12,88 Kn) a 10 ° indica que cumple con los requisitos de la mezcla asfáltica (mínimo 8,15 Kn).

Tabla 5 ANOVA para la estabilidad

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedios	F0
Modelo	149.212	2	$\frac{149.212}{2} = 74.606$	$\frac{74.606}{0.169} = 441.456$
Error	0.508	3	$\frac{0.508}{3} = 0.169$	$qF(0.95, 2, 3) = 9.552$
Total	149.72	5		

Fuente: Mathcad

$$\text{Coeficiente de correlación} = R := \frac{149.212}{149.721} R = 0.997$$

Dado que la relación F es mayor que qF (0,95, 2, 3), la hipótesis nula es rechazada por el nivel de confianza del 95%. Los resultados del análisis de varianza son que la aplicación de la fibra de carbono proporciona la estabilidad adecuada para el método Marshall.

Resultado para la fluencia o flujo

Fuente: Mathcad

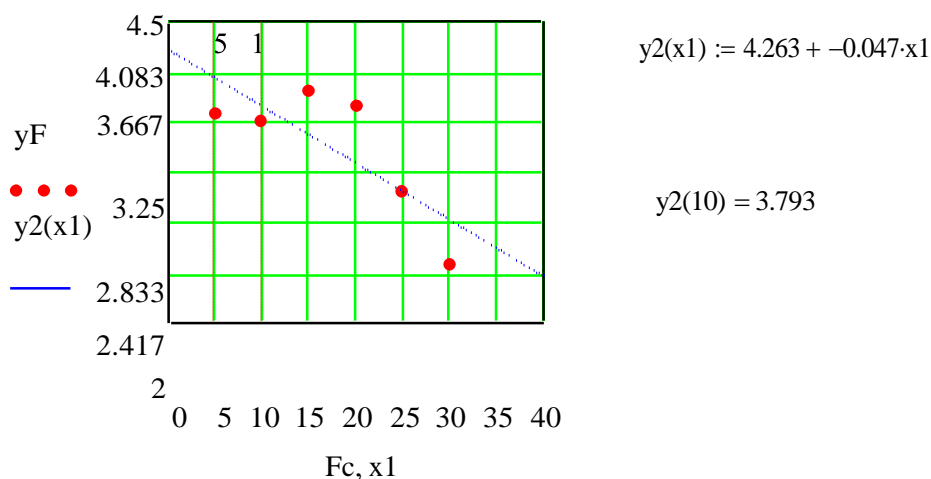


Figura 6 Gráfico de la media de variables, porcentaje de FC y fluencia o flujo (Kn)

El grafico 6 nos indica que la fluencia con un 10% de fibra de carbono a la mezcla asfáltica en caliente (3.79mm) satisface los requisitos para mezcla de concreto

bituminoso, la cual es de un rango de 2.03-3.56mm.

Resultado para porcentaje de vacíos de aire

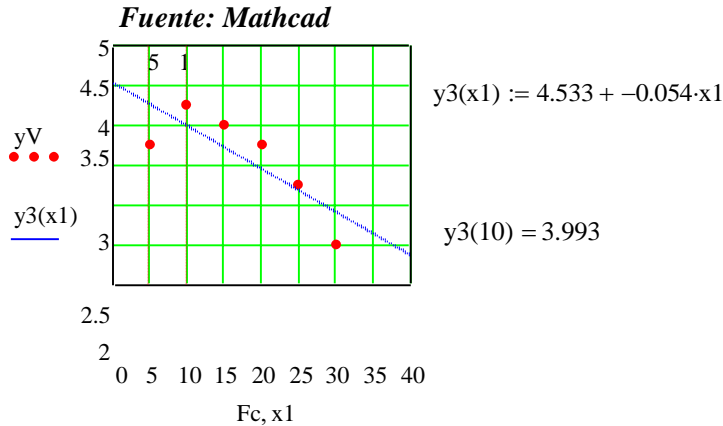


Figura 7 Gráfico de la media de variables, porcentaje de FC y fluencia o flujo (Kn)

El grafico 7 El porcentaje de vacíos de aire presente en 10 fibras de carbono de la mezcla bituminosa caliente (3,99%) cumple con los requisitos de la mezcla bituminosa (alrededor del 35%).

Resultados para el diseño del pavimento flexible

La **tabla 6**, describe los datos los cuales fueron sacados del expediente técnico del proyecto para el diseño del pavimento flexible.

Tabla 6 datos para el diseño

<u>DATOS:</u>	
ESAL DE DISEÑO	5,000,000.00
CONFIABILIDAD	75%
DESVIACION	-0.674
SERV INICIAL (Po)	4.20
SERV FINAL (Pt)	2.00
DELTA PSI	2.20
So	0.45
<u>DATOS DE SUELO</u>	
CBR BASE (%)	80
CBR SUBBASE (%)	30
CBR SUBRASANTE (%)	15
ESTABILIO MARSHALL (N)	1288
F'c (Mpa)	4.2
Módulo Resiliente (Psi)	14,457.4

Fuente: expediente técnico de mantenimiento periódico de la carretera TANTAMAYO - CARPA

La **tabla 7**, describe los datos para los espesores del pavimento flexible las cuales serán 0.10m la carpeta asfáltica, 0.22m la base y 0.25m la base

Tabla 7 *Espesores de la carpeta asfáltica*

CAPA DE MATERIAL	Coeficiente de Capa (a)	Coeficiente de Drenaje (m)	ESPESO R (Pulg)	Numero Estructural de Capa (SN)	ESPESO R (cm)	Numero Estructural de Capa (SN)
Asfalto	0.18	1	4.00	0.734	10.00	1.835
Base	0.00	1	8.00	0.000	22.00	0.000
Sub-Base Granular	0.13	1	10.00	1.301	25.00	3.251

Fuente: *Elaboración propia*

V. DISCUSIÓN

Partiendo de los resultados hallados se aceptará la hipótesis alternativa general la cual nos dice que si hay relación de dependencia entre Diseño de pavimento flexible incorporando fibra de carbón a la mezcla asfáltica para el pavimento Tantamayo – Carpa Huánuco. Este capítulo de este proyecto de investigación establece que pueden percibir sus diferencias o similitudes en el contexto de los capítulos anteriores. Para permitir la comprensión de diferentes perspectivas en términos de CBR, calcule el número de repeticiones de eje equivalentes (llamado ESAL) y comprenda el análisis de los datos recopilados por Mathcad-15™ y los métodos involucrados al usar el software con datos existentes.

Los resultados del estudio de suelo fueron un CBR de diseño de 15% los cuales guardan semejanza con los resultados obtenidos por Escobar, Huincho (2014) los mismos encontraron un CBR de 10% los resultados de este estudio fueron semejantes porque según el manual de carreteras de suelo, geología, geotecnia y pavimentos lo clasifica como suelo Subrasante buena.

Sin embargo los resultados de tipo de suelo fueron distintos ya que lo descrito por dichos autores arrojó un suelo de tipo GM (gravas limosas mezcla de grava arena limosa) mientras en los resultados hallados en esta investigación se hallaron suelos de tipo SM (arenas limosas), SC (arenas arcillosas mezclas de arena con arcilla) y GW (Arenas bien graduadas con pocos o sin finos)

El resultado del cálculo del número de ejes equivalentes (ESAL) repetido en el estudio de tráfico alcance 1.1×10^4 dentro de 20 años, lo que cumplirá con el nivel de servicio establecido y calculado por AASHTO 93, y aquellos que realizan cálculos de investigación de flujo para encontrar Se espera que ESAL $12.00E + 06$ involucre uno de esos 30 años diferentes en 3'461,289.24 de Vega (2018) y Hanco (2016) que tienen aproximadamente 20 años. Los resultados de este estudio nos permitieron encontrar el número esperado de repeticiones acumuladas durante el período de diseño de acuerdo con el método AASHTO, que determina el grosor de la carpeta enrollada, pero los resultados obtenidos por Vega (2018) y la investigación desde que obtuvieron el estudio de tráfico 12856298 Se espera que dure 20 años, que es mucho más grande que los autores anteriores.

En los resultados se guardan relación en cuanto a lo que sostuvo Cleven (2015) y Lynn (2016), los cuales manifestaron en sus resultados que la adición de fibra de carbono mejora las propiedades de estabilidad, flujo y porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica en caliente los cuales fueron agregados en distintas cantidades. Lo cual es afín con los resultados que en este proyecto de investigación se encontró.

Pero en lo que no concuerdan los estudios de los autores mencionados anteriormente es en la cantidad de fibra a agregar a la mezcla asfáltica en caliente ya que por un lado Cleven (2015) no se centra en la cantidad de fibra de carbono a agregar a la misma si no que busca los resultados de las propiedades mecánicas del pavimento, a su vez Lynn (2016) se centró en las pruebas para resistencia eléctrica del pavimento.

Los resultados para el diseño del pavimento flexible fueron para la carpeta asfáltica carpeta de asfáltica 0.10m, base 0.22m y sub-base granular 0.25m. los cuales fueron distintos a los resultados de los estudios de Cleven (2015) y Lynn (2016) quienes encontraron respectivamente de asfáltica 0.08m, base 0.20m y sub-base granular 0.30m. dado que la estabilidad fue variante lo mismo que el CBR del estudio de suelos correspondiente a su investigación que fue realizada en otra zona distinta al lugar de nuestra investigación.

Los resultados hallados en este estudio guardan mejor concordancia con los de los autores antes mencionados en lo que la estabilidad del diseño de mezcla refiere, ya que al agregar la fibra de carbono mejora considerablemente estos parámetros lo cual demuestra lo beneficioso que puede ser la aplicación de la fibra de carbono.

En cuanto a los resultados de la estabilidad y porcentaje de vacíos de aire obtenidos de la recopilación de datos y procesados en el Mathcad-15™, se hayo que con el porcentaje de 10% de fibra de carbón agregado a la mezcla cumplió con los parámetros dados por el Manual de Carreteras 2013 dado que los parámetros fijados en dicho manual establecen cierto rango para el diseño de mezcla.

Sin embargo, los resultados hallados no satisficieron en un rango mínimo exacto al de fluencia o flujo por lo dispuesto en el Manual de carreteras ya que arrojó un 3.79mm siendo un 2.03-3.56mm lo establecido como mínimo en dicho manual, lo

cual que por no ser un estudio para un diseño a realizarse se colocó como optimo el 10% de agregado de fibra de carbono.

VI. CONCLUSIONES

1. Con respecto al resultado de estudio de suelos se realizó la clasificación de suelos de los materiales mediante la clasificación SUCS y AASHTO. Los suelos que existen en la zona, son suelos compactos y semi compactos con presencia en algunas áreas de grava fina o presencia de roca en su totalizada. La humedad natural de zona es común por encontrarse en zona alta, además de contar con material arcilloso que no permite su drenabilidad propia el cual es demostrado con los ensayos presentados. Las descripciones encontradas fueron arenas limosas (SM), arenas arcillosas, mezclas de arena con arcilla (SM) y Arenas bien graduadas con pocos o sin finos (GW). Para calcular la Capacidad de Soporte CBR (California Bearing Ratio), se efectuó los respectivos ensayos a las muestras representativas del suelo de cimentación obteniendo un CBR de diseño de 15%, el cual fue usado para el diseño.
2. En lo que al estudio de tráfico concierne se encontró que el número de ejes equivalentes (ESAL), para el pavimento flexible fue de 1.1×10^4 el cual se obtuvo con datos complementarios encontrados en el expediente técnico de este proyecto que se realizó en Tantamayo – Carpa. La clasificación vehicular para el tramo se presentó de la siguiente manera: Autos (35.89%), Camionetas (24.51%), Camioneta Rural (13.73%), Micro (3.92%), Ómnibus 2E (85.82%), Camión 2E ligeros, Camión 2E pesados y Camiones de 3E (3.92%). El cual fue usado para el diseño.
3. En las propiedades del asfalto modificado para el diseño nos enfocamos en el método Marshall los cuales nos fijamos en la estabilidad, fluencia o flujo y el porcentaje de vacíos de aire, para estos resultados obtuvimos recopilación de estudios similares a este de donde se tomaron los datos que fueron los distintos porcentajes (05%, 10%, 15%, 20%, 25%, y 30%) de fibras de carbono utilizando como herramienta el programa Mathcad para hallar las medias y el análisis de varianza con dichos datos, teniendo como referencia los requisitos para mezcla de concreto bituminoso del manual de carreteras (2013), dando como resultado que con un 10% de agregado de fibra de carbono a la mezcla asfáltica se satisface todos los requisitos de diseño, la estabilidad que nos arrojó 12.87Kn, la fluencia o flujo 3.79mm y el porcentaje de vacíos de aire 3.90%, al agregar mayor porcentaje de fibra de carbono

también se satisface con los requisitos pero basándonos en la economía con el 10% fue lo ideal. Los datos obtenidos de la estabilidad se usaron para el diseño del pavimento

4. En la elaboración para diseño del pavimento flexible se tuvo como herramienta Hoja de Excel para el cálculo de espesores de pavimento flexible, la cual se rige del AASTHO 93, los datos que se requirieron para dicho diseño fueron tomados del expediente técnico para el mantenimiento periódico de la carretera TANTAMAYO – CARPA y la estabilidad agregando 10% de fibra de carbono a la mezcla asfáltica en caliente, dando como resultados las siguientes dimensiones para la carpeta asfáltica : Asfalto o carpeta de rodadura 0.10m, base 0.22m y sub-base granular 0.25m.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio adecuado de suelos y conteo de tráfico de esta forma se podrá obtener mayores y mejores resultados para el diseño de cualquier pavimento.
2. verificar los resultados y conclusiones de este artículo. Primero, el porcentaje de fibra de carbono debe mantenerse durante la mezcla con el agregado. Sin aumentar el porcentaje de fibra, los beneficios potenciales del asfalto modificado con fibra de carbono nunca se pueden obtener. El tamaño máximo de agregado puede afectar la longitud final de la fibra.
3. estudiar la calidad inicial de la mezcla de asfalto y los beneficios de agregar fibra de carbono. El costo de la fibra de carbono no garantiza que solo se use en mezclas de asfalto de menor calidad. Se debe encontrar que la fibra de carbono facilita la amplia aceptación de todas las mezclas de asfalto.
4. Investigar más a fondo el asfalto modificado con fibra de carbono ya que es un área de estudio relativamente nueva con un gran potencial para futuras investigaciones. Esta investigación debería centrarse en algunas de las propiedades específicas discutidas en esta tesis.

REFERENCIAS

CLEVEN, M. A. (2017). *Investigation of the properties of carbon fiber*. Michigan.

comunicaciones, M. d. (2013). *Manual de carreteras*. Peru.

CUTTI HUALLPA, K. (2015). *ANALISIS EXPERIMENTAL DEL USO DE LAS FIBRAS DE CARBONO PARA EL REFORZAMIENTO EN UNA VIGA PERALTADA, DE CONCRETO ARMADO PARA UNA EDIFICACION EN LA CIUDAD DE LIRCA Y ANGARAES HUANCVELICA*. Huancavelica.

DAVILA, M. N. (2017). *INCORPORACION DE POLVO DE CAUCHO EN MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO DE LA SUPERFICIE DE RODADURA FRENTE AL AHUELLAMIENTO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO 2016*. Huancayo.

De la Cruz Alanya, E. (2019). *Estabilización de mezclas asfálticas Stone Mastic Asphalt utilizando fibras de basalto como sustituto de las fibras de celulosa*. Lima.

ELÍAS, M. P. (2013). *COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA)*. Quito.

ESCOBAR, L. M. (2012). *Diseño de pavimento flexible y rígido*. Armenia.

Fitzgerald, R. L. (2018). *Novel Applications of Carbon Fiber for Hot Mix*. MICHIGAN.

González, J. J., & González, O. D. (2014). *FACTIBILIDAD DEL USO DE FIBRA DE CARBONO RECICLADA COMO REFORZANTE MECÁNICO EN POLIURETANO*. Chihuahua.

HERNÁNDEZ, C. A., & AYALA, L. F. (2018). *MODIFICACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS LISTAS PARA INSTALAR EN CALIENTE MEDIANTE FIBRAS DE VIDRIO Y FIBRAS SikaFiber® AD*. Bogota.

Hugo Alexander, R. Q. (2007). *METODOLOGÍAS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES*. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 26.

HUINCHO OCHOA, J. B. (2017). *DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, BAJO INFLUENCIA DE PARÁMETROS DE DISEÑO DEBIDO AL DETERIORO*

DEL PAVIMENTO EN SANTA ROSA – SACHAPITE, HUANCVELICA - 2017. Huancavelica.

Institute, A. (2002). *Principios de construccion de pavimentos de mezcla asfaltica en caliente.* Estados Unidos.

Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de transito. (2008). Lima.

Marroquín, B. J. (2017). *Mezclas asfálticas en caliente adicionando tereftalato de.* Guatemala.

Melchor. (2016). *DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.* lima.

PERDOMO, J. C., & MELO, P. A. (2016). *MEZCLAS DENSAS EN CALIENTE MODIFICADAS POR VÍA HÚMEDA CON GRAFITO.* Bogota.

Shalash, M. A., & Baanoon, M. R. (2019). Carbon Fiber-Reinforced Asphalt Concrete: An Investigation of Some. *Materials Science and Engineering.*

Valverde, D. E. (2019). *Caracterización piezoresistiva de hormigón reforzado con fibras de carbono reciclado con aplicaciones Autosensoriales .* Barcelona.

Zambrano, W. E. (2016). *Diseño Estructural de Pavimentos.* Ecuador: utmach.

ANEXOS

Anexo 1 Matriz de operacionalización de variables

Variable	Def. Conceptual	Def. Operacional	Dimensiones	Indicadores	Medicion
Independiente	<p>Quintana y Hugo (2007) Cuando hablamos de cómo diseñar un suelo flexible, siempre nos referimos a propiedades mecánicas o experimentales (empíricas). En este caso, a través de observaciones y mediciones en el sitio, el comportamiento de la carretera en el sitio será apropiado.</p>	<p>Jahromi, Saeed Ghaffarpour; Khodaii, Ali (2015) La fibra de carbono exhibe consistencia en los resultados, y la adición de fibra afecta las propiedades de las mezclas bituminosas, es decir, un aumento en su estabilidad y una disminución en el valor del flujo, así como un aumento en los vacíos en la mezcla. las fibras tienen el potencial de resistir el estrés estructural en el pavimento.</p>	Características del suelo	Resistencia	kg/cm ²
<p>Diseño de pavimento flexible incorporando fibras de carbón</p>				CBR	Adimensional
			Conteo Vehicular	Promedio	Veh/hora
ESAL				Adimensional	
			asfalto con fibra de carbono	Análisis Marshall	
Dependiente	<p>Facultad de Ciencias y Tecnología (2017). Se considera que la estructura de un pavimento flexible está conformada por una superestructura arriba de una fundación, esta debe ser el resultado de un previo análisis geotécnico correspondiente.</p>	<p>Zambrano (2016) El empaque flexible consiste en asfalto que se extiende sobre una capa o subcapa granular, que es una capa sostenida por tierra comprimida, comúnmente conocida como la capa inferior. Algunas superficies de asfalto contienen una capa tratada con bst, mientras que otras tienen un componente de mayor dureza.</p>	Pavimento flexible con asfalto convencional y con asfalto modificado	Espesor Base	mm
<p>Estructura de Pavimento flexible</p>				Espesor sub-base	mm
				Espesor de Asfalto	mm
				Análisis Marshall	

Anexo 2: Instrumento de recolección de datos % de fibra de carbono tomado de tesis para el diseño

TESIS	% DE FC	ESTABILIDAD (KN)	FLUJO (2.0-3.56)mm	% DE VACIOS DE	estudio de suelo		estudio de trafico
					CBR	Clasificacion	numero ESAL
"Hormigón de asfalto reforzado con fibra de carbono: una investigación de algunas propiedades eléctricas y mecánicas ."(2019)	5.0%	10.5	4.0	5	19.70%	suelo arenoso con limos	461973.93
	10.0%	15.0	4.5	6			
	15.0%	16.0	3.6	4			
	20.0%	18.0	3.0	7			
	25.0%	22.0	2.3	2			
	30.0%	24.5	2.0	2			
"INCORPORACION DEFIBRA DE CARBONO EN MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO DE LA SUPERFICIE DE RODADURA FRENTE AL AHUELLAMIENTO EN LA	5.0%	11.6	3.5	3	9.60%	grava mal granulada	689524.65
	10.0%	15.3	3.1	3			
	15.0%	17.5	3.0	3			
	20.0%	20.5	4.4	4			
	25.0%	23.3	3.5	4			
	30.0%	25.5	2.8	3			
"EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS REFORZADAS CON FIBRAS de carbono" (2017)	5.0%	12.5	3.1	3	14.80%	Limio organico	568924.12
	10.0%	14.2	3.5	4			
	15.0%	16.5	4.3	4			
	20.0%	19.0	4.8	5			
	25.0%	22.6	3.7	4			
	30.0%	24.9	2.8	3			
MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE ADICIONANDO FIBRAS DE CARBONO COMO AGREGADO POR EL MÉTODO DE MARSHALL (2017)	5.0%	5.3	4.3	4	10.12	Grava limosa	235689.36
	10.0%	8.7	3.6	4			
	15.0%	11.5	3.5	4			
	20.0%	15.8	3.0	3			
	25.0%	19.6	2.8	3			
	30.0%	23.8	2.3	2			

Anexo 3 media de los % de la aplicación de fibra de carbono para hallar la estabilidad.

Mathcad - [Apaza Robles Estabilidad]

Fichero Editar Ver Insertar Formato Herramientas Simbólica Ventana Ayuda

Normal Arabic Transparent 10 B I U

Mi sitio

$FC := (5 \ 5 \ 5 \ 5 \ 10 \ 10 \ 10 \ 10 \ 15 \ 15 \ 15 \ 15 \ 20 \ 20 \ 20 \ 20 \ 25 \ 25 \ 25 \ 25 \ 30 \ 30 \ 30 \ 30)$
 $Estabilidad := (10.5 \ 11.60 \ 12.50 \ 5.30 \ 15.00 \ 15.30 \ 14.20 \ 8.70 \ 16.00 \ 17.50 \ 16.50 \ 11.50 \ 18.00 \ 20.50 \ 15.80 \ 19.00 \ 22.00 \ 23.30 \ 19.50 \ 22.50 \ 24.50 \ 25.50 \ 23.80 \ 24.90)$

$x := FC^T$ $y := Estabilidad^T$
 $x1 := 0, 0,1 .. 40$

$y1(x1) := 7.037 + 0.584 \cdot x1$

$Fc := \begin{pmatrix} 5 \\ 10 \\ 15 \\ 20 \\ 25 \\ 30 \end{pmatrix}$ $E := \begin{pmatrix} \text{mean}(E5) \\ \text{mean}(E10) \\ \text{mean}(E15) \\ \text{mean}(E20) \\ \text{mean}(E25) \\ \text{mean}(E30) \end{pmatrix}$

$E5 := \begin{pmatrix} 10.5 \\ 12.5 \\ 11.6 \\ 5.3 \end{pmatrix}$ $E10 := \begin{pmatrix} 15 \\ 14.2 \\ 15.3 \\ 8.7 \end{pmatrix}$ $E15 := \begin{pmatrix} 16 \\ 16.5 \\ 17.5 \\ 11.5 \end{pmatrix}$ $E20 := \begin{pmatrix} 18 \\ 15.8 \\ 20.5 \\ 19 \end{pmatrix}$ $E25 := \begin{pmatrix} 22 \\ 19.6 \\ 23.3 \\ 22.6 \end{pmatrix}$ $E30 := \begin{pmatrix} 24.5 \\ 23.8 \\ 25.5 \\ 24.9 \end{pmatrix}$

$\text{slope}(Fc, E) = 0.584$
 $\text{intercept}(Fc, E) = 7.037$

$y2(Fc) := 7.037 + 0.584 \cdot Fc$
 $y_{\text{modelo}} := y2(Fc)$

Anexo 4 análisis de varianza (ANOVA).

Anova

$$SST := \sum_{i=0}^5 (E_i - \text{mean}(E))^2 \quad SST = 149.721$$

$$SSreg := \sum_{i=0}^5 (y_{\text{modelo}_i} - \text{mean}(E))^2 \quad SSreg = 149.212$$

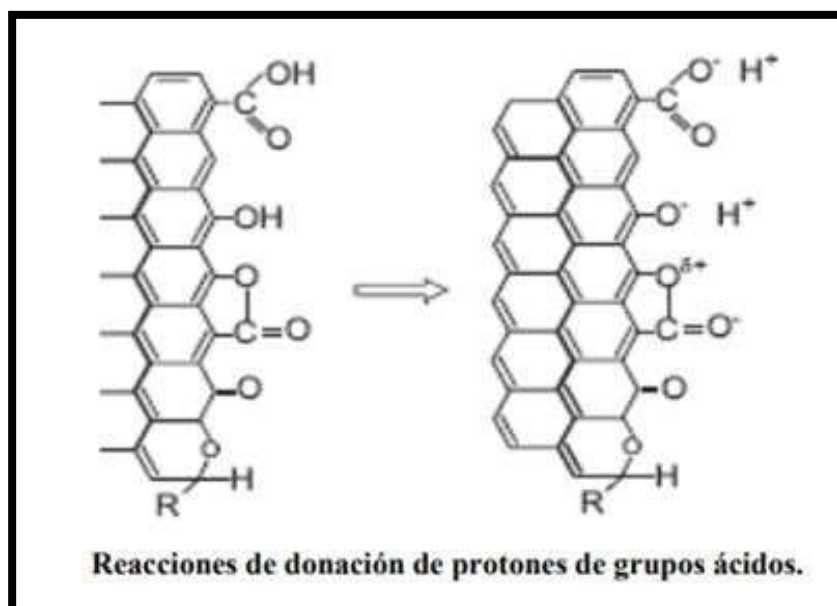
$$SSe := SST - SSreg \quad SSe = 0.508$$

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Promedios	F0
Modelo	149.212	2	$\frac{149.212}{2} = 74.606$	$\frac{74.606}{0.169} = 441.456$
Error	0.508	3	$\frac{0.508}{3} = 0.169$	$qF(0.95, 2, 3) = 9.552$
Total	149.721	5		

Anexo 5 Proyecto Tantamayo - Carpa



Anexo 6 imágenes



Anexo 7 Excel usado para el diseño de la carpeta asfáltica

Diseño de Pavimento V.1 2015 - Excel

renato miguel robles RM

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Ayuda ABBYY FineReader 12 ¿Qué desea hacer? Compar

Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición

B3

1999 AASHTO Guide for Design of Pavement Structures

POR RICARDO ESTRADA

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
AASHTO 93

ACEPTAR

PARÁMETROS
 EDA DE DISEÑO: 5,000,000.00
 CONFIABILIDAD: 75%
 DESVIACION SERVICIAL (P_s): 4.28
 DESVIACION SERVICIAL (P_f): 2.38
 DELTA PSI: 2.32
 S_e: 8.45

PARÁMETROS DE SUELO
 CBR BASE (X): 88
 CBR SUBBASE (Y): 38
 CBR SUBGRANITE (Z): 5
 ESTABILIDAD MARSHALL: 3888
 F_a (Psi): 4.2
 Modelo Realista (Psi): 7,157.8

$$\log_{10}(DF_{10}) = 2.0 - Z_p + 0.36 \log_{10}(GV + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{1094}\right) + 2.32 \log_{10}\left(\frac{1}{GV + 1}\right)}{0.40 + \left(\frac{1}{GV + 1}\right)^{1.5}}$$

log₁₀(DF₁₀): 6.839
 log₁₀(DF₁₀): 6.839
 N_{ES}: 5,839

CAPA DE MATERIAL	Coefficiente de la Capa (C ₁)	Coefficiente de la Base (C ₂)	ESPESES (Pulg)	Numero Estructural de la Capa	ESPESES (Pulg)	Numero Estructural de la Capa
Asfalto	1.45	1	4.00	1.278	18.88	4.254
Tránsito simple	1.00	1	8.00	8.000	22.88	8.000
Base Granular	1.45	1	18.88	1.841	25.88	3.251

N_{ES} (Calculada): 8,884 7,575
 N_{ES} (Especificada): 8,839 8,839
ADJUSTAR ESPESORES/ADJUSTAR ESPESORES

REPORT

Espesor en mm Espesor en pulgadas
 18.88 0.743
 28.32 1.115
 25.4 1.000

Anexo 8 caratula del expediente técnico Proyecto Tantamayo - Carpa

REPUBLICA DEL PERU

MTC
Ministerio de Transportes y Comunicaciones

**PROVIAS
DESCENTRALIZADO**

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE DESCENTRALIZADO
PROVIAS DESCENTRALIZADO

GERENCIA DE PROYECTOS – SUBGERENCIA DE ESTUDIOS

**EXPEDIENTE TECNICO DE MANTENIMIENTO PERIODICO DE LA CARRETERA
TANTAMAYO - CARPA**

FALTA DE DRENAJE

KM 9 + 500

Manto rocoso

KM 18 + 500

EXPEDIENTE TECNICO

DICIEMBRE 2010

Anexo 9 Ensayos de Laboratorio de Calidad de Canteras y Fuentes de Agua

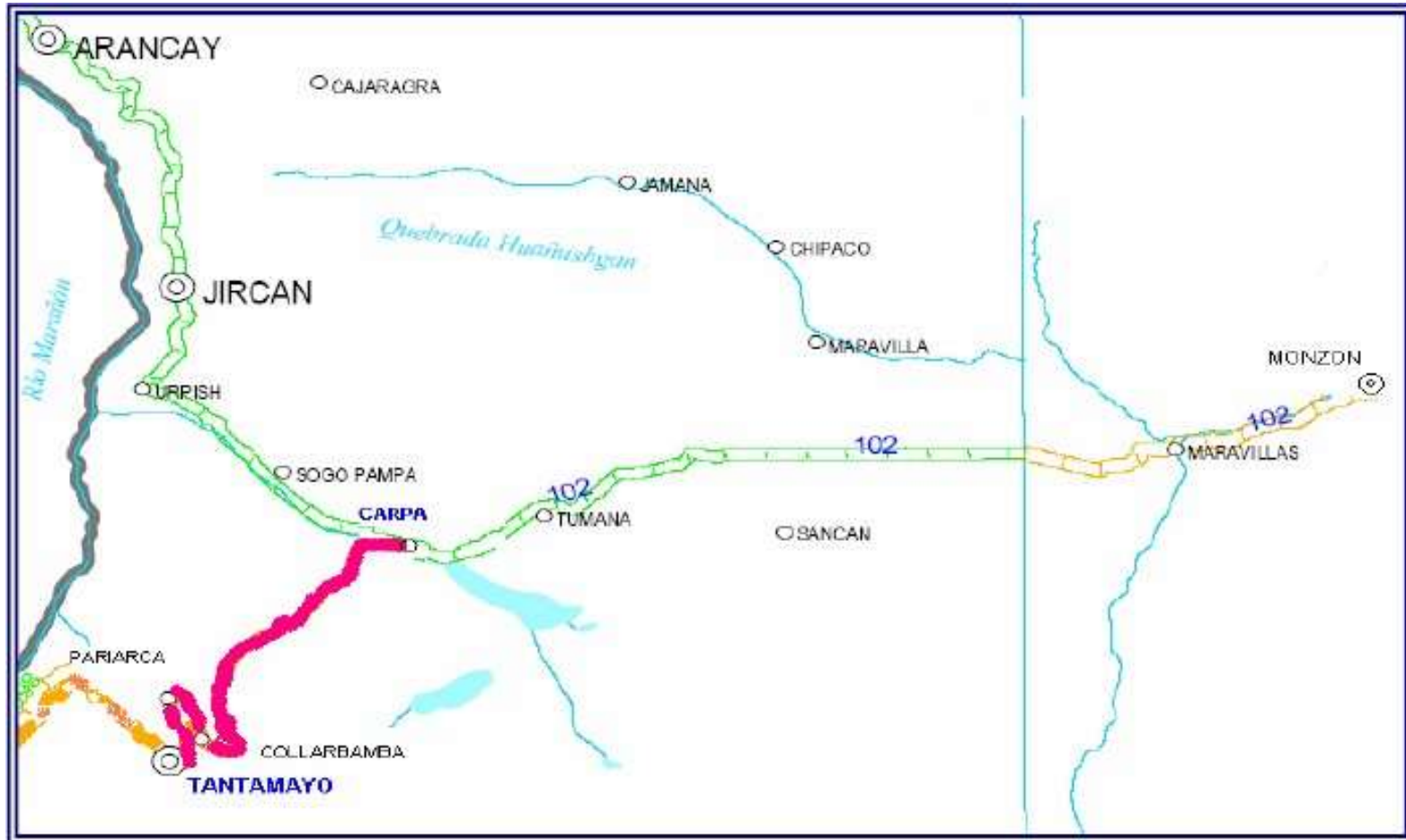
Canteras para Afirmando :

- Análisis Granulométrico
- Límite Líquido
- Límite Plástico
- Equivalente Arena
- clasificación SUCS y AASHTO
- C.B.R
- Proctor modificado
- Abrasión
- Material que pasa Tamiz N° 200
- Gravedad Específica del agregado Grueso

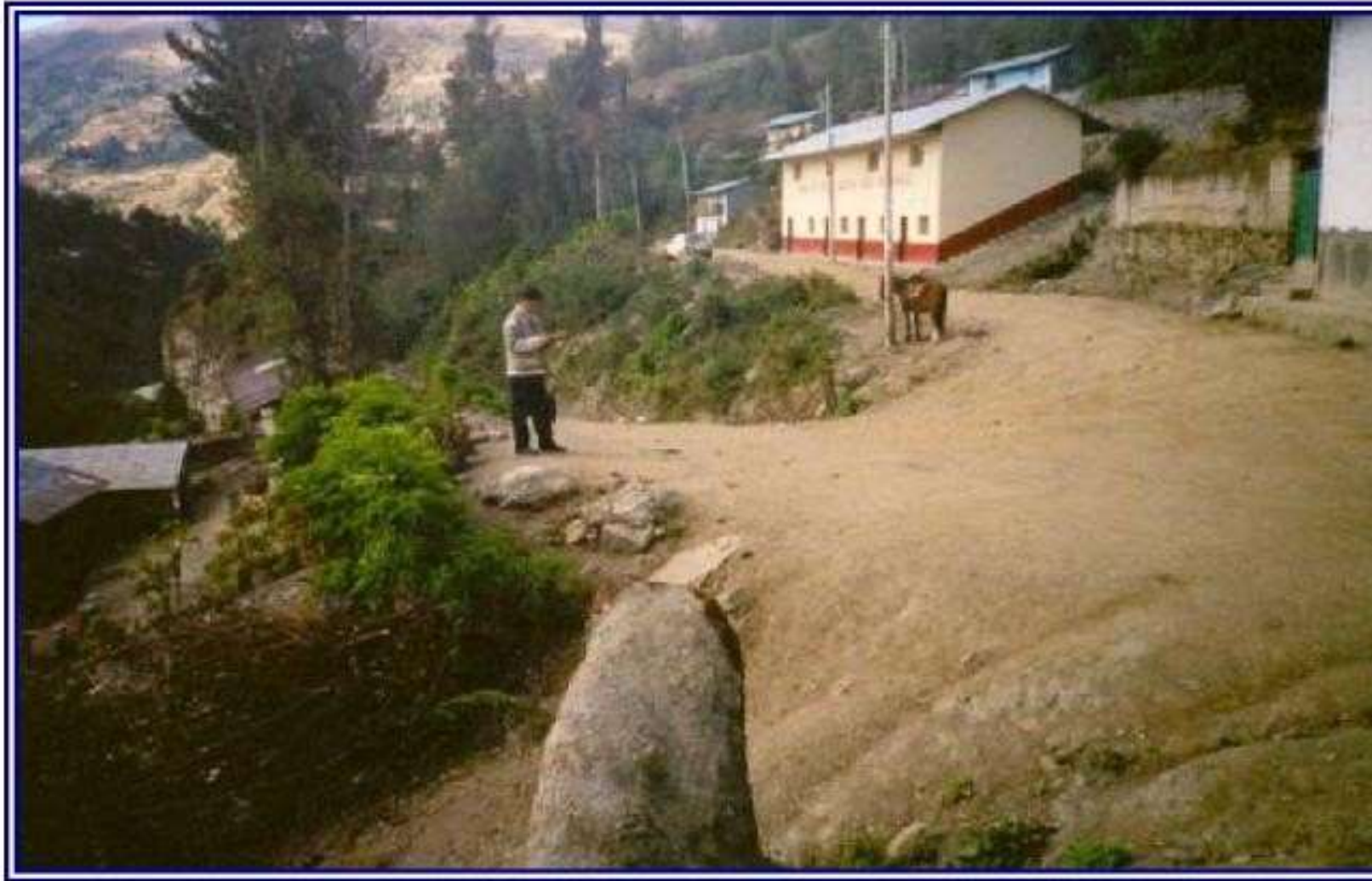
Calidad de Agregados para Concreto Portland

- Análisis Granulométrico
- Material que pasa Tamiz N° 200
- Durabilidad del agregado fino y grueso
- Equivalente Arena
- Porcentajes de caras fracturadas
- Partículas Planas y Alargadas
- Abrasión
- Impurezas orgánicas
- Peso Unitario del agregado grueso y fino
- Gravedad Específica y Absorción – Fino y Grueso
- Determinación cuantitativa de los Cloruros, Sulfatos
- Modulo de Fineza
- Sales solubles del agregado grueso
- Materia orgánica de las arenas

Anexo 10 Ubicación del tramo de vía, para el estudio de tráfico realizado para el presente informe.



Anexo 11 Estación de conteo Tantamayo progresiva 0+000



Anexo 1

Anexo 12 Requisitos para mezclas de concreto bituminoso usado para el diseño

Tabla 423-06			
Requisitos para mezcla de concreto bituminoso			
Parámetro de Diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
Marshall MTC E 504			
1. Compactación, número de golpes por lado	75	50	35
2. Estabilidad (mínimo)	8,15 kN	5,44 kN	4,53 kN
3. Flujo 0,01" (0,25 mm)	8-14	8-16	8-20
4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)	3-5	3-5	3-5
5. Vacíos en el agregado mineral	<u>Ver Tabla 423-10</u>		
Inmersión – Compresión (MTC E 518)			
1. Resistencia a la compresión Mpa mín.	2,1	2,1	1,4
2. Resistencia retenida % (mín.)	75	75	75
Relación Polvo – Asfalto (2)	0,6-1,3	0,6-1,3	0,6-1,3
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm) (3)	1.700-4.000		
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283	80 Mín.		

Anexo 15 Diseño de espesores de pavimento de acuerdo a AASHTO 9

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
 Diseño de espesores de Pavimento de acuerdo a
1993 AASHTO Guide for Design of Pavements Structures


DATOS:

ESAL DE DISEÑO	5,000,000.00	
CONFIABILIDAD	75%	<input type="checkbox"/>
DESVIACION	-0.674	<input type="checkbox"/>
SERV INICIAL (F _i)	4.20	<input type="checkbox"/>
SERV FINAL (F _f)	2.00	<input type="checkbox"/>
DELTA PSI	2.20	<input type="checkbox"/>
So	0.45	<input type="checkbox"/>

DATOS DE SUELO

CBR BASE (%)	80	
CBR SUBBASE (%)	30	
CBR SUBGRANULITE (%)	5	
ESTABILIO MARSHALL (N)	5000	<input type="checkbox"/>
F _c (Mpa)	4.2	<input type="checkbox"/>

Modulo Resiliente (Psi)



$$\log_{10} (R_{18}) = Z_R \times S_e + 9.36 \times \log_{10} (SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{0.40 + \frac{1}{(SN+1)^{2.32}}} + 2.32 \times \log_{10} (M_g) - 8.07$$

$\log_{10} (R_{18})$

=

NUMERO ESTRUCTURAL (ITERAR)

SN

CAPA DE MATERIAL	Coefficiente de Capa (a)	Coefficiente de Drenaje (b)	ESPESOR (Pulg)	Numero Estructural de Capa (SN)	ESPESOR (cm)	Numero Estructural de Capa (SN)
Asfalto	0.43	1	4.00	1.730	10.00	4.324
Tratamiento simple	0.00	1	0.00	0.000	22.00	0.000
Base Granular	0.13	1	10.00	1.301	25.00	3.251

SN (Calculado) 3.031

SN (Requerido) 3.898

AUMENTAR ESPESORES

7.576

AUMENTAR ESPESORES