



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

“Aplicación de geomalla de fibra de vidrio para un pavimento flexible  
con tratamiento superficial en el Asentamiento Humano Mariscal  
Castilla”

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

Avila Sánchez, Alvaro

<https://orcid.org/0000-0002-1732-6459>

**ASESOR:**

Dr. Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique

<https://orcid.org/0000-0002-0684-5114>

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LIMA - PERÚ**

**2021**

### **Dedicatoria**

Este trabajo de investigación se lo dedico a mi familia que han dado de todo su apoyo para poder seguir adelante, aconsejándome y dándome ánimos en los buenos y malos momentos, ofreciéndome su ayuda también en lo que todos han podido colaborarme.

### **Agradecimiento**

Agradezco principalmente a Dios, por darme fuerzas y cuidarme en estos tiempos tan difíciles que estamos viviendo. A la vez muy agradecido con el Dr. Ing. Gerardo Cancho Zuñiga que en todo momento ha estado ahí brindándonos de todo su conocimiento y orientándonos para realizar un buen trabajo.

## Índice de contenido

Caratula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenido.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras .....	vi
Resumen .....	vii
Abstract .....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA .....	18
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	18
3.2 Variables y operacionalización .....	19
3.3 Población, muestra y muestreo .....	19
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	19
3.5 Procedimientos.....	19
3.6 Método de análisis de datos .....	20
3.7 Aspectos éticos.....	20
IV. RESULTADOS .....	21
V. DISCUSIÓN .....	42
VI. CONCLUSIONES.....	42
VII. RECOMENDACIONES .....	54
REFERENCIAS	
ANEXOS	

## INDICE DE TABLAS

Tabla N°1 Cuadro de comparación de tesis por racionalización .....	20
Tabla N°2 Conteo vehicular en la Intersección Av. Braulio Sancho Dávila / Av. Mariscal Ramón Castilla .....	21
Tabla N°3 Conteo vehicular en la Intersección Ca. Pedro Bocanegra / Av. Mariscal Ramón Castilla .....	23
Tabla N°4 Ejes equivalentes día-carril.....	27
Tabla N°5 Numero de repeticiones de ejes equivalentes.....	29
Tabla N°6 Propiedades de la geomalla .....	38
Tabla N°7 Resultados para Fatiga y Deformación en Pavimento Flexible y Tratamiento Superficial.....	39
Tabla N°8 Tiempo de vida por ejes equivalentes.....	41

## INDICE DE GRAFICOS Y FIGURAS

Figura N°1 Componentes de un pavimento flexible .....	9
Figura N°2 Clasificación de los tratamientos superficiales.....	10
Figura N°3 Requerimientos para la calidad de los agregados pétreos .....	12
Figura N°4 Tipos de tratamientos superficiales con emulsión asfáltica .....	13
Figura N°5 Modelo del proceso de aplicación de la geomalla de fibra de vidrio ...	15
Figura N°6 Valores promedio por rollo de geomalla.....	19
Figura N°7 Conteo vehicular turno mañana E-1 .....	22
Figura N°8 Conteo vehicular turno tarde E-1 .....	22
Figura N°9 Conteo vehicular turno noche E-1 .....	22
Figura N°10 Conteo vehicular turno mañana E-2 .....	23
Figura N°11 Conteo vehicular turno tarde E-2 .....	23
Figura N°12 Conteo vehicular turno noche E-2.....	24
Figura N°13 Factor direccional y factor carril.....	24
Figura N°14 Factor vehículo pesado.....	25
Figura N°15 Factor de crecimiento acumulado .....	28
Figura N°16 Programa Dispav-5.....	30
Figura N°17 Tipos de caminos .....	31
Figura N°18 Sección estructural de la carretera.....	31
Figura N°19 Transito en millones de ejes equivalentes .....	32
Figura N°20 Diagrama de Modulo de Rigidez .....	33
Figura N°21 Valores de Modulo de Poisson .....	34
Figura N°22 Nivel de Confiabilidad.....	35
Figura N°23 Características de los materiales.....	35
Figura N°24 Diseño para carpeta asfáltica de 5cm.....	36
Figura N°25 Valores para base tratada con asfalto.....	37
Figura N°26 Diseño para Tratamiento Superficial de 2cm reforzado con geomalla de fibra de vidrio.....	38

## RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo mejorar el comportamiento mecánico de un pavimento flexible con tratamiento superficial mediante el uso de la incorporación de la geomalla de fibra de vidrio en el AA. HH Mariscal Castilla. Donde el tipo de investigación fue de tipo aplicada, descriptiva, de enfoque cuantitativa, en la cual se estudió como población el Asentamiento Humano Mariscal Castilla y como muestra la avenida Mariscal Ramón Castilla. Aquí se analizó 3 tesis como instrumento de validación, a la vez también se utilizó el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Se obtuvieron como resultados el estudio de tráfico realizado en la avenida con el cual se pudo realizar el diseño donde un tratamiento superficial con el refuerzo de la geomalla de fibra de vidrio aumenta el comportamiento mecánico de una estructura vial a comparación de un pavimento flexible convencional mediante el software Dispav-5. Se concluyó que el diseño realizado la geomalla de fibra de vidrio reducirá esfuerzos de fatiga generado por cargas cíclicas en la carpeta asfáltica; y también reducirá los ahuellamientos provocados por las deformaciones generadas en las capas granulares de una infraestructura vial.

**Palabras Clave:** Pavimento flexible, Tratamiento Superficial, Comportamiento Mecánico, Geomalla de fibra de vidrio

## **ABSTRACT**

This study aimed to improve the mechanical behavior of a flexible pavement with surface treatment by using the incorporation of fiberglass geogrid in the AA. SS Marshal Castilla. Where the type of research was applied, descriptive, with a quantitative approach, in which the Mariscal Castilla Human Settlement was studied as a population and as shown by Mariscal Ramón Castilla Avenue. Here 3 theses were analyzed as a validation instrument, at the same time the Manual of Roads Soils, Geology, Geotechnics and Pavements was also used. The results were obtained from the traffic study carried out on the avenue with which the design could be carried out where a surface treatment with the reinforcement of the fiberglass geogrid increases the mechanical behavior of a road structure compared to a conventional flexible pavement by means of Dispav-5 software. It was concluded that the design of the fiberglass geogrid will reduce fatigue stresses generated by cyclical loads in the asphalt layer; and it will also reduce rutting caused by deformations generated in the granular layers of a road infrastructure.

**Keywords:** Flexible Pavement, Surface Treatment, Mechanical Behavior, Fiberglass Geogrid

## **I. INTRODUCCIÓN**

A nivel internacional, las infraestructuras viales inciden en gran medida en la economía de un país, ya que nos conectan con distintos puntos de manera que se pueda desarrollar todo tipo de actividades como el comercio, turismo, comunicación, entre otras más. Por eso es necesario contar con una red de vías bien pavimentada que cumpla con los estándares adecuados para una transitabilidad cómoda y segura.

En el Perú se ve un gran déficit en cuanto a su infraestructura vial, ya que se puede apreciar defectos y errores en cuanto al diseño, esto está relacionado directamente por tener información de tránsito escasa, estudio de geotecnia pobre, estudio de impacto ambiental casi nulo, falta de atención en la supervisión de obra. Ya construido el pavimento la opción más viable es darle algún tipo de tratamiento y buscar mejoras en el mantenimiento a nivel de capas o de manera superficial que sea más adecuado para la vía. En base a lo que informó el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en el año 2019, se pavimentó casi 475 km de carreteras de la Red Vial Nacional (RVN), y en lo que resta del año se planea pavimentar más de 650 km, con lo que se va a lograr tener 1200 km de vías asfaltadas. La ministra encargada manifestó que para poder lograr este objetivo significaría alcanzar el 80% del total de la extensión de la RVN y en cinco años al 100%. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2019).

Estos problemas en el pavimento también se ven en el distrito del Rímac, donde se puede apreciar como las vías presentan desde fallas menores como agrietamientos y piel de cocodrilo hasta desprendimientos y hundimientos que aparte de generar malestar en la población que vive en el distrito también resulta perjudicial generando accidentes que acabe con la vida de las personas, ya sea por afines políticos o por temas de criterio del encargado de la construcción del pavimento. Al ser construida una vía lo normal es que se lleve un controlado mantenimiento periódico a partir de los cinco años de su construcción, cosa que en nuestro país no se ve presencia de esto. La típica solución es darle tratamiento con ligante asfáltico que puede ser caliente o fría, pero a veces resulta poco eficaz ya que en la mayoría de casos al poco tiempo aparece nuevamente presencia de fallas y esto

hace hincapié de que se necesita algún tipo de mejora añadiendo algún tipo de material adicional.

Según Díaz y Bonilla, 2018 la utilización de la fibra de vidrio en procesos de aislamiento acústico, aislamiento térmico y aislamiento eléctrico en recubrimientos, ya que logra ser refuerzo a diversos materiales y a rellenos estructurales ligeros de panel, esto nos dice por estudios que la fibra de vidrio tiene propiedades que son muy beneficiosas como por ejemplo por su resistencia, peso ligero y sobre todo que es económico que son aplicadas a varios campos como la industria química, del papel, médica, minería, construcción, entre muchas más.

El asentamiento Humano Mariscal Castilla se volverá un lugar más transcurrido ya que cerca de aquí se encuentran realizando un megaproyecto por parte de la empresa BESCO, la cual tiene planeado construir una gran cantidad de condominios, además de parques, centros de entretenimiento, supermercados y estacionamientos para poder abastecer al gran número de personas que vivirán aquí. Este asentamiento cuenta con una insuficiencia asfáltica que al transcurrir los años genera mucha incomodidad a nivel social, ambiental y deficiencia en la transitabilidad vehicular.

Por eso se busca implementar una novedosa tecnología estructural vial para pavimentos flexibles, se modelará con un programa encargado de calcular comportamientos mecánicos como fatiga y deformaciones en el pavimento, aplicando geomalla de fibra de vidrio, ya que cuenta con propiedades que son primordiales para el diseño mediante un tratamiento superficial. Para esto se deberá realizar una serie de estudios en los cuales se pueda determinar las condiciones y los pasos a seguir y ver cómo mejorará la incorporación de esta tecnología en el comportamiento mecánico de un pavimento asfáltico.

Para este trabajo de investigación se planteó un problema general, el cual fue: ¿De qué manera la incorporación de geomalla de fibra de vidrio mejorará en el comportamiento mecánico para un pavimento flexible con tratamiento superficial en el Asentamiento Humano Mariscal Castilla? Asimismo, los problemas específicos fueron: ¿De qué manera influirá la incorporación de geomalla de fibra de vidrio ante la resistencia a la fatiga para un pavimento flexible con tratamiento superficial en el

Asentamiento Humano Mariscal Castilla?, ¿De qué manera influirá la incorporación de geomalla de fibra de vidrio ante la deformación para un pavimento flexible con tratamiento superficial en el Asentamiento Humano Mariscal Castilla?

El presente estudio tiene como justificación teórica dar a conocer como la geomalla de fibra de vidrio generara beneficios estructurales a un tratamiento superficial ante un pavimento flexible convencional en base a investigaciones de trabajos existentes.

En cuanto a la justificación práctica del presente trabajo se aplica un refuerzo con la incorporación de geomalla de fibra de vidrio para un tratamiento superficial, de esta manera determinar las ventajas que brindará esta tecnología ante cargas de tránsito y disminuir deformaciones futuras en las vías del Asentamiento Humano.

De la misma forma la justificación metodológica del trabajo estará avalada mediante instrumentos de validación, diseños matemáticos y modelos en programa que serán de ayuda para futuras investigaciones que requieran una técnica de construcción poco usada pero muy beneficiosa.

Asimismo, la justificación social de este trabajo surge ante la necesidad de que la población del Asentamiento Humano cuente con mejores vías de acceso y transitabilidad, a su vez la aplicación de un modelo innovador para dar solución a problemas estructurales y soportar el aumento de cargas vehiculares.

El objetivo general fue: Determinar como la incorporación de geomalla de fibra de vidrio mejorará el comportamiento mecánico para un pavimento flexible con tratamiento superficial en el Asentamiento Humano Mariscal Castilla. Y los objetivos específicos fueron: Determinar como la incorporación de geomalla de fibra de vidrio proporcionará resistencia a la fatiga para un pavimento flexible con tratamiento superficial en el Asentamiento Humano Mariscal Castilla. Determinar como la incorporación de geomalla de fibra de vidrio proporcionará resistencia a la deformación para pavimento flexible con tratamiento superficial en el Asentamiento Humano Mariscal Castilla.

La hipótesis general fue: La incorporación de geomalla de fibra de vidrio mejora las propiedades mecánicas de un pavimento flexible con tratamiento superficial en el Asentamiento Humano Mariscal Castilla. Y las hipótesis específicas fueron: La

incorporación de geomalla de fibra de vidrio aumenta la resistencia a la fatiga para un pavimento flexible con tratamiento superficial en el Asentamiento Humano Mariscal Castilla. La incorporación de geomalla de fibra de vidrio aumenta la resistencia a la deformación para un pavimento flexible con tratamiento superficial en el Asentamiento Humano Mariscal Castilla.

## II. MARCO TEÓRICO

De tal manera, al haber realizado una exhaustiva revisión de las diferentes fuentes de información recopilados durante el transcurso del trabajo de investigación, se mencionan los siguientes trabajos en función a las variables propuestas en nuestra investigación.

Ariel Vacca, Hermes (2016), “Evaluación del comportamiento mecánico de una estructura bicapa, reforzada con geomalla biaxial, compuesta por afirmado in vivo sobre subrasante blanda, aplicable a vías no pavimentadas” de esta manera optar por el título de Ingeniero Civil. Pontificia Universidad Javeriana, Colombia. **El objetivo** principal fue evaluar el comportamiento mecánico en laboratorio en vías no pavimentadas usando geomallas biaxiales en subrasante con baja capacidad portante. **La metodología** fue de tipo aplicada; el nivel de investigación es de tipo exploratoria y descriptiva; su diseño es de tipo experimental; su población son las vías nacionales de Colombia; y su muestra fue los ensayos del laboratorio con los moldes correspondientes; **se concluyó** que las geomallas biaxiales presenta mejoramiento de las condiciones mecánicas de la estructura de base granular y afirmado entre un 30% y 80%, aumentando así el número de aplicaciones de carga y disminuyendo los ahuellamientos.

Díaz, J. y Bonilla, A. (2018), “Modificación de mezclas asfálticas mediante fibras de vidrio listas para instalar” para obtener el título de Ingeniero Civil. Universidad Piloto de Colombia. **El objetivo** del trabajo fue mejorar las propiedades físicas mecánicas de la mezcla asfáltica EZ Street Asphalt. **La metodología** de la investigación es de tipo aplicada; el nivel de investigación es de tipo exploratoria; su diseño es de tipo experimental; su población la mezcla asfáltica EZ Street Asphalt; y su muestra será las briquetas con mezcla asfáltica EZ Street Asphalt; **se concluyó** que la incorporación de fibra de vidrio en mezclas de concreto genera una mayor

resistencia a la tensión, sin alterar la resistencia a la compresión ni el módulo de elasticidad.

Arévalo Suquitana, Freddy (2016), "Utilización de geomalla biaxial en diseño de pavimento flexible en la carretera Pedro Carbo – La Estacada" para obtener el título de Ingeniero Civil. Universidad de Guayaquil, Ecuador. **El objetivo** fue analizar la utilización de geomalla biaxial para la carretera Pedro Carbo y determinar su influencia en cuanto a sus espesores. **La metodología** el nivel de investigación es de tipo explicativa; su diseño es de tipo experimental; su población fue la carretera Pedro Carbo, y su muestra los ensayos realizados a las capas del pavimento; **se concluyó** al incorporar la geomalla biaxial se observó mediante la comparación de un pavimento flexible convencional y uno reforzado que los espesores de base y subbase granular tuvieron una reducción de 20 cm, además de también generar ahorro en tema de costos.

Revista Vial (2015), "Tratamientos superficiales con fibra de vidrio, genera un elevado desempeño en membranas aliviadoras" revista de construcción e innovación, Argentina. Tuvo como tema principal que la incorporación de una malla de fibra de vidrio a un tratamiento superficial genera una serie de beneficios muy favorables en temas de costo, tránsito y facilidad de construcción. Entre la solución existente tenemos los tratamientos superficiales con geomembranas de fibra de vidrio para utilizarse como carpeta de rodadura o también en mezclas asfálticas en caliente.

Aguilar, N. y Salas, G. (2015), "Comparación entre tratamiento superficial y asfalto en caliente, en la rehabilitación de la carretera Chacachaca-Yunguyo-Kasani" para optar por el título de Ingeniero Civil. Universidad Católica de Santa María, Perú. **El objetivo** del trabajo experimental fue realizar una serie de estudios de manera que se pueda llegar a la finalidad de ver que diseño sería el más conveniente y menos costoso. **La metodología** de la investigación es de tipo aplicada; el nivel de investigación es de tipo descriptiva; su diseño es de tipo experimental; su población es la carretera Chacachaca-Yunguyo-Kasani; **se concluyó** el tratamiento superficial resulta más económico que la mezcla asfáltica, pero el tratamiento superficial presentará mantenimiento a los dos años mientras que con mezcla asfáltica será a partir de los 5 años.

Quintana López, Jackeline (2018), “Mortero asfáltico o Slurry Seal para tratamiento superficial en pavimentos de afirmado” para obtener el grado de Ingeniero Civil. Universidad Ricardo Palma, Perú. **El objetivo** del trabajo experimental fue estudiar los estándares nacionales e internacionales para el tratamiento con mortero asfáltico sobre una vía no pavimentada y una pavimentada. **La metodología** de la investigación es de tipo aplicada; el nivel de investigación es de tipo exploratoria, descriptiva y descriptiva; su diseño es de tipo experimental; su población son los pavimentos de afirmado; **se concluyó** que se puede colocar mortero asfáltico o Slurry Seal en vías pavimentadas y no pavimentadas, en este caso en caminos con bajo volumen de tránsito que sea de tipo afirmado.

Macharé Aquino, Piero (2019), “Diseño de pavimentos con alternativas de mezcla asfáltica en caliente y tratamiento superficial bicapa en la vía de evitamiento de la ciudad de Jaén” para obtener el título de Ingeniero Civil. Universidad Nacional Federico Villarreal, Perú. **El objetivo** de la tesis fue diseñar el pavimento a construirse en la ciudad de Jaén con los métodos de mezcla asfáltica en caliente y tratamiento superficial bicapa. **La metodología** de la investigación es de tipo aplicada; el nivel de investigación es de tipo exploratoria y descriptiva; su diseño es de tipo experimental; su población son las vías existentes en la región Cajamarca; y su muestra será la vía Evitamiento; **se concluyó** que para estos dos modelos realizados la mezcla presenta un periodo útil de diez años, mientras que el tratamiento solo para cinco años; no obstante, el tratamiento es un medio más económico a comparación de la mezcla en caliente.

Morante Jibaja, Henry (2019), “Pavimento flexible con tratamiento superficial para aeródromo de tránsito moderado” optar por el título de Ingeniero Civil. Universidad de Piura. **El objetivo** del trabajo experimental fue realizar el diseño, el control de calidad y los detalles de cómo será la construcción del aeródromo mediante un pavimento flexible o con tratamiento superficial. **La metodología** de la investigación es de tipo aplicada; el nivel de investigación es de tipo exploratoria y descriptiva; su diseño es de tipo experimental; su población son los aeródromos de Piura; y su muestra será el aeródromo de Huancabamba; **se concluyó** que al empezar a seguir los lineamientos para este tipo de estructura que son los aeródromos, el

diseño planteado resulta muy beneficioso para la autopista reforzada con una geomalla biaxial BX 20-20.

Álvarez, Bartolo, Montañez y Zavala (2019), “Estudio de geomalla de fibra de vidrio como refuerzo en pavimento flexible, progresivo kilómetro 15.5 – 16.5 de la carretera central” para obtener el título de Ingeniero Civil. Universidad Cesar Vallejo. **El objetivo** de la tesis fue describir el proceso constructivo que tendrá el pavimento flexible con la geomalla de fibra de vidrio y el impacto que tendrá en cuanto a la resistencia a las cargas y las deformaciones. **La metodología** de la investigación es de tipo aplicada; enfoque cuantitativo; el nivel de investigación es de tipo descriptiva; su diseño es de tipo experimental; su población es el pavimento flexible de la carretera Central Ate Vitarte; y su muestra será la progresiva 15.5 – 16.5; **se concluyó** que la geomalla de fibra de vidrio como refuerzo logra reducir las cargas de tránsito y las deformaciones en un 80% en comparación a un pavimento flexible convencional.

Montestruque, Martins y Ferreira (2015), “Evaluación del comportamiento de geomallas en el control de reflexión de grietas” en el presente artículo del Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Brasil. **El objetivo** fue evaluar de manera cualitativa y cuantitativa los aspectos positivos de utilizar geomallas como refuerzo ante la aparición de grietas en pavimentos. **Se concluyó** que aumento la vida de fatiga y disminuyó las deformaciones plásticas, observadas en probetas con y sin refuerzo de geomalla, aportando de manera positiva al comportamiento estructural de un pavimento.

Fuentes, P. y Torres, O. (2014), “Geosintéticos para mitigación y prevención del riesgo” en el presente artículo de la Revista Guarracuco, Colombia. **El objetivo** fue resaltar la importancia que presentan los geosintéticos los distintos fenómenos naturales que generan problemas en todo tipo de infraestructuras. **Se concluyó** que los geosintéticos brindan aportes tanto en resistencia y durabilidad ante distintas estructuras que puedan generar riesgo al no ser tratadas con un material de refuerzo.

Seguidamente, se mencionará las teorías relacionadas al tema de investigación relacionadas directamente con nuestra variable independiente y dependiente y las

diferentes dimensiones para poder tener una visión más clara del tema que se está investigando.

**Pavimento**, trata de la estructura vial encargada de permitir una transitabilidad aceptable y sobretodo soportar las cargas verticales generadas por los neumáticos de los vehículos, de manera que resista mediante un diseño previo

Los pavimentos pueden ser de distintos materiales como son los de asfaltos, los de concreto, pueden ser simples o reforzados, los de adobe, tratamientos o lechadas asfálticas, entre muchos tipos de materiales más; pero como función principal todos deben cumplir con lo mismo, brindar un buen servicio de tránsito y poder tener una resistencia adecuada ante agentes externos.

**Pavimento flexible**, se caracterizan por estar conformados principalmente por una capa delgada de mezcla bituminosa, que se apoya de otras capas inferiores llamadas base y subbase conformadas por material granular, estas capas están apoyadas sobre el suelo compactado llamado subrasante. Estas estructuras no trabajan a tracción.

Está representado por la capacidad de una estructura de flexionarse y adaptarse a las cargas a las que se encontrará expuesta. Este tipo de estructura tiende a verse envuelta por una cantidad considerable de deformaciones que a lo largo del tiempo generaran fisuras, las cuales deben tratarse por ello cada cierto periodo de tiempo.

**Subrasante**, según Montejo (2002), sostiene que para poder reconocer una buena subrasante es necesario determinar los espesores totales del pavimento. Esto quiere decir que no solo basta con encontrar un suelo con un buen porcentaje de CBR o capacidad portante, todo esto se puede mejorar teniendo en cuenta un buen diseño el cual refuerce algunas debilidades que pueda tener la subrasante, no obstante, se debe tener en cuenta también el contenido de humedad ya que esto puede generar problemas a futuro como son los llamados hinchamientos.

**Subbase**, es la capa que se encuentra arriba de la subrasante y debajo de la base. La función principal de la subbase es casi parecida a la de la base (transmitir esfuerzos), no obstante, dado que no se encuentra cercana a la superficie y que no será sometida a grandes esfuerzos, para esta capa no es necesariamente ser tan rigurosos en cuanto al material a utilizar.

**Base**, es la capa que se encuentra encima de la subbase y debajo de la carpeta de rodamiento de un pavimento flexible. Ya que esta capa se encuentra próxima a la superficie debe tener un soporte a altos esfuerzos que recibirá. Está compuesta generalmente por materiales ya sean granulares o depende de lo que se requiera para su construcción.

**Carpeta asfáltica**, esta viene a ser la capa superior de la estructura que se encargará de soportar las cargas de tránsito. Estará compuesta de un material pétreo cementado con asfalto que proporcionará una buena superficie de rodamiento.

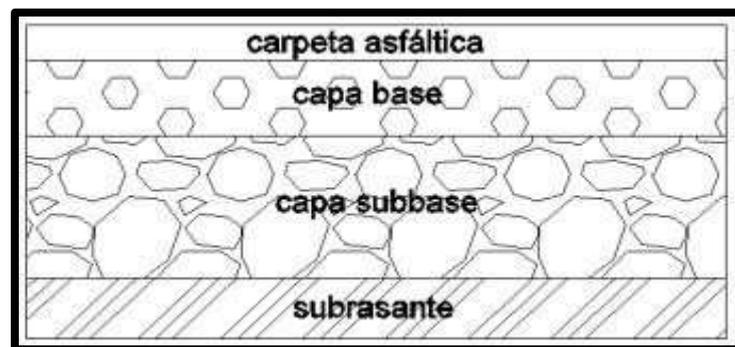


Figura N° 1 Componentes de un pavimento flexible  
Fuente: Henry Moranje Jibaya (2019)

**Mezcla asfáltica en caliente**, es la combinación de agregados pétreos (incluido polvo mineral) con un aglomerante bituminoso. Las proporciones entre el aglomerante y el agregado determinaran las propiedades físicas que tendrá dicha mezcla.

**Mezcla asfáltica en frío**, basados en el concepto anterior, se define como mezcla asfáltica en frío la combinación de agregados pétreos y un relleno mineral (filler) si se requiriera, con aglomerante bituminoso emulsionado catiónico o diluido con solvente, cuya mezcla, implementación y compactación se realizan en condiciones frías.

**Tratamiento superficial**, es la aplicación de una superficie asfáltica que se aplicara en una sucesiva dosificación de capas de ligante asfáltico y agregados pétreos o áridos, ya sea sobre una base granular, pavimento existente de asfalto o de concreto hidráulico. Este método tiene la finalidad de proteger y prolongar la vida útil del pavimento, además de mantener las propiedades físicas y mecánicas de la capa tratada. Según el tipo de aplicaciones reciben diversos nombres: tratamiento

superficial simple, doble o múltiple; no obstante, algunas mezclas asfálticas también son consideradas como tratamientos.

Con respecto al tema económico, estos resultan muy adecuados con respecto a esto, ya que su construcción es más rápida, fácil y brinda una alternativa muy beneficiosa para la superficie tratada.

Esto es una técnica más que todo de mantenimiento económica para extender el tiempo de servicio de dicha estructura. Es resistente a la abrasión del tráfico y presentara impermeabilización para la estructura. Un tratamiento superficial por si solo no representa resistencia estructural; sin embargo, al poder tener algún tipo de refuerzo externo puede mejorar algunas propiedades.

Riegos	Sin gravilla	En negro Imprimación Adherencia Curado
	Con gravilla	Monocapa Bicapa Multicapa Monocapa doble engravillado De sellado
Mezclas bituminosas de menor espesor	Lechadas bituminosas	
	Microaglomerados	

Figura N° 2 Clasificación de los tratamientos superficiales  
Fuente: Aguilar, N y Salas, G. (2012)

### Ventajas:

Ofrece un bajo costo para su construcción

Proporcionar una superficie sellada y de buena impermeabilización

Aplicable para bases granulares, pavimentos existentes de asfalto o de hormigón

Dándole un buen mantenimiento ofrece una larga duración

### Desventajas:

No aporta resistencia estructural

No es recomendable para un tránsito pesado

El agregado fino solo servirá para llenar los vacíos que el agregado grueso dejara durante las capas aplicadas

Son de un espesor reducido

**Materiales**, los materiales presentes en un tratamiento superficial son: Agregados pétreos y los ligantes asfálticos

**Agregado pétreo**, será el encargado de brindar la superficie deseada, que a su vez debe cumplir las diferentes necesidades y exigencias para recibir las cargas vehiculares, ser resistente a la abrasión y brindar una permeabilización requerida. Los agregados frecuentemente más solicitados son la gravilla o grava y la arena gruesa.

**Forma:** Para los agregados pétreos la forma deseada es la cubica, ya que si no presenta esta forma se romperá eventualmente. Esto se explica de manera que al tener la forma cubica se alinearán de forma automática con las demás caras de los agregados y será más conveniente al ser aplicado el ligante asfáltico.

**Resistencia:** El agregado pétreo debe resistir principalmente la abrasión y también la degradación. Esto quiere decir que si el agregado se degrada esto produce que las partículas se rompan y por el efecto del tránsito conlleve a daños a los vehículos traseros.

**Adherencia:** Esta propiedad es fundamental para que el agregado pétreo y el ligante asfáltico se combinen de manera adecuada. Esto permitirá que tenga la resistencia suficiente ante la acción del tráfico y el accionar del agua.

**Tamaño de partícula:** Los agregados deben poseer un tamaño de partícula distinta por capa. Generalmente están en el rango de 6 a 16 mm. Para un tratamiento superficial simple. Lo más conveniente es que la partícula mayor no deba ser más del doble de la partícula menor.

**Limpieza:** Es muy importante que los agregados estén limpios y libres de agentes externos como es el caso de la suciedad, polvo o algún otro tipo de partícula ajena. Si esto no se cumple se puede presentar la pérdida prematura del agregado.

ENSAYOS	ESPECIFICACIONES
Abrasión (MTC E 207)	40% máx.
Pérdida en sulfato de sodio (MTC E 209)	12% máx.
Pérdida en sulfato de magnesio (MTC E 209)	18% máx.
Adherencia (MTC E 519)	95
Terrones de arcilla y partículas friables (MTC E 212)	3% máx.
Sales solubles Totales (MTC E 219)	0.5 % máx.

Figura N° 3 Requerimientos para la calidad de los agregados pétreos  
Fuente: Manual de especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras

**Ligante asfáltico**, su función principal es de juntar el agregado pétreo a la superficie y brindar una capa selladora que permita ser resistente al agua. Los tipos de ligante asfáltico que se emplean comúnmente en tratamientos superficiales son:

**Emulsión asfáltica:** es la combinación o mezcla de asfalto y agua que tiene uso en mezclas en frío. Esto se logra a través de que contiene un agente emulsionante.

Las emulsiones asfálticas se dividen en dos categorías: aniónica y catiónica, solo el primer tipo se usa para tratamientos superficiales y capas de sellado. Las catiónicas tienen una carga eléctrica positiva (+) que rodea toda la partícula de asfalto, por tanto, que las emulsiones aniónicas tienen una carga eléctrica negativa (-). En el aspecto físico muestra un color marrón de textura líquida viscosa. Al momento de que la emulsión es aplicada y se rompe (se separan las fases), obtiene un color mucho más oscuro.

Las emulsiones tienen sus aplicaciones en diferentes tipos de construcciones: tratamientos superficiales, riegos de liga, como sellador, adhesivo, entre otros más. Una gran ventaja de las emulsiones es que presentan un costo aceptable y es un material eco amigable.

**Cemento asfáltico:** Para obtener este material se realiza a través del petróleo crudo que se extrae de los pozos, este es separado en una refinería; generalmente esta separación es llevada a cabo por destilación. Después de que se separa los materiales son tratados más cuidadosamente o procesados en productos que

cumplan requerimientos específicos, de esta manera se obtiene el asfalto producto de la refinación del petróleo, dependiendo de la naturaleza del crudo que está siendo procesado.

El cemento asfáltico tiene una gran demanda en trabajos de pavimentación, autopistas, avenidas, aeropuertos, entre muchos más; para ello se mezcla con agregados (las llamadas mezclas en caliente), obteniéndose de esta manera los concretos asfálticos. También es utilizado también en la industria impermeabilizante y pintura asfáltica, revestimiento de diques, canales y materia prima para las emulsiones asfálticas. El cemento asfáltico expuesto a temperatura ambiente, es semisólido y altamente viscoso, por lo que se requiere licuarlo temporalmente por calentamiento, para su manejo durante la operación de construcción, tales como, bombeo por tubería, transporte de cisternas, mezcla con agregado, etc.

TIPO DE CONSTRUCCION	DESCRIPCION Y USO	EMULSIONES ASFÁLTICAS TÍPICAS	SUGERENCIAS CONSTRUCTIVAS
Tratamiento Superficial Simple (Chip Seal)	De los métodos de mantenimiento de bajo costo, el más importante.  Provee una superficie para todo tipo de climas, renueva pavimentos intemperizado, mejora la resistencia al deslizamiento, la demarcación de carriles y sella pavimentos.	CRS-2 (CRR-2)  RS-2 (RR-2)	Aplicación de riego.  Muchos tipos de textura disponible.  Claves para el éxito, coordinar la construcción, utilizar agregados limpios y duros y calibrar adecuadamente el equipo de riego
Tratamiento Superficial Doble	Dos aplicaciones de ligante y de agregado. Para la segunda aplicación de agregados se emplea un tamaño menor que el correspondiente a la primera.	CRS-2 (CRR-2)  RS-2 (RR-2)  HFRS-2 (RR-2 ALTA FLOTACIÓN)	Ver tratamiento Superficial simple
Tratamiento Superficial Triple	Tres aplicaciones de ligante y de tres tamaños de agregados. Provee un pavimento flexible de hasta 20 mm de espesor.  Provee nivelación al tiempo que una superficie de sellado muy resistente al desgaste.	CRS-2 (CRR-2)  RS-2 (RR-2)  HFRS-2  (RR-2 ALTA FLOTACIÓN)	Aplicación de riego en tres capas

Figura N° 4 Tipos de tratamiento superficial con emulsiones asfálticas  
Fuente: Aguilar, N y Salas, G. (2012)

## **Proceso constructivo de un tratamiento superficial**

**Preparación de la superficie**, se debe verificar que la superficie donde se aplicara el tratamiento debe estar totalmente limpia y libre de agentes externos, además se debe verificar que la superficie este con la suficiente capacidad estructural y buena compactación para no sufrir problemas a futuro.

**Capa de imprimación**, se trata de un riego uniforme de emulsión asfáltica que se aplicara sobre una base granular, antes de la colocación del tratamiento superficial. Con su aplicación se busca mejorar la adherencia entre el tratamiento y la base granular, reducir polvo y convertir a la base en una superficie menos permeable

**Aplicación del ligante asfáltico**, en este paso el ligante es la primera capa en colocarse luego de que la capa de imprimación ha roto. Esto ocurre cuando la emulsión se vuelve de color negro. Este ligante ayuda a sujetar a los agregados de la primera capa del tratamiento y contribuye a impermeabilizar la superficie. Generalmente se recomienda usar emulsión asfáltica de rompimiento rápido y de alta viscosidad.

**Colocación de los agregados**, el agregado debe aplicarse rápidamente después de que la superficie ha sido cubierta por el ligante, mediante un equipo que dosifica la cantidad calculada previamente en el diseño del tratamiento superficial.

**Compactación de la superficie**, después de aplicar el agregado lo siguiente es compactar la superficie para que las partículas de los agregados con el ligante se adhieran de manera correcta mediante un compactador neumático.

**Geomalla de fibra de vidrio**, refuerza las capas de asfalto y evita que se deforme. Debido a los efectos externos, como las cargas de tráfico y las variaciones de temperatura, se producen grietas en las capas de asfalto. El uso de esta geomalla aumenta considerablemente la carga dinámica mediante la distribución de las tensiones. La menor fisuración obtenida con la utilización de este tipo de geomalla confiere una vida más larga a las capas de asfalto de las carreteras. Según PAVCO nos dice que “son geomembranas biaxiales bañada de polímeros con resistencia en ambas direcciones, se utilizan para controlar agrietamientos por cargas de tránsito en capas de mezcla asfálticas”.

## Ventajas y beneficios de la geomalla de fibra de vidrio

Aumenta la resistencia a la tracción en la carpeta asfáltica, bajo una carga vertical, se produce una distribución de esfuerzos horizontales de manera uniforme.

Reduce los agrietamientos por esfuerzos de tensión y los cambios de temperatura

Es una alternativa beneficiosa en costos, relacionándose así con una reducción de mantenimiento

Tiene una instalación rápida y sencilla

Es aplicable para pavimentos antiguos o bases granulares, o también de concreto cuando se coloca una carpeta asfáltica

### Pasos para su instalación:

Se realizará una limpieza total de la superficie del pavimento antiguo o base granular para que el ligante no se mezcle con agentes externos o partículas no deseadas

Se extenderá el ligante seleccionado sobre la superficie inspeccionada

Al haber aplicado el ligante se procederá a colocar la geomalla de fibra de vidrio, esta debe ser aplicada antes que el ligante se endurezca para que así logre una adherencia adecuada

Se aplicará el ligante y los agregados correspondientes

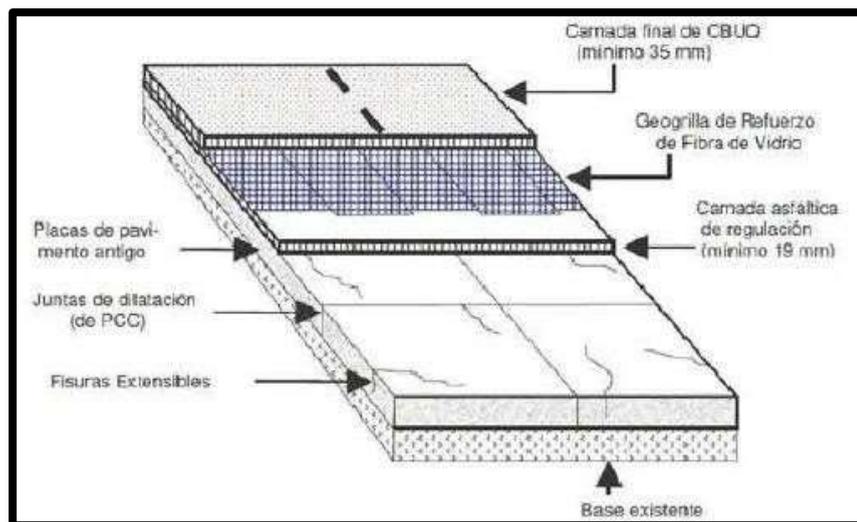


Figura N° 5 Modelo del proceso de aplicación de la geomalla de fibra de vidrio  
Fuente: Álvarez, J (2019)

**Programa DISPAV – 5 Versión 3.0**, el presente programa fue creado por el ingeniero Santiago Corro Caballero, gracias al apoyo de muchos expertos tanto de México como de Estados Unidos, fue desarrollado en el Instituto de Ingeniería UNAM. Dispave 5 es un programa que se encarga del diseño estructural de pavimentos asfálticos para carreteras, ya sea caminos normales o de altas especificaciones. El diseño se basa en un planteamiento mecanicista para las dos formas principales de falla de los pavimentos, un modelo rígido plástico y los criterios de capacidad de carga de Terzaghi, para estimar la deformación permanente a largo plazo de las capas de pavimento no tratadas con ligantes; y un modelo elástico para determinar el comportamiento del camino, basado en la falla por agrietamiento a fatiga de las capas ligadas con asfalto.

Además, desarrolla un enfoque probabilista para estimar los niveles de confianza apropiados, junto con un cálculo analítico de los factores de daño por camión. El modelo tiene en consideración la carga total, tipo de eje, presión de llanta, y la profundidad a la cual se estima el factor de daño relativo. Finalmente, caracteriza los materiales del camino considerando su comportamiento real a largo plazo. El método de diseño actualizado incluye, entre otras características, modelos de deterioro para estimar la deformación permanente del pavimento a la falla y modelos para determinar el comportamiento a fatiga de las mezclas asfálticas, basados en la extensa investigación realizada en el Instituto. El desarrollo de este método de diseño es el resultado de una extensa experimentación realizada a escala natural, tanto en terreno como en laboratorio, y de estudios analíticos realizados por el instituto de ingeniería, UNAM.

Dispav – 5, permite elegir entre dos procedimientos de cálculo:

- 1- Diseño de un pavimento flexible, a partir de un tránsito de proyecto determinado y propiedades mecánicas de los materiales conocidos. Con esto se determina los espesores de capa requerido para el tránsito proyectado.
- 2- Determinación de la vida previsible por deformación permanente y por agrietamiento debido a fatiga.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación

La investigación realizada es de tipo **aplicada**, según Chávez (2007, p. 134), “el tipo de investigación aplicada tiene como fin principal resolver un problema en un tiempo corto. Dirigida a la aplicación inmediata mediante acciones concretas para enfrentar el problema”. Se entiende por esto que tiene como objetivo resolver un problema o enfoque específico, centrándose en la búsqueda y consolidación de la comprensión para su aplicación, por lo tanto, para el enriquecimiento de la mejora cultural y científico.

Es de enfoque **cuantitativa**, según Hernández, Fernández y Baptista (2014, p. 4) “La investigación cuantitativa considera que el conocimiento estudiado debe ser comprobado mediante fórmulas o caculos matemáticos en los cuales se pueda contrastar lo que se quiere verificar, de esta manera a la vez se dará validez a la investigación”.

Esta investigación es de diseño **no experimental**, ya que Kerliger (2010) se define que “la investigación no experimental, es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables y en la que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos”.

El nivel de investigación utilizado será **descriptivo**, según Tamayo y Tamayo (2006), el tipo de investigación descriptiva, comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual y la composición o procesos de los fenómenos”. Para esto en nuestro trabajo se realizarán una serie de preguntas para las cuales se realizarán instrumentos que determinen y respondan esas preguntas.

#### 3.2 Variables y operacionalización

**Variable independiente (X):** Geomalla de fibra de vidrio

**Definición conceptual:** Colosio (2017) nos dice que la geomalla de fibra de vidrio van instaladas en carpetas asfálticas, con el fin de poder distribuir de manera homogénea los esfuerzos generados por las cargas cíclicas de manera que se puedan reducir futuros agrietamientos.

**Definición operacional:** La geomalla de fibra de vidrio es una geomalla de tipo biaxial que funciona en ambos sentidos lo cual también genera un aumento en cuanto a su resistencia a la tracción y poder disipar esfuerzos horizontales.

**Variable dependiente (Y):** Pavimento flexible con tratamiento superficial

**Definición conceptual:** Según Torrez (2017) Un tratamiento superficial tiene como objetivo de proporcionar al firme de ciertas características superficiales, sin un aumento en sus características estructurales

**Definición conceptual:** Los tratamientos superficiales son un riego sucesivo y alternado de ligante asfáltico con agregados pétreos que tienen por finalidad brindar una capa de protección a un pavimento, sin generar resistencia estructural

### **3.3 Población y muestra**

**Población:** Según Hernández, (2010, p.36) se define población como, “el conjunto de todos los elementos que en cierta manera concuerdan con determinadas especificaciones”.

Para el presente trabajo la población será el Asentamiento Humano Mariscal Ramón Castilla, en el distrito del Rímac.

Criterios de inclusión: Av. Mariscal Ramón Castilla

Criterios de exclusión: Jirón y calles aledañas

**Muestra:** De acuerdo con (Hernández Sampieri, 2010, p. 173), define que el patrón: "Es un subgrupo de la población que necesita ser definido o delimitado anteriormente con precisión, esto debería ser un consultor de la población declarada". Como muestra se tomará la Avenida Mariscal Ramón Castilla.

### **3.4 Técnicas e instrumento de recolección de datos**

La técnica que será empleada para esta investigación será la **observación no experimental**, ya que se utilizará el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, normados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), para después poder ser medidos y extraer los datos que sean necesarios para nuestro trabajo.

Para nuestro instrumento usaremos la **recolección de información**, se necesitará ciertos parámetros necesarios para el cálculo en el programa, los cuales serán proporcionados por el Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos y el estudio de tráfico que será dato importante para el diseño en dicho programa.

### 3.5 Procedimiento para la obtención de información

Se iniciará realizando la inspección de la Avenida Mariscal Ramón Castilla para conocer la zona de estudio, luego se procederá con la recolección de datos como el estudio de tráfico, realizar el formato correspondiente en el cual se va a calcular el número de repeticiones de ejes equivalentes, aparte también tener los valores del valor de soporte del suelo para cada capa granular, módulo de rigidez tanto de las capas granulares como de la carpeta asfáltica, y el módulo de Poisson que puede ser calculado de manera independiente o con sugerencias del programa a utilizar.

Para las propiedades mecánicas de la geomalla se dispondrá de tomar como referencia las especificaciones técnicas por la empresa PAVCO, ya que su geomalla de fibra de vidrio presenta beneficios que son requeridos y de gran importancia para nuestro trabajo de investigación.

	Propiedades mecánicas	Norma	Unidad	RS-200	RS-100
Propiedades mecánicas	Resistencia a la tensión última (ST/SL) <sup>1</sup>	ASTM D6637	kN/m	50/50	100/100
	Propiedades de retracción	CRDRG01	%	* Menos del 0.5% @ 200 °C después de 15 Min*	* Menos del 0.5% @ 200 °C después de 15 Min*
	Elongación máxima a la rotura (ST/SL) <sup>1</sup>	ASTM D6637	%	≤3	≤3
Propiedades físicas	Tamaño de abertura de la malla (ST/SL) <sup>1</sup>	Medido	mm	20/20	18/18
	Resistencia a la temperatura	Mínimo	°C	200	200
	Punto de fusión	ASTM D276	°C	>300	>300
Propiedades físicas	Ancho del rollo	Medido	m	3.9	3.9
	Longitud del rollo	Medido	m	50	50
	Área del rollo	Medido	m <sup>2</sup>	195	195

Figura N° 6 Valores promedio por rollo de geomalla  
Fuente: Empresa PAVCO

### 3.6 Método de análisis de datos

Para el análisis de los datos recolectados se utilizará hojas de cálculo del programa Excel y el software Dispav-5 especializado en poder comparar dos diseños, uno con refuerzo con geomalla en un tratamiento superficial y otro sin refuerzo en un

pavimento flexible convencional, a partir de aquí se podrá saber la diferencia entre ambos en cuanto a su comportamiento mecánico, específicamente fatiga en carpeta asfáltica y deformación en bases granulares.

### 3.7 Aspectos éticos

Esta investigación busca dar a conocer como la incorporación de la geomalla de fibra de vidrio tendría un impacto positivo mediante las mejoras en las propiedades mecánicas de un pavimento flexible con tratamiento superficial, para que esto tenga validez se utilizaron una serie de ensayos en los cuales se determine lo necesario para poder realizar los cálculos para un pavimento con tratamiento superficial, siguiendo los parámetros necesarios para este diseño normados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

## IV. RESULTADOS

Para llegar al resultado del trabajo de investigación “Aplicación de geomalla de fibra de vidrio para un pavimento flexible con tratamiento superficial en el AA. HH Mariscal Castilla” se realizó un análisis de 3 tesis que cuentan con mis variables de estudio

	TESIS	AÑO	AUTOR
1°	Diseño del pavimento asfáltico utilizando geomallas de fibra de vidrio en Urbanización el Ingeniero I, Chiclayo	2019	Darwin Alexander Villegas Silva
3°	La geogrilla de fibra de vidrio, en el marco de la mecánica de materiales, como alternativa para la reparación de pavimentos	2013	Mijaíl Alexis Ramírez Gutiérrez
4°	“Estudio de geomalla de fibra de vidrio como refuerzo en pavimento flexible, progresiva kilómetro 15.5 - 16.5 de la carretera central	2019	Álvarez Raymundo José

Tabla N° 1 Cuadro de comparaciones de tesis por racionalización  
Fuente: Elaboración propia

Los resultados fueron obtenidos en un mismo punto de acuerdo al programa Dispav-5 que arrojó resultados tanto para mi primer objetivo específico como para el segundo. Por eso se dividió en 5 etapas iniciando por el estudio de tráfico, CBR,

Módulos de rigidez y de Poisson y finalmente el nivel de confiabilidad sujetos también a instrumentos validados como el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Reglamento Nacional de Vehículos, Actualización del Sistema Dispav-5 Diseño estructural de pavimentos asfálticos.

## ESTUDIO DE TRAFICO

Para este estudio se comenzó analizando la avenida Mariscal Ramón Castilla e interpretar los puntos con más demanda, escogiendo para el conteo vehicular en los puntos donde hay mayor concentración de cargas de vehículos. Se realizó los conteos y la clasificación vehicular en dos estaciones, en el ingreso principal y en la intersección de la calle Bocanegra con la avenida Mariscal Ramón Castilla, ya que en estos puntos es donde transitan la mayor cantidad de vehículos y pude apreciar la mayor carga vehicular.

CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR														
ESTACION:		E-1 INTER. AV. MARISCAL RAMON CASTILLA/AV. BRAULIO SANCHO DAVILA							FECHA:		05/04/21 al 10/05/21		DISTRITO: RIMAC	
Periodo	Hora	Sentido	VEHICULOS DE CONTEO										TOTAL	%
			VEHICULOS LIGEROS						VEHICULOS PESADOS					
			Mototaxi	Auto	Station Wagon	Pick Up	Panel	Combi	C2	C3	B2	T2S1		
LUNES	6:00 am a 9:00 pm	1	222	153	92	88	32	60	15	6	14	2	684	17.0%
MARTES	6:00 am a 9:00 pm	1	203	143	101	79	28	60	12	5	10	1	642	15.9%
MIERCOLES	6:00 am a 9:00 pm	1	224	132	99	82	35	60	10	7	12	2	663	16.5%
JUEVES	6:00 am a 9:00 pm	1	232	147	103	65	32	60	14	6	11	1	671	16.7%
VIERNES	6:00 am a 9:00 pm	1	222	161	93	85	26	60	10	4	13	2	676	16.8%
SABADO	6:00 am a 9:00 pm	1	236	145	109	75	39	60	12	4	11	2	693	17.2%
TOTAL			1339	881	597	474	192	360	73	32	71	10	4029	100.00%
			33.23%	21.87%	14.82%	11.76%	4.77%	8.94%	1.81%	0.79%	1.76%	0.25%	100.0%	

Tabla N° 2 Conteo vehicular en la Intersección Av. Braulio Sancho Dávila / Av. Mariscal Ramón Castilla  
Fuente: Elaboración propia

### Interpretación:

Se realizó el conteo en esta primera intersección Avenida Mariscal Ramón Castilla con la Avenida Braulio Sancho Dávila, en el cual se hizo el conteo y clasificación vehicular de lunes a sábado, a excepción de domingo por temas de restricciones impuesto por el gobierno. Se clasifico vehículos desde ligeros hasta pesados, encontrando

vehículos ligeros como: mototaxi, auto, station wagon, pick up, panel y combi; mientras que con los vehículos pesados se encontraron: camiones tipo C2 y C3, Semitrailer y Buses B2. Se realizó el conteo de los vehículos de 6:00 am a 9:00pm con intervalo de descanso de 15 min en la mañana, tarde y noche; obteniéndose un Índice Medio Diario de 1339 para mototaxi, y así sucesivamente para cada tipo de vehículo, para posteriormente utilizarse en los ejes equivalentes día-carril.



Figura N°7 Conteo vehicular /  
Turno mañana E-1



Figura N°9 Conteo vehicular /  
Turno Noche E-1



Figura N°8 Conteo vehicular /  
Turno Tarde E-1

CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR														
ESTACION:		E-2 INTER. Av. MARISCAL RAMON CASTILLA/Ca. PEDRO BOCANEGRA							FECHA: 26/04/21 al 01/05/21			DISTRITO: RIMAC		
Periodo	Hora	Sentido	VEHICULOS DE CONTEO										TOTAL	%
			VEHICULOS LIGEROS					VEHICULOS PESADOS						
			Mototaxi	Auto	Station Wagon	Pick Up	Panel	Combi	C2	C3	B2	T2S1		
LUNES	6:00 am a 9:00 pm	1	215	137	98	93	34	60	15	7	13	2	674	16.7%
MARTES	6:00 am a 9:00 pm	1	221	130	83	88	28	60	16	5	12	2	645	16.0%
MIERCOLES	6:00 am a 9:00 pm	1	237	145	89	76	23	60	13	6	14	2	665	16.5%
JUEVES	6:00 am a 9:00 pm	1	223	133	106	85	32	60	15	4	11	3	672	16.7%
VIERNES	6:00 am a 9:00 pm	1	242	134	92	65	49	60	12	5	13	1	673	16.7%
SABADO	6:00 am a 9:00 pm	1	233	129	99	88	39	60	15	5	15	1	684	17.0%
TOTAL			1371	808	567	495	205	360	86	32	78	11	4013	99.60%
			34.03%	20.05%	14.07%	12.29%	5.09%	8.94%	2.13%	0.79%	1.94%	0.27%	99.6%	

Tabla N° 3 Conteo vehicular en la Intersección Av. Mariscal Ramón Castilla / Ca. Pedro Bocanegra

Fuente: Elaboración propia

### Interpretación:

Se realizó el conteo en esta primera intersección Avenida Mariscal Ramón Castilla con la Calle Pedro Bocanegra, en el cual se hizo el conteo y clasificación vehicular de lunes a sábado, a excepción de domingo por temas de restricciones impuesto por el gobierno. Se clasifico vehículos desde ligeros hasta pesados, encontrando vehículos ligeros como: mototaxi, auto, station wagon, pick up, panel y combi; mientras que con los vehículos pesados se encontraron: camiones tipo C2 y C3, Semitrailer y Buses B2. Se realizó el conteo de los vehículos de 6:00 am a 9:00pm con intervalo de descanso de 15 min en la mañana, tarde y noche; obteniéndose un Índice Medio Diario de 1371 para mototaxi, y así sucesivamente para cada tipo de vehículo, para posteriormente utilizarse en los eies equivalentes día-carril.



Figura N°10 Conteo vehicular / Turno Mañana E-2



Figura N°11 Conteo vehicular / Turno Tarde E-2



Figura N°12 Conteo vehicular /  
Turno Noche E-2

Una vez calculados los Índices Medios Diarios de las dos intersecciones se procederá a estimar un solo IMD, de cada vehículo y de cada intersección, para luego dividirlo entre 6 ya que son los días que se realizaron los conteos vehiculares. Este dato servirá para calcular los Ejes Equivalentes día-carril.

A. FACTOR DIRECCIONAL Y FACTOR CARRIL					
Factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de Diseño					
Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

La via tiene un numero de calzada de:	<b>1</b>
El numero de sentidos de la calzada es:	<b>2</b>
El numero de carriles por sentido es:	<b>1</b>

Figura N° 13 Factor direccional y Factor carril  
Fuente: Elaboración propia en Excel

El Factor direccional (Fd) y el Factor de carril (Fc) está directamente relacionados, ya que según el Manual de Carreteras estima estos factores mediante el número de calzada, sentidos y carriles. Para nuestro trabajo de investigación se tuvo que la avenida cuenta con una calzada, que es de dos sentidos, y cuenta con un carril por sentido; por ello se toma los coeficientes de 0.50 y 1.00.

Una vez obtenidos los factores de dirección y de carril se procede a calcular el Factor por Vehículo Pesado, que se obtiene por la relación de cargas por eje para determinar ejes equivalentes ya sea para afirmados, pavimentos flexibles y semirrígidos.

**B. FACTOR VEHICULO PESADO**

**Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE)  
Para Afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos**

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE <sub>3,2 tn</sub> )
Eje Simple de ruedas simples (EE <sub>S1</sub> )	$EE_{S1} = [P / 6.6]^{1.0}$
Eje Simple de ruedas dobles (EE <sub>S2</sub> )	$EE_{S2} = [P / 8.2]^{1.0}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TA1</sub> )	$EE_{TA1} = [P / 14.8]^{1.0}$
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TA2</sub> )	$EE_{TA2} = [P / 15.1]^{1.0}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TR1</sub> )	$EE_{TR1} = [P / 20.7]^{1.0}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TR2</sub> )	$EE_{TR2} = [P / 21.8]^{1.0}$

P = peso real por eje en toneladas.

\* Para los distintos tipos de vehículos se utilizara la tabla de pesos y medidas de caja eje equivalente (ejes delanteros y ejes posteriores) para paso siguiente aplicar la formula para la relacion de cargas por eje y obtener el factor vehiculo pesado

Figura N° 14 Factor vehículo pesado  
Fuente: Elaboración propia en Excel

Como se puede apreciar estas fórmulas son determinantes al momento de calcular nuestros ejes equivalentes, ya que depende a la clasificación de vehículos que se ha realizado se aplicara las siguientes fórmulas para ejes simples, ejes simples de ruedas dobles, eje tándem y eje tridem.

**Para el caso de vehículos ligeros se usa la siguiente expresión:**

VEHICULOS LIGEROS = 0.001

VEHICULO TIPO C2: EE<sub>S1</sub> + EE<sub>S2</sub>

$$C2 = \frac{(7/6.6)^{4.0} + (11/8.2)^{4.0}}{4.504}$$

VEHICULO TIPO C3: EEs1 + EEta2

$$C3 = \frac{(7/6.6)^{4.0} + (18/15.1)^{4.0}}{4.941}$$

VEHICULO TIPO T2S1: EEs1+ EEs2 + EEs2

$$T2S1 = \frac{(7/6.6)^{4.0} + (11/8.2)^{4.0} + (11/8.2)^{4.0}}{7.742}$$

VEHICULO B2: EEs1 + EEs2

$$B2 = \frac{(7/6.6)^{4.0} + (11/8.2)^{4.0}}{4.504}$$

Estos resultados nos dieron a conocer los valores de Factor de Vehículo Pesado tanto para vehículos ligeros que el Manual de Carreteras opta por darle un valor de 0,001. Y los vehículos pesados que para nuestro caso se encontraron de tipos: Camión tipo C2 y C3, Buses B2, Semitrailer T2S1.

### C. FACTOR PRESION

FACTOR DE AJUSTE POR PRESIÓN DE NEUMÁTICO (Fp) PARA EJES EQUIVALENTES (EE)							
Espesor de Capa de Rodadura (mm)	Presión de Contacto del Neumático (PCN) en psi						
	PCN = 0.90x[Presión de inflado del neumático] (psi)						
	80	90	100	110	120	130	140
50	1.00	1.36	1.80	2.31	2.91	3.59	4.37
60	1.00	1.33	1.72	2.18	2.69	3.27	3.92
70	1.00	1.30	1.65	2.05	2.49	2.99	3.53
80	1.00	1.28	1.59	1.94	2.32	2.74	3.20
90	1.00	1.25	1.53	1.84	2.17	2.52	2.91
100	1.00	1.23	1.48	1.75	2.04	2.35	2.68
110	1.00	1.21	1.43	1.66	1.91	2.17	2.44
120	1.00	1.19	1.38	1.59	1.80	2.02	2.25
130	1.00	1.17	1.34	1.52	1.70	1.89	2.09
140	1.00	1.15	1.30	1.46	1.62	1.78	1.94
150	1.00	1.13	1.26	1.39	1.52	1.66	1.79
160	1.00	1.12	1.24	1.36	1.47	1.59	1.71
170	1.00	1.11	1.21	1.31	1.41	1.51	1.61
180	1.00	1.09	1.18	1.27	1.36	1.45	1.53
190	1.00	1.08	1.16	1.24	1.31	1.39	1.46
200	1.00	1.08	1.15	1.22	1.28	1.35	1.41

\*Para una presión de neumáticos de 6.895 bares =

$$1 \text{ bar} = 14.5038 \text{ lb/pulg}^2$$

$$\text{PCN} = \frac{100}{0.90} \times 100 = 90 \text{ PSI}$$

Espesor capa de rodadura: 60 mm

\*Para una presión de neumáticos de 9.550 bares =

$$\text{PCN} = \frac{132}{0.90} \times 100 = 119 \text{ PSI}$$

Por último, se calcula el Factor por presión de neumáticos que para casos de pavimentos rígidos se obtiene un valor general de 1.0, pero para nuestra investigación al tener un pavimento flexible y procederá a calcular este factor con la fórmula  $0.90 \times \text{Presión de inflado de neumáticos}$ .

Al tener ya todos los datos necesarios para calcular los Ejes Equivalentes día-carril, se procederá a insertar cada dato y promediarlo mediante el Excel realizado para este trabajo

$$EE_{\text{día-carril}} = \text{IMDA}_i \times F_d \times F_c \times F_{vp}_i \times F_{p_i}$$

TIPO DE VEHICULO	Medio Diario Anual)	F.d (Factor direccion)	Carril de diseño)	vehiculo pesado)	Fp (Factor Presion)	EE dia-carril
Vehiculos Ligeros	Mototaxi	452	0.50	1.00	0.001	0.3004
	Auto	282	0.50	1.00	0.001	0.1872
	Station wagon	194	0.50	1.00	0.001	0.1290
	Pick Up	162	0.50	1.00	0.001	0.1074
	Panel	66	0.50	1.00	0.001	0.0440
	Combi	120	0.50	1.00	0.001	0.0798
	C2	27	0.50	1.00	4.504	173.0529
Vehiculos Pesados	C3	11	0.50	1.00	4.941	76.4188
	B2	25	0.50	1.00	4.504	162.1691
	T2S1	4	0.50	1.00	7.742	39.2903

Tabla N° 4 Ejes equivalentes día-carril  
Fuente: Elaboración propia en Excel

Mediante este Excel se pudo obtener los valores de Ejes Equivalente día-carril, dando lugar así a continuar con el último paso, el cual es calcular los números de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 Tn

Esta fórmula utiliza los Ejes Equivalentes día-carril que ya se calculó anteriormente, luego se necesita el Factor de Crecimiento Anual y por último los días del año que el valor sería de 365.

$$N_{rep} \text{ de EE }_{8.2 \text{ tn}} = \sum [EE_{\text{día-carril}} \times Fca \times 365]$$

**D. FACTOR DE CRECIMIENTO ACUMULADO**

$$\text{Factor Fca} = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

Donde:

$r$  = Tasa anual de crecimiento

$n$  = Periodo de diseño

**Para vehiculos con pasajeros:**

➔ Crecimiento poblacional = 1.70% **Fca = 10.801**

**Para vehiculos de carga:**

➔ PBI = 2.20% **Fca = 14.300**

n = periodo de diseño pavimento flexible = 10 años (min)

Figura N° 15 Factor de crecimiento acumulado  
Fuente: Elaboración propia en Excel

Para el caso de estos valores se diferencia vehículos ligeros y pesados, ya que ambos tendrán un valor distinto, los vehículos ligeros estarán relacionados directamente con el crecimiento poblacional del Peru, mientras que para los vehículos pesados se seleccionara el Producto Bruto Interno (PBI).

TIPO DE VEHICULO		EE dia-carril	Fca (Factor de crecimiento acumulado)	# Dias del año	SUB TOTAL
Vehiculos Ligeros	Mototaxi	0.3004	10.80	365	1,184.09
	Auto Station	0.1872	10.80	365	737.98
	wagon	0.1290	10.80	365	508.59
	Pick Up	0.1074	10.80	365	423.39
	Panel	0.0440	10.80	365	173.46
	Combi	0.0798	10.80	365	314.59
Vehiculos Pesados	C2	173.0529	14.30	365	903,280.33
	C3	76.4188	14.30	365	398,881.31
	B2	162.1691	10.80	365	639,313.84
	T2S1	39.2903	14.30	365	205,082.96
<b>NrepEE 8.2T =</b>					<b>2,149,900.56</b>

Tabla N° 5 Numero de repeticiones de ejes equivalentes  
Fuente: Elaboración propia en Excel

Finalmente se procede al cálculo del Numero de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 Tn, seleccionando los Ejes Equivalentes para cada vehículo como se calculó anteriormente. Obteniéndose así el  $NrepEE8.2T = 2'149'900,56$ , valor que será de suma importancia para el diseño en el programa Dispav-5.

### Interpretación:

El estudio de tráfico concluye en el cálculo del  $NrepEE8.2T.$ , ya que este valor es el principal dato para poder realizar un diseño de un pavimento flexible con la incorporación de la geomalla de fibra de vidrio, la cual estará directamente relacionada con fatiga y deformaciones



Figura N° 16 Programa Dispav-5

Fuente: Programa Dispav-5

El programa calcula las fatigas generadas en las capas superiores (carpeta de rodadura) y las deformaciones permanentes generada en las capas inferiores (base, subbase y subrasante).

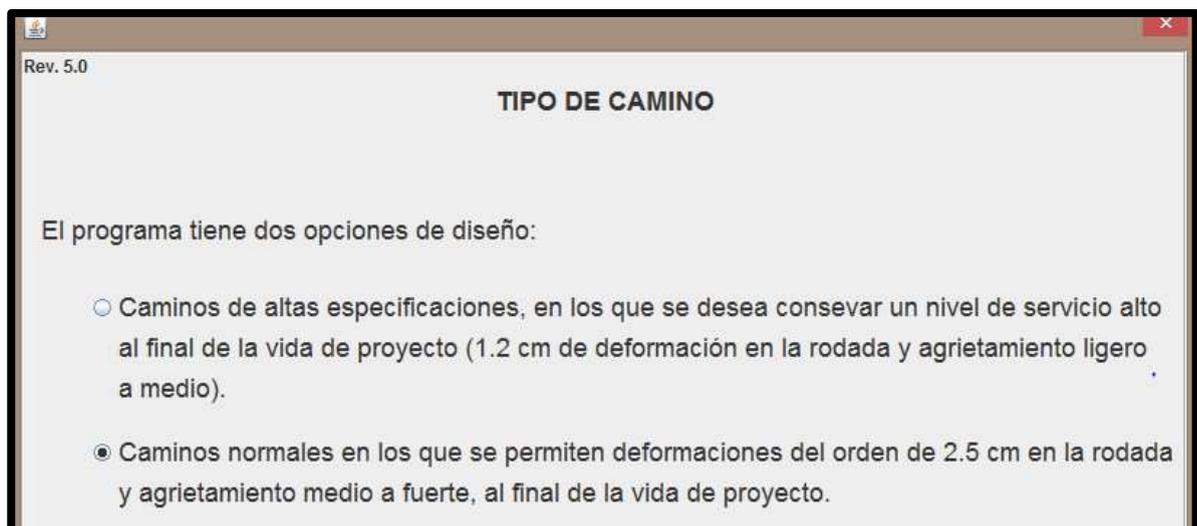


Figura N° 17 Tipo de caminos

Fuente: Programa Dispav-5

Primero se escogió el tipo de camino el cual se desea diseñar, el cual se optó por un camino normal, ya que posiblemente va a requerir una actividad de mantenimiento amplia por estar diseñada para un periodo mínimo de 10 años.



Figura N° 18 Sección estructural de la carretera  
Fuente: Programa Dispav-5

Para el trabajo de investigación se planteó utilizar todas las capas de un pavimento flexible convencional, el programa deja a criterio elegir las capas que se pueden utilizar. En este caso: Carpeta Asfáltica/ Base/ Subbase/ Subrasante/ Terracería.

### Tránsito del proyecto

Vehiculos Ligeros	Mototaxi	0.3004	10.80	365	1,184.09
	Auto	0.1872	10.80	365	737.98
	Station wagon	0.1290	10.80	365	508.59
	Pick Up	0.1074	10.80	365	423.39
	Panel	0.0440	10.80	365	173.46
	Combi	0.0798	10.80	365	314.59
Vehiculos Pesados	C2	173.0529	14.30	365	903,280.33
	C3	76.4188	14.30	365	398,881.31
	B2	162.1691	10.80	365	639,313.84
	T2S1	39.2903	14.30	365	205,082.96
			<b>NrepEE 8.2T =</b>	<b>2,149,900.56</b>	

Para el diseño se utilizó las cargas reales obtenidas del estudio de tráfico realizado en la Av. Mariscal Ramón Castilla, tomando como valor principal el NrepEE8.2Tn., que es usualmente referido a los ejes sencillos de llantas y un peso estándar de 8.2 toneladas. En este caso ya calculado se interpreta el resultado en millones de ejes equivalentes como se ve a continuación.

Rev. 5.0

**TRÁNSITO DEL PROYECTO**

Introduzca el tránsito de proyecto en millones de ejes estándar

Para daño superficial (será empleado en el diseño de la carpeta) :

Para daño profundo (para prevenir deformación de la terracería) :

**Dispav-5 versión 3.0**  
Rev. 5.0

Figura N° 19 Tránsito en millones de ejes equivalentes  
Fuente: Programa Dispav-5

### Valor relativo de soporte (CBR)

El VBRz para el diseño se va a estimar de acuerdo a las normas que presenta el Manual de Carreteras, ya que se presentaron valores máximos y mínimos que fueron de vital para el diseño, Existe la posibilidad que existan condiciones críticas que

CBR	> 10%	> 11.150psi (76.9MPa)
	< 20%	< 17.360psi (120.8MPa)

**Valor Relativo de Soporte, CBR en SubBase Granular (\*)**  
(MTC E 132, NTP 339.145 1999)

CBR en SubBase Granular	Mínimo 40%
-------------------------	------------

(\*) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de 0.1" (2.5mm)

**Valor Relativo de Soporte, CBR en Base Granular (\*)**  
(MTC E 132, NTP 339.145 1999)

Para Carreteras de Segunda Clase, Tercera Clase, Bajo Volumen de Tránsito, o, para Carreteras con Tráfico en ejes equivalentes $\leq 10 \times 10^6$	Mínimo 80%
Para Carreteras de Primera Clase, Carreteras Duales o Multicarril, Autopistas; o, para Carreteras con Tráfico en ejes equivalentes $> 10 \times 10^6$	Mínimo 100%

Fuente: Elaboración Propia en base a la Sección 403 de las EG-Vigente del MTC y al Tipo de Carretera especificados en la RD 037-2008-MTC/14  
(\*) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de 0.1" (2.5mm)

puedan afectar al pavimento, por ello el programa tiene rangos máximos y mínimos que usa también para obtener un diseño óptimo y aceptable.

Se optó por elegir valores intermedios para fines de obtener resultados negativos poder trabajar con los máximos o mínimos valores establecidos por el reglamento del manual de carreteras.

### Módulo de rigidez de los materiales

En México se conocen como módulos de rigidez en capas inferiores como subrasante, subbase y base, mientras que en nuestro país estas capas reciben el nombre de módulo de resiliencia que está directamente relacionado con el CBR.

Para obtener el Modulo de Rigidez o Resiliencia el programa genera una fórmula que estima En caso de que no se tenga una estimación fundamentada de ese valor se presenta al usuario la opción de estimarlo a partir del CBRz crítico esperado en el lugar (sin afectarlo por restricciones de valores mínimos o máximos), de acuerdo con el modelo desarrollado en el Instituto de Ingeniería, UNAM, igual a:  **$E = 130 \text{ CBRz}^{0.7}$** .

Módulo de Rigidez de Terracería:  $130 \times 3^{0.7} = 280 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de Rigidez de Subrasante:  $130 \times 20^{0.7} = 1058 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de Rigidez de Subbase:  $130 \times 80^{0.7} = 2793 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de Rigidez de Subbase:  $130 \times 90^{0.7} = 3033 \text{ kg/cm}^2$

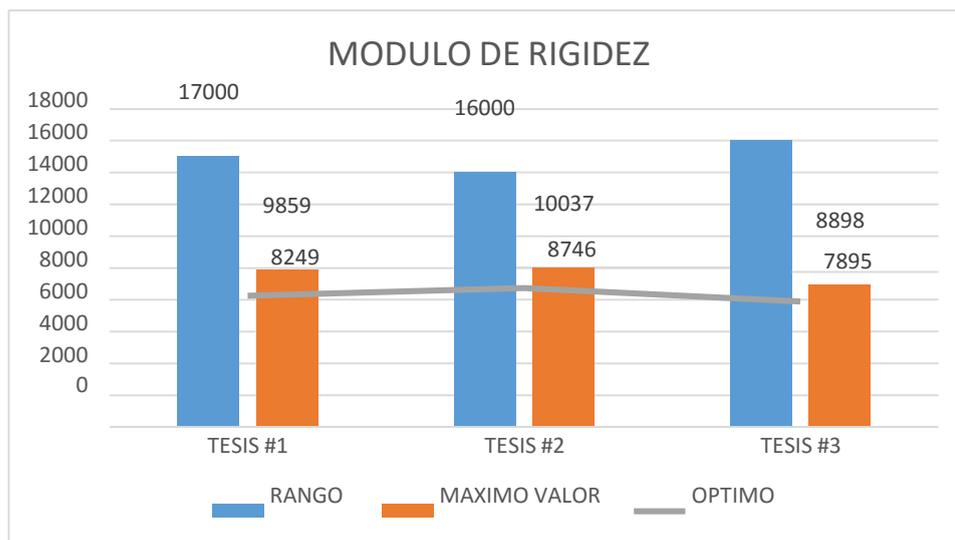


Figura N° 20 Diagrama de módulo de rigidez  
Fuente: Elaboración propia

### Interpretación:

Tesis #1: Estudio del comportamiento del módulo de rigidez en mezclas asfálticas, determinado mediante ensayos de laboratorio y obtenidos con instrumentación de terreno – Gonzalo Rodríguez Sandoval Palma – Tesis Grado Magíster

Tesis #2: Determinación del módulo de rigidez y caracterización de módulo dinámico de mezcla superpave – Camila Fernanda Corona Rojas - Tesis Título de Ingeniero Civil

Tesis #3: Medida del módulo de rigidez de mezclas asfálticas reforzadas con fibras usando el ensayo de tracción indirecta – María José Martín Maldonado – Tesis Título de Ingeniero Civil

Para estos tres trabajos de investigación se llegaron a resultados que el módulo de rigidez usando como apoyo método Marshall y en el ensayo de tracción indirecta, que el módulo de rigidez más óptimo para una mezcla Asfáltica es el de 8000 Mpa para que no se genere la condición de rotura de la mezcla debido a las cargas cíclicas a una temperatura de 20°C, teniendo en cuenta que para el manual de carreteras nos especifica que el modulo varia de 2965Mpa a 43000Mpa.

### Módulo de Poisson

También se necesita la relación de Poisson de todas las capas. Este parámetro es difícil de determinar experimentalmente ya que se requieren máquinas de prueba con una instrumentación que permita medir con precisión las deformaciones resilientes vertical y horizontal. El programa suministro valores promedio para cada capa y permitió modificar esos valores en caso de contar con información confiable de ese parámetro para los materiales específicos que emplea.

MATERIAL	MODULO DE POISSON	
	RANGO	VALOR TIPICO
Mezclas Asfálticas	0.15 - 0.45	0.35
Capas Granulares	0.30 - 0.40	0.35
Subrasante	0.30 - 0.50	0.45

Figura N° 21 Valores de Modulo de Poisson  
Fuente: Elaboración propia

## Nivel de Confiabilidad

Este dato fue proporcionado por la ecuación de diseño directamente relacionado con los números de repeticiones de ejes equivalentes y el tipo de tráfico calculado al inicio

Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad Para una sola etapa de diseño (10 ó 20 años) según rango de Tráfico				
TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P0</sub>	100,000	150,000	65%
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	70%
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	75%
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	80%
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	80%
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	85%
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	85%
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	85%
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	90%
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	90%
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	90%
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	90%
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	95%
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	95%
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	95%
T <sub>P15</sub>		>30'000,000	95%	

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

Figura N° 22 Nivel de Confiabilidad  
Fuente: Programa Dispav-5

Se procedió insertar todos los datos previamente escogidos para tener un diseño optimo en el cual se tiene el valor de soporte del suelo, el módulo de rigidez en kg/cm<sup>2</sup>, el coeficiente de Poisson y por último el nivel de confiabilidad que está directamente relacionado con mi tipo de tránsito.

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES				
Capa	CBRz %	CBRp %	Módulo de Rigidez (Kg/cm <sup>2</sup> )	Poisson
1.Carpeta			81577	0.35
2.Base granular (min.80%)	90	90.0	3033	0.35
3.Sub-base (min.25%)	80	30.0	2793	0.45
4.Subrasante (min.15%)	20	20.0	1058	0.45
5.Terracería (min.3%)	3	3.0	280	0.45

Se proponen valores para las relaciones de Poisson de cada capa. puede modificarlas si así lo desea.

Figura N° 23 Características de los materiales  
Fuente: Programa Dispav-5

## Resultados para un Pavimento Flexible con espesor de 5cm para un periodo de diseño de 10 años

Rev. 5.0

**RESULTADOS FINALES DEL PROYECTO**

Camino normal. Nivel de confianza en el diseño: 85.0%

Para un tránsito de 2.2 millones de ejes estándar Vida Previsible

Capa	H cm	CBRz %	E kg/cm2	Poisson	Def	Fatiga
Carpeta	5.0		81577	0.35		8.2
Base granular	20	90.0	3033	0.35	4	
Sub-base	20	80.0	2793	0.45	> 150	
Subrasante	32	20.0	1058	0.45	> 150	
Terracería	Semi-inf.	3.0	280	0.45	8.5	

	Vida Previsible	Transito Proyecto
Deformación	4	2.2
Fatiga	8.2	2.2

La vida previsible es mayor que el tránsito de proyecto.  
Tolerancia = Tránsito de proyecto +/- 10%.

Tiene las siguientes opciones:

**Dispav-5 versión 3.0**  
Rev. 5.0

Figura N° 24 Diseño para carpeta Asfáltica de 5cm  
Fuente: Programa Dispav-5

### Interpretación:

Como resultado se obtuvo que para un pavimento flexible convencional de 5 cm de espesor nos da como espesores C.A = 5cm / Base = 15 cm / Subbase = 15 / Subrasante = 31.9 cm. Estos primeros valores obtenidos sirvieron para tener una idea del proyecto que se quiso revisar, pero para cumplir con normas de diseño establecidas por el Manual de Carreteras los espesores mínimos para un pavimento de espesor de 5cm la base y subbase deben contar con un espesor mínimo de 20 cm.

Los datos obtenidos se refieren a la vida previsible que tendrá el diseño, se cumple como se muestra con el margen de tolerancia del 10%, La vida previsible siempre debe ser mayor al tránsito de proyecto para que no se generen fatiga en carpeta superior y deformaciones en capas inferiores. En este caso resultó que la vida previsible del pavimento es de aproximadamente 4.0 millones de ejes equivalentes, por lo que se alcanzó primero la falla por deformación en la rodada (2.5 cm de deformación y agrietamiento medio a fuerte), seguido del agrietamiento por fatiga, que

se generara a los 8.2 millones de ejes equivalentes. En el tema de costos estos valores pueden reducirse a tal punto de reducir espesores, cambiar módulos o incorporar una base asfáltica.

### Resultados para un Tratamiento Superficial reforzada con geomalla de fibra de vidrio con espesor de 2 cm para un periodo de diseño de 10 años

Rev. 5.0

Introducir los valores necesarios para la base asfáltica

Tome en cuenta un espesor mínimo de 10 cm. por motivos constructivos

Capa	H(cm)	CBR	E(kg/cm2)	Poisson
Carpeta	2.5		81577.0	0.35
Base asfáltica	<input type="text" value="10"/>		<input type="text" value="32000"/>	<input type="text" value="0.35"/>
Base granular	20	90.0	3033.3	0.35
Sub-base	20	80.0	2793.2	0.45
Subrasante	32	20.0	1058.4	0.45
Terracería	Semi-inf.	3.0	280.5	0.45

Por limitaciones del modelo el número de capas analizadas debe limitarse a un máximo de cinco, por tanto tiene que eliminar alguna de las capas. Seleccione la capa a eliminar:

Figura N° 25 Valores para una base tratada con asfalto  
Fuente: Elaboración propia mediante Dispav-5

PROPIEDADES MECANICAS	METODO DE PRUEBA	UNIDAD	MD	TD
Resistencia a tracción a 2% de deformación	ASTM D 6637	lbs/ft (kN/m)	281,0 (4,1)	452,4 (6,6)
Resistencia a tracción a 2% de deformación	ASTM D 6637	lbs/ft (kN/m)	582,6 (8,5)	925,3 (13,5)
Módulo de tracción a 2% de deformación	ASTM D 6637	lbs/ft (kN/m)	14050 (205)	22618 (330)
Módulo de tracción a 2% de deformación	ASTM D 6637	lbs/ft (kN/m)	11651 (170)	18505 (270)
Resistencia a tracción	ASTM D 6637	lbs/ft (kN/m)	891 (13.0)	1405 (20)
Eficiencia de conexiones	GRI-GG2	%	93	

Módulo de elasticidad	ASTM D 6637	Gpa	9.805
Rigidez a flexión	ASTM D 1388	mg-cm	500000
Rigidez torsional	US ARMY	Kg-cm / grado	3.20
Resistencia al daño de instalación		SC% / SW% / GP%	>95 / >95 / >95
Resistencia a la degradación UV	ASTM D 4355	%	100

Tabla N° 6 Propiedades de la geomalla  
Fuente: Ficha técnica

### Interpretación:

Para este diseño se usa los parámetros anteriores tales como espesores, CBR y módulos de rigidez, al primer intento de diseño arrojó resultados negativos, en los cuales se observa la vida previsible menor al tránsito del proyecto, lo cual no fue un diseño obtiene, teniendo en cuenta que la carpeta es menor a 5cm. Por ello aquí se agregó la geomalla de fibra de vidrio el cual tiene su módulo de elasticidad de 10Mpa.

Rev. 5.0 RESULTADOS FINALES DEL PROYECTO						
Camino normal.			Nivel de confianza en el diseño: 85.0%			
Para un tránsito de		2.2 millones de ejes estándar	Vida Previsible			
Capa	H cm	CBRz %	E kg/cm2	Poisson	Def	Fatiga
Carpeta	2.0		22000	0.35		> 150
Base Asfáltica	15		10000	0.35		2.4
Sub-base	17	80.0	2793	0.45	25	
Subrasante	35	20.0	1058	0.45	> 150	
Terracería	Semi-inf.	3.0	280	0.45	2.5	
		<b>Vida Previsible</b>		<b>Transito Proyecto</b>		
		Deformación	2.5	2.2		
		Fatiga	2.4	2.2		
La vida previsible es mayor que el tránsito de proyecto. Tolerancia = Tránsito de proyecto +/- 10%.						
Tiene las siguientes opciones:		Elija una opción				
		Guardar Resultados				
Dispav-5 versión 3.0 Rev. 5.0						

Figura N° 26 Diseño para tratamiento superficial de 2 cm con refuerzo de geomalla  
Fuente: Elaboración propia mediante Dispav-5

El programa propuso introducir una base asfáltica ya que se obtuvo un espesor de carpeta asfáltica muy delgada. Se optó por un espesor mínimos de 10 cm de base asfáltica en la cual está incluida la geomalla de fibra de vidrio con una cantidad de asfalto de módulo de rigidez de 2200 Mpa (Valor que según las tesis anteriores vistas en el módulo de rigidez se utilizan para tratamiento con bases asfálticas)

**Interpretación:**

Para este diseño se usó un refuerzo en la parte intermedia entre subbase y la carpeta de rodadura, para el cual el programa solo acepta un numero de capas 5 por lo que se tuvo que eliminar la capa de base granular. Al tener la base asfáltica se introdujeron los valores de espesor y módulo de rigidez, en el cual el modelo ahora si cumplió.

El diseño con la incorporación de la geomalla de fibra de vidrio genera que el pavimento alcance la falla por deformación a los 2.5 millones de ejes equivalentes (2.5 cm de deformación y agrietamiento medio a fuerte), mientras que el agrietamiento por fatiga se genera a los 2.4 millones de ejes equivalentes.

<b>Cuadro de interpretacion de resultados</b>					
<b>Pavimento flexible</b>			<b>Tratamiento Superficial</b>		
Espesor 5cm	Vida previsible	Transito del proyecto	Espesor 2 cm	Vida previsible	Transito del proyecto
<b>Deformacion</b>	<b>4</b>	<b>2.2</b>	<b>Deformacion</b>	<b>2.5</b>	<b>2.2</b>
<b>Fatiga</b>	<b>8.2</b>	<b>2.2</b>	<b>Fatiga</b>	<b>2.4</b>	<b>2.2</b>

Tabla N° 7 Resultados para Fatiga y Deformación en Pavimento Flexible y Tratamiento Superficial  
Fuente: Elaboración propia

**a. Primer objetivo específico:**

Mi primer objetivo específico nos dice: Determinar como la incorporación de geomalla de fibra de vidrio proporcionará resistencia a la fatiga para un pavimento flexible con tratamiento superficial en el AA. HH Mariscal Castilla.

Al realizar los diseños de la carpeta asfáltica y tratamiento superficial se obtuvieron distintos resultados para cada diseño. En el primer caso con la carpeta asfáltica se obtuvo el comportamiento por fatiga con los ejes equivalentes, para el estudio de trafico resulto de 2.2 NrepEE8.2Tn., en el caso de la carpeta asfáltica de espesor de

5 cm el agrietamiento por fatiga se generó a los 8.2 millones de ejes equivalentes valor que supera al tránsito de proyecto el cual es de 2.2 millones de ejes equivalentes (este valor puede reducirse ya sea cambiando espesores de carpeta asfáltica o aumentar o disminuir el módulo de rigidez, ya que para nuestro diseño se utilizó un módulo de rigidez intermedio para mezclas asfálticas en caliente).

En el segundo caso con la carpeta asfáltica de 2 cm se obtuvo un agrietamiento por fatiga de 2.4 millones de ejes equivalentes valor que supera al tránsito de proyecto el cual es de 2.2 millones de ejes equivalentes, en el cual la vida previsible y tráfico proyectado son muy cercanos. Esto fue apoyado con la incorporación de geomalla de fibra de vidrio que generó un retraso de agrietamiento en la carpeta asfáltica.

#### **b. Segundo objetivo específico:**

Mi segundo objetivo específico nos dice: Determinar como la incorporación de geomalla de fibra de vidrio proporcionará resistencia a la deformación para un pavimento flexible con tratamiento superficial en el AA. HH Mariscal Castilla.

Al realizar los diseños de la carpeta asfáltica y tratamiento superficial se obtuvieron distintos resultados para cada diseño. En el caso de la carpeta asfáltica de espesor de 5 cm se alcanzó la condición de falla por deformación en la rodada de 4 millones de ejes equivalentes valor que supera de manera drástica al tránsito de proyecto el cual es de 2.2 millones de ejes equivalentes (2.5 cm de deformación y agrietamiento medio a fuerte), que para este diseño se llegó a un valor muy cercano al tráfico del proyecto propuesto. Este valor puede disminuirse para tratar temas de costo en las bases granulares ya que se observó que la vida previsible es mucho mayor al tránsito proyectado.

En el segundo caso con la carpeta asfáltica de 2 cm se alcanzó la condición de falla por deformación en la rodada de 2.5 millones de ejes equivalentes valor que supera de manera drástica al tránsito de proyecto el cual es de 2.2 millones de ejes equivalentes (2.5 cm de deformación y agrietamiento medio a fuerte), para este diseño también se llegó a un valor muy cercano al tráfico del proyecto propuesto, este valor se dio gracias a la incorporación de la geomalla de fibra de vidrio en cual fue incorporada en la base asfáltica, generando así disminuir las deformaciones en la rodada, este valor puede mejorar aumentando los espesores de bases granulares, en este caso la subbase y subrasante.

Alcanzados ambos objetivos se procedió comparar 3 modelos distintos de estructuras asfálticas: un pavimento flexible convencional de 5cm de espesor, un tratamiento superficial bicapa simple y un tratamiento superficial reforzado con geomalla de fibra de vidrio. Estos 3 modelos fueron comparados según los resultados obtenidos y según el manual de carreteras, enfocado en si su periodo de mantenimiento.



Tabla N° 8 Tiempo de vida por ejes equivalentes  
Fuente: Elaboración propia

## V. DISCUSION

Los resultados obtenidos muestran un gran aporte con esta tecnología para uso en temas de ingeniería civil en la parte mecánica, con lo que también se pueden desarrollar nuevas ideas y mejoras tanto a nivel nacional como internacional.

### DISCUSION N°1

Incorporación de geomalla de fibra de vidrio para mejorar el comportamiento mecánico de un pavimento flexible con tratamiento superficial

De acuerdo con los resultados obtenidos para nuestro objetivo principal “Determinar como la incorporación de geomalla de fibra de vidrio mejorará el comportamiento mecánico para un pavimento flexible con tratamiento superficial en el Asentamiento Humano Mariscal Castilla” se obtuvo que la geomalla de fibra de vidrio mejora el comportamiento mecánico de un pavimento flexible con tratamiento superficial, así como también lo demostró el autor Arévalo Suquitana, Fredy (2016) en su tesis titulada “Utilización de la geomalla biaxial en diseño de pavimento flexible de la carretera Pedro Carbo – La Estacada” en la cual se demostró mediante un ensayo a tracción directa mediante 5 pruebas de geomalla de distinto material, viendo así el espécimen sami 2 que es la geomalla de fibra de vidrio.

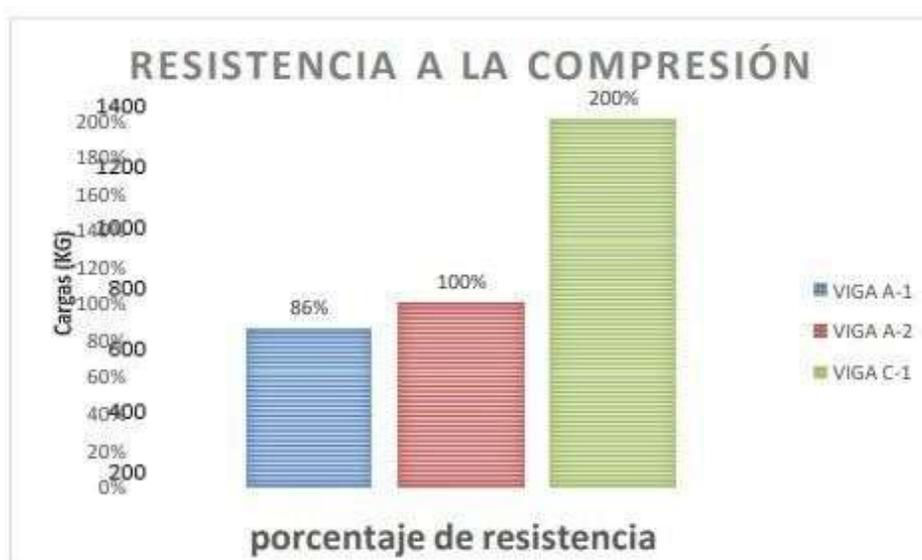


De la tesis se obtuvo que la geomalla de fibra de vidrio demostró que posee mayor capacidad de soporte ante las deformaciones a comparación de los otros geotextiles, viendo que ha soportado 968 ciclos generando así una deformación de 0.43cm mostrando ser mucho más eficiente al daño generado por fatiga.

## DISCUSION N°2

Incorporación de geomalla de fibra de vidrio para aumentar la resistencia a la fatiga de un pavimento flexible con tratamiento superficial

De acuerdo con los resultados obtenidos para nuestro primer objetivo específico “Determinar la incorporación de geomalla de fibra de vidrio proporcionará resistencia a la fatiga para un pavimento flexible con tratamiento superficial en el Asentamiento Humano Mariscal Castilla” Se determinó que la geomalla de fibra de vidrio aumenta en un tratamiento superficial el periodo de agrietamiento por fatiga en 2.4 millones de ejes equivalentes en la carpeta asfáltica a comparación de un pavimento flexible convencional, así como también lo demostró el autor Miranda Ramos, Eddy (2019) en su tesis titulada “Diseño de una base granular reforzada con geomalla biaxial, para optimizar la calidad de construcción de pavimentos flexibles, tramo Tayabamba – Ongón, provincia de Patate – La Libertad” en el cual se logró determinar en las capas del pavimento flexible una mejora ante los esfuerzos que fueron provocados por la parte superior o cargas superficiales, repartiendo de manera homogénea los esfuerzos generados.



De la tesis se obtuvo resultados mediante 3 vigas en las cuales se aplica un porcentaje de carga, siendo la viga C-1 la reforzada con geomalla de fibra de vidrio y las vigas A-1 y A-2 un asfalto convencional sin ningún tipo de refuerzo. Las cargas cíclicas generadas en la viga reforzada muestran una efectividad del 200% de efectividad a comparación de las otras 2 vigas sin refuerzo, mostrando así una resistencia a compresión alta que a su vez genera una resistencia ante agrietamientos que se puedan producir en la carpeta asfáltica.

### DISCUSION N°3

Incorporación de geomalla de fibra de vidrio para aumentar la resistencia ante las deformaciones de un pavimento flexible con tratamiento superficial

De acuerdo con los resultados obtenidos para nuestro segundo objetivo específico “Determinar como la incorporación de geomalla de fibra de vidrio proporcionará resistencia a la deformación para pavimento flexible con tratamiento superficial en el Asentamiento Humano Mariscal Castilla” Se determinó que la geomalla de fibra de vidrio aumenta la resistencia a las deformaciones en un tratamiento superficial generadas en las capas granulares en 2.5 millones de ejes equivalentes en un periodo de 10 años ante un pavimento flexible convencional, así también lo demostró el autor Ariel Vacca Hermes (2016) en su tesis titulada “Evaluación del comportamiento mecánico de una estructura bicapa, reforzada con geomalla biaxial, compuesta por afirmado invias sobre subrasante blanda, aplicable a vías no pavimentadas”, donde se obtuvo la inclusión de geomalla de refuerzo aumenta entre un 30% y 50% en las capas granulares disminuyendo así los ahuellamientos.



De la tesis se obtuvo la estructura con dos tipos de refuerzo (dos modelos de geomalla biaxial), la estructura con refuerzo n°1 presento un ahuellamiento de 35 mm, y en el caso de la estructura con refuerzo n°2 presento un ahuellamiento de 20 mm, observándose así una disminución a comparación con el modelo sin refuerzo, esta geomalla demuestra así una mayor exigencia mecánica según el tipo que se utilice y provocando una disminución en deformaciones en las capas granulares.

## VI. CONCLUSIONES

Se concluye que al incorporar la geomalla de fibra de vidrio a un tratamiento superficial mejora significativamente sus propiedades mecánicas donde la geomalla refuerza el pavimento en su vida previsible, esto debido a su alta resistencia a la tensión biaxial y su excelente adherencia a la mezcla asfáltica, de esta manera se distribuye los esfuerzos de manera homogénea y horizontal, reduciendo así fisuras y a su vez posibles agrietamiento en la carpeta asfáltica, generando también así disminuir el aumento de deformaciones en las capas granulares que vayan a generar ahuellamientos.

El refuerzo con la geomalla de fibra de vidrio en un tratamiento superficial a comparación de un pavimento flexible convencional presenta una alta resistencia ante los esfuerzos de fatiga provocado por cargas cíclicas, que surgen en la carpeta asfáltica o de rodadura mostrando así que el pavimento comenzará con la aparición de grietas a los 2.4 millones de ejes equivalentes ante el tránsito del proyecto que fue de 2.2 millones. Mostrando también que el espesor de la carpeta asfáltica que soporta las cargas cíclicas será de 2cm con refuerzo para un tratamiento superficial a comparación de un pavimento flexible convencional de espesor de 5cm, ambos para un periodo de diseño de 10 años.

El refuerzo con la geomalla de fibra de vidrio en un tratamiento superficial a comparación de un pavimento flexible presenta una capacidad de soporte ante las deformaciones presentes en las capas granulares, mostrando que el tratamiento superficial presentara deformaciones a los 2.5 millones de ejes equivalentes ante el tránsito del proyecto que fue de 2.2 millones. El periodo de diseño fue de 10 años por lo que según el diseño el tratamiento superficial presentara deformaciones de 2.5cm con el refuerzo de la geomalla y de también contar con una base estabilizada con emulsión asfáltica que es lo más apropiado para este tipo de estructura vial según el Manual de Carreteras.

## VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda el uso de la geomalla de fibra de vidrio como refuerzo en un tratamiento superficial donde se ha obtenido resultados muy favorables ante la resistencia ante cargas cíclicas y ahuellamientos, logrando así que los esfuerzos generados se distribuyan de manera horizontal controlando los futuros agrietamientos en la carpeta asfáltica y las deformaciones plásticas, que presentara una prolongación en la vida útil de la estructura.

Se recomienda que el uso de la geomalla de fibra de vidrio por su fácil instalación y su buena adherencia al asfalto, lo cual genera un aumento del tiempo de vida de un pavimento y reduce significativamente el periodo de mantenimiento que tiene un tratamiento superficial.

Se recomienda que al momento de realizar un tratamiento superficial reforzado con geomalla de fibra de vidrio contar con una base estabilizada con emulsión asfáltica ya que esto genera que la estructura muestre un mejor desempeño estructural, la cual por sí sola no presenta este tipo de atributos según el manual de carreteras.

Se recomienda comparar estos resultados obtenidos mediante otros tipos de software o con otro tipo de diseños como el ASSHTO o modelos de pavimentos flexibles para apreciar las diferencias que hay entre diseños de infraestructuras viales de nuestro país a comparación del diseño empleado en este trabajo de investigación que es de México.

Se recomienda este diseño para aplicarlo en el distrito del Rímac de preferencia aplicarlo por tramos en la avenida Mariscal Ramón Castilla como método de prueba ya que en muchos países de Latinoamérica y también de Europa se ha empezado esta metodología cosa que ha funcionado a la perfección.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BELTRÁN B., CARLOS ARTURO. 2013. Ventajas de la utilización de geo sintéticos para el refuerzo de pavimento en la carretera 7 estación Transmilenio Museo Nacional. Bogotá: s.n., 2013

GUTIÉRREZ, MIJAIL ALEXIS RAMÍREZ. 2013. la geogrilla de fibra de vidrio, en el marco de la mecánica de materiales, como alternativa para la reparación de pavimentos. Lima: s.n., 2013.

Orrego, C. y Daniel, A. (2014). "Análisis técnico-económico del uso de geomallas como refuerzo de bases granulares en pavimentos flexibles". Tesis (Ingeniería Civil). Lima, Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú, 2014, 72 pp.

CABALLERO, Erick. Utilización de la geomalla como refuerzo de la estructura del pavimento flexible. Tesis (Obtener el título de ingeniero civil). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2008. 168 pp.

GIROUD, J. (1981). Geotextile Reinforced Unpaved Road Design.

PAVCO, Geosoft. 2009. Manual de Diseño con Geosintéticos. Bogotá: Zetta Comunicadores S.A., 2009.

TAIPE SARMIENTO, WALTER y TOVAR CHOCCELAHUA, EDSON. 2012. Comportamiento del pavimento flexible con el uso de geomallas en el distrito de Lirkay km 0+010 camino a Ocopa Departamento de Huancavelica. Huancavelica: s.n., 2012.

CIDELSA. Cidelsa Geomallas. [En línea]. Lima: 2015. [Fecha de consulta: 24 de octubre de 2017.]

GARNICA, Paul, RICO, Alfonso y TÉLLEZ, Rodolfo. Pavimentos flexibles. Problemática, metodologías de diseño y tendencias [en línea]. México: Sanfandila., 1998 [fecha de consulta: 10 de setiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt104.pdf> ISSN: 0188-7297

GEOSISTEMAS Pavco. Manual de diseño con geosintéticos. México: Zetta Comunicadores S.A., 2012. 127 pp.

JORDAN y SUÁREZ. Diseño de pavimentos flexibles con el uso de geosintéticos como refuerzo aplicado en las vías de acceso a la ciudadela La Milina del Cantón Salinas. Tesis (Ingeniero Civil). Santa Elena, Ecuador: Universidad Estatal Península de Santa Elena. 2017.

MENEDEZ, José. Ingeniería de pavimentos tomo 3. Perú. Instituto Nacional y Gerencia. 2016.

MINISTERIO de transporte y comunicaciones. Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Lima. 2013.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (Perú). Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018. Lima: 2018.

RONDÓN y REYES. Metodologías de diseño de pavimentos flexibles: tendencias, alcances y limitaciones. Ciencia e Ingeniería Neogranadina. 2007.

ACADEMIA de investigación. Manual para la elaboración de tesis y trabajos de investigación. Puebla: s.n., 2018. 47 pp.

JORDAN y SUÁREZ. Diseño de pavimentos flexibles con el uso de geosintéticos como refuerzo aplicado en las vías de acceso a la ciudadela La Milina del Cantón Salinas. Tesis (Ingeniero Civil). Santa Elena, Ecuador: Universidad Estatal Península de Santa Elena. 2017.

BUSTAMANTE Y ANDRES (2016). "Evaluación en el nivel de resistencia de una subrasante, con el uso combinado de una Geomalla y un Geotextil". Tesis (Master Ingeniería de Vialidad y Transporte). Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca, Facultad de Ingeniería, 109 pp.

BLAZQUEZ, Luis. Manual de Carreteras. New York: McGraw-Hill Book Co. Segunda parte, 2011. 458 pp.

CONDOR, Tratamiento superficial bicapa con emulsión asfáltica de la carretera valle Yacus, provincia de Jauja – Región de Junín 2015. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Junín: Universidad Peruana los Andes, Facultad de Ingeniería. 2016.

ÁLVAREZ Byron, Uso de los Morteros Asfálticos en Vías: Colocación del mortero asfáltico Slurry Seal en la vía La Armenia – Pacto tramo Gualea Cruz – Pacto. (Tesis de pre grado). Universidad San Francisco de Quito, Ecuador, 2012.

DE LA CRUZ Denis. Diseño y evaluación de un afirmado estabilizado con Emulsión Asfáltica, Ampliación: Carretera Cañete – Chupaca. (Tesis de pre grado) Universidad Nacional de ingeniería. Facultad de Ingeniería Civil. Lima – Perú 2012.

INSTITUTO DEL ASFALTO. Manual Básico de Emulsiones Asfálticas (N°19). EEUU. 2000

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Manual de diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito. Lima: MTC. 2008

Ballester, F., Castro, D. y Miguel, G. (2000). "Definición, función y clasificación de los geotextiles". Departamento de Transportes y Tecnología de Proyectos y Procesos (área de construcción) de la Universidad de Cantabria. España, 130pp.

PEREZ Y ARMANDO. (2010). "Geomallas". INGENET, México.

MIRANDA, Eddy. Diseño de una base granular reforzada con geomalla biaxial; para optimizar la calidad en la construcción de pavimentos flexibles, tramo Tayabamba-Ongon, provincia de Patate, la Libertad. Tesis (Maestro en transportes y conservación vial). Trujillo: Universidad Privada Antenor

CAMPANA Y MENDOZA (2011). "Los geosintéticos aplicados a obras de pavimento flexible". Tesis (Ingeniería Civil). Guayaquil, Ecuador: Escuela superior Politécnica Guayaquil, 126 pp.

LIZARRAGA Y CHAVEZ (2013). "Diseño y Construcción de Pavimentos Flexibles Aplicando Geomallas de Polipropileno como Sistema de Reforzamiento Estructural". Tesis (Maestro en Ingeniería Civil). México: Universidad Nacional Autónoma de México, 174pp.

ALMENDAREZ, Luis. Diseño de Pavimentos Flexibles con Refuerzo de Geomalla Triaxial Utilizando la Metodología Giroud-Han: Caso de Aplicación en Honduras. 15th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology. (2017).

CABALLEROS, T. Utilización de la Geomalla como refuerzo de la estructura del pavimento flexible. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. (2006).

KOERNER, R. Designing with Geosynthetics. New Jersey Prentice Hall. (2005)

NAJARRO, A. Diseño y aplicación con geomallas en la carretera. Iquitos-Nauta Ayacucho. (2006).

SILVA, Mayra. Mejoramiento de la subrasante con geomallas multiaxiales tipo TX140 y TX 160, aplicado a un tramo de la calle Alemania- La molina- Cajamarca 2016. Tesis (Ingeniero Civil). Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. 2016.

GUTIÉRREZ, J. Modelación Geotécnica de Pavimentos Flexibles con Fines de Análisis y Diseño en el Perú. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. (2007).

MANUAL de mecánica de suelos (2017); la capa de la estructura del pavimento soporta y transmite las cargas de los vehículos al subsuelo. Lima.

LIZÁRRAGA, José. Diseño y construcción de pavimentos flexibles aplicando geomallas de polipropileno como sistema de reforzamiento estructural. Tesis (Maestro en Ingeniería). México: Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela de postgrado, 2013. 200pp.

PAVIMENTACIÓN y repavimentación [Blogs en línea]. Lima: Pavco Wavin [s.l]. [Fecha de consulta: 5 de setiembre de 2019]. Recuperado de: <https://pavcogeosinteticos.com/pavimentacion-y-repavimentacion/>

RAMIREZ, Mijael. La geogrilla de fibra de vidrio, en el marco de la mecánica de materiales, como alternativa para la reparación de pavimentos. Tesis (Título profesional en Ingeniería civil). Lima: Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingeniería, 2013. 223 pp.

VILLEGAS, Darwin. Diseño del pavimento asfáltico utilizando geomallas de fibra de vidrio en urbanización el Ingeniero I, Chiclayo. Tesis (obtener título profesional de Ingeniería civil). Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2019. 46 pp.

VASQUEZ, Valera. Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, Manizales Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2006. 4 pp.

## **ANEXOS**

ANEXO 1. MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES					
Aplicación de geomalla de fibra de vidrio para un pavimento flexible con tratamiento superficial en el Asentamiento Humano Mariscal Castilla					
VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
VARIABLE INDEPENDIENTE: Geomalla de fibra de vidrio	PAVCO (2012), Son geomallas flexibles con resistencia en ambas direcciones, se utilizan para controlar agrietamientos por reflexión, fatigas y deformaciones plásticas en sobre carpetas de concreto asfáltico.	La geomalla de fibra de vidrio presentará una serie de ventajas tanto físicas como mecánicas que proporcionará los datos necesarios para desarrollar los cálculos mediante el programa Dispave 5	Propiedades mecánicas de la geomalla	Rigidez a la flexión	Nominal
				Rigidez a la torsión	
				Módulo de elasticidad	
VARIABLE DEPENDIENTE: Pavimento Flexible con Tratamiento Superficial	AGUILAR N. Y SALAS, G. (2012, p. 35), Superficie asfáltica que resulta de una o más aplicaciones sucesivas y alternadas de ligante asfáltico y áridos sobre una base granular o sobre un pavimento existente de asfalto o de hormigón.	El tratamiento superficial con refuerzo de geomalla de fibra de vidrio será medido mediante el programa Dispave 5 y a su vez se necesitará de ciertos parámetros necesarios para el cálculo	Diseño programa Dispave 5	Estudio de trafico	Ordinal
				CBR de las capas	
				Módulo de rigidez	
				Módulo de Poisson	
				Nivel de confiabilidad	

ANEXO 2. MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA							
PROBLEMÁTICA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES		INDICADORES	METODOLOGIA	
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES			
¿De qué manera la incorporación de geomalla de fibra de vidrio mejorará el comportamiento mecánico para un pavimento flexible con tratamiento superficial en el Asentamiento Humano Mariscal Castilla?	Determinar como la incorporación de geomalla de fibra de vidrio para mejorar el comportamiento mecánico para un pavimento flexible con tratamiento superficial en el Asentamiento Humano Mariscal Castilla	La incorporación de geomalla de fibra de vidrio mejora las propiedades mecánicas de un pavimento flexible con tratamiento superficial en el Asentamiento Humano Mariscal Castilla	Geomalla de fibra de vidrio	Propiedades mecánicas de la geomalla	Rigidez a la flexión	<b>Tipo de estudio:</b> Aplicada <b>Enfoque:</b> Cuantitativo <b>Nivel:</b> Explicativa <b>Diseño:</b> No Experimental	
					Rigidez a la torsión		
					Módulo de elasticidad		
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS	VARIABLE DEPENDIENTE				
¿De qué manera influirá la incorporación de geomalla de fibra de vidrio ante la resistencia a la fatiga para un pavimento flexible con tratamiento superficial en el Asentamiento Humano Mariscal Castilla?	Determinar como la incorporación de geomalla de fibra de vidrio proporcionará resistencia a la fatiga para un pavimento flexible con tratamiento superficial en el Asentamiento Humano Mariscal Castilla	La incorporación de geomalla de fibra de vidrio aumenta la resistencia a la fatiga para un pavimento flexible con tratamiento superficial en el Asentamiento Humano Mariscal Castilla	Pavimento Flexible con Tratamiento Superficial	Diseño programa Dispave 5	Estudio de trafico		
					CBR		
¿De qué manera influirá la incorporación de geomalla de fibra de vidrio ante la deformación para un pavimento flexible con tratamiento superficial en el Asentamiento Humano Mariscal Castilla?	Determinar como la incorporación de geomalla de fibra de vidrio proporcionará resistencia a la deformación para un pavimento flexible con tratamiento superficial en el Asentamiento Humano Mariscal Castilla	La incorporación de geomalla de fibra de vidrio aumenta la resistencia a la deformación para un pavimento flexible con tratamiento superficial en el Asentamiento Humano Mariscal Castilla	Pavimento Flexible con Tratamiento Superficial	Diseño programa Dispave 5	Módulo de Rigidez		
					Módulo de Poisson		
					Nivel de confiabilidad		



 **UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

"Aplicación de geomalla de fibra de vidrio para un pavimento flexible con tratamiento superficial en el Asentamiento Humano Mariscal Castilla"

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) CIVIL**

**AUTOR(ES):**  
Avila Sánchez, Alvaro  
<https://orcid.org/0000-0002-1732-6459>

**ASESOR:**  
Dr. Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique  
<https://orcid.org/0000-0002-0684-5114>

Icons for document, chat, and other functions.

**Resumen de coincidencias** X

**21 %**

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

- 1 repositorio.ucv.edu.pe 3 % >  
Fuente de Internet
- 2 cybertesis.uach.cl 2 % >  
Fuente de Internet
- 3 vsip.info 2 % >  
Fuente de Internet
- 4 repositorio.unfv.edu.pe 1 % >  
Fuente de Internet
- 5 aplicaciones.iingen.un... 1 % >  
Fuente de Internet
- 6 Entregado a Universida... 1 % >

## ANEXO 4. ENSAYO DE CARGA CICLICA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE INVESTIGACIONES  
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES  
LABORATORIO DE ESTRUCTURAS



### ENSAYO DE CARGA CICLICA EN PAVIMENTOS FLEXIBLES

#### Introducción

Con fecha 04 de mayo del 2012, el Bachiller en Ingeniería Mijail Ramírez Gutiérrez solicitó al Laboratorio de estructuras del CISMID una propuesta económica para la realización de ensayo de carga cíclica en pavimentos flexibles. En respuesta a dicha solicitud, con fecha 23 de agosto del 2012 el Laboratorio envía su propuesta técnico económica, la cual es aceptada por el solicitante mediante correo electrónico de fecha 15 de octubre del 2012.

El presente informe muestra los resultados de dichos ensayos, describiendo el modo de falla y concluyendo cual es el patrón significativo de las muestras ensayadas.

#### Prueba de carga cíclica

Este ensayo se realizó para examinar la reflexión de grietas y su propagación hacia la superficie en pavimentos rehabilitados. El procedimiento de ensayo fue proporcionado por el solicitante.

#### Especímenes

La Figura 1, muestra un esquema de los especímenes que se ensayaron, cuyas dimensiones son las siguientes: Largo: 55 cm, Ancho: 15 cm y Profundidad: 15 cm. En la parte inferior central del espécimen se hizo una ranura para simular una grieta real en el pavimento antiguo la cual se propagaría hacia la superficie bajo la acción de la carga cíclica.

Los especímenes y sus características fueron fabricados y proporcionados por el solicitante, los cuales se indican a continuación.

A-1: Especímen de pavimento convencional, sin ningún tipo de refuerzo que retarde la reflexión de fisuras por la fatiga

A-2: Especímen de pavimento convencional, sin ningún tipo de refuerzo que retarde la reflexión de fisuras por la fatiga

B-1: Especímen con refuerzo de mortero asfáltico (arena-cemento)

C-1: Especímen con refuerzo de geogrilla de fibra de vidrio (especie de geotextil), compuesto por hilos de fibra de vidrio, cubiertas por un polímero elastomérico que crea una estructura en forma de malla.



## ANEXO 5. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO DE CARGA CICLICA



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE INVESTIGACIONES**  
**SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES**  
**LABORATORIO DE ESTRUCTURAS**



---

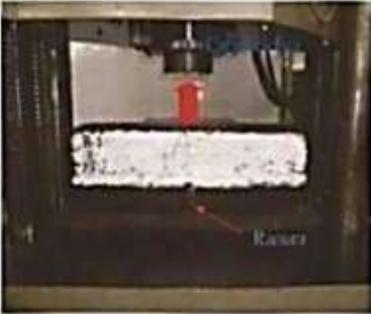


Figura 1 Espécimen en la máquina universal.

**Procedimiento de ensayo**

El ensayo fue realizado con una máquina Universal Hidráulica SHIMADZU UH F500kN de 50 toneladas de capacidad. El ensayo debía simular el paso de un vehículo, para conseguirlo se aplicó una carga cíclica (carga y descarga). La carga se aplicó en el centro de la viga sobre una plancha de acero de dimensión 20 cm. x 15 cm x 10 mm de espesor, la frecuencia y el número de ciclos son presentados en los cuadros de datos de cada ensayo.

Durante el ensayo la viga permaneció apoyada en una plancha de goma que simulaba las características semielásticas de la base, dejando que la viga se curvaba bajo la carga y se recupera al descargarla.

Se midió la longitud de la grieta que se produjo por efecto de la carga cíclica alrededor de la ranura y que se propagaba hacia la superficie, tal como se ve en la Figura 2 y en la Figura 3. Para obtener una mejor visualización de la propagación de la grieta, las caras laterales de los especímenes fueron pulidas y posteriormente pintadas con pintura de color blanco.

**Ensayo de espécimen A-1**

El ensayo se realizó durante tres días, tal como se aprecia en la Tabla 1, generándose un total se realizaron 470 ciclos de carga y descarga.

El primer día se realizaron 70 ciclos de carga y descarga a una frecuencia de 0.20 Hz, hasta un máximo de 400 kg. En el ciclo 35 empezaron a aparecer grietas aisladas.

El segundo día se realizaron 200 ciclos de carga y descarga a una frecuencia de 0.17 Hz, hasta un máximo de 400 kg. En el ciclo 135 las grietas que aparecieron en el primer día se propagaron más y llegaron a la superficie superior del espécimen.



---

AV. TUPAC AMARU N° 1130 - LIMA 21 - PERÚ - Apartado Postal 31-210 Lima 21  
Teléfono (51-1) 482-4790 Telefax 482-4777 (301) 482-4796 (422)

## ANEXO 6. ENSAYO DE REFLEXION POR FATIGA



PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL  
REPORTE DE ENSAYO

### ENSAYO DE REFLEXIÓN POR FATIGA PARA LIGANTE ASFÁLTICO CONVENCIONAL

Código orden: E-114

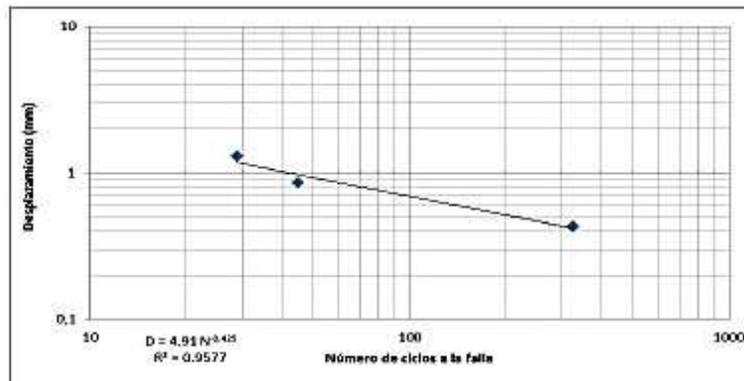
Norma Técnica de referencia: TEX-248-F

PROYECTO: \_\_\_\_\_  
LOCALIZACIÓN: BOGOTÁ D.C  
ACTIVIDAD: ENSAYO DE REFLEXIÓN POR FATIGA  
SISTEMA SIN S.A.M.I.

MUESTRA: E-114  
ESTADO: \_\_\_\_\_  
FECHA ENSAYO: SEPTIEMBRE DE 2012

#### TOMA DE DATOS

S.A.M.I	NÚMERO DE MUESTRA	TEMPERATURA °C	DEFORMACIÓN (mm)	NÚMERO DE CICLOS HASTA LA FALLA
	MDC-1	25	0.43	325
SIN S.A.M.I.	MDC-2	25	0.66	45
	MDC-3	25	1.30	29



#### PARÁMETROS:

$\delta_1$	4.91 mm	1/b	-2.35 mm
b	-0.43 mm	$\delta_2$	0.01 mm

#### Observaciones Generales :

Membrana antifisura S.A.M.I con mezcla asfáltica convencional (MDC-2).

SISTEMA SIN S.A.M.I. : Capa fisurada + nueva carpeta asfáltica

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

ANA MARÍA FORERO RONDÓN

EJECUTÓ: ESTUDIANTE

JEFE DE LABORATORIO

# ANEXO 7. ENSAYO DE REFLEXION POR FATIGA



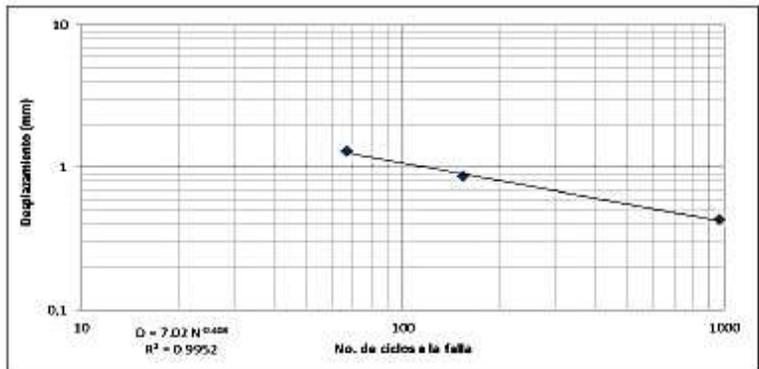
PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL  
REPORTE DE ENSAYO

**ENSAYO DE REFLEXIÓN POR FATIGA PARA LIGANTE ASFÁLTICO CONVENCIONAL**

Código orden: E-114
Norma Técnica de referencia: TEX-248-F

PROYECTO: _____	MUESTRA: <u>E-114</u>
LOCALIZACIÓN: <u>BOGOTÁ D.C</u>	ESTADO: _____
ACTIVIDAD: <u>ENSAYO DE REFLEXIÓN POR FATIGA</u>	FECHA ENSAYO: <u>SEPTIEMBRE DE 2012</u>
<u>SISTEMA S.A.M.I.2</u>	

TOMA DE DATOS				
S.A.M.I	NÚMERO DE MUESTRA	TEMPERATURA °C	DEFORMACIÓN (mm)	NÚMERO DE CICLOS HASTA LA FALLA
	MDC-1	25	0.43	968
S.A.M.I. 2	MDC-2	25	0.86	154
	MDC-3	25	1.30	67



PARÁMETROS:			
$\delta_s$	7.02 mm	1/b	-2.45 mm
b	-0.41 mm	$\delta_b$	0.03 mm

Observaciones Generales :

Membrana antifisura S.A.M.I con mezcla asfáltica convencional (MDC-2).

SISTEMA S.A.M.I. 2 : Capa fisurada + geomalla de fibra de vidrio + nueva carpeta asfáltica

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

ANA MARÍA FORERO RONDÓN

\_\_\_\_\_  
EJECUTÓ: ESTUDIANTE

\_\_\_\_\_  
JEFE DE LABORATORIO

## ANEXO 8. ENSAYO DE REFLEXION POR FATIGA



PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL  
REPORTE DE ENSAYO

### ENSAYO DE REFLEXIÓN POR FATIGA PARA LIGANTE ASFÁLTICO CONVENCIONAL

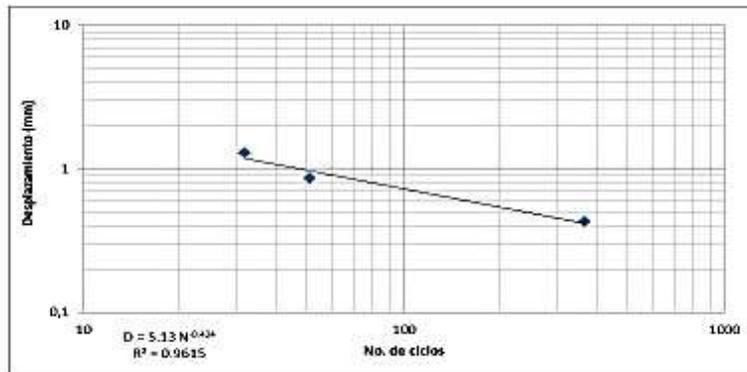
Código orden: E-114

Norma Técnica de referencia: TEX-248-F

PROYECTO: \_\_\_\_\_ MUESTRA: E-114  
LOCALIZACIÓN: BOGOTÁ D.C. ESTADO: \_\_\_\_\_  
ACTIVIDAD: ENSAYO DE REFLEXIÓN POR FATIGA FECHA ENSAYO: SEPTIEMBRE DE 2012  
SISTEMA S.A.M.I.3

### TOMA DE DATOS

S.A.M.I	NÚMERO DE MUESTRA	TEMPERATURA °C	DEFORMACIÓN (mm)	NÚMERO DE CICLOS HASTA LA FALLA
	MDC-1	25	0.43	466
S.A.M.I.3	MDC-2	25	0.66	51
	MDC-3	25	1.30	33



### PARÁMETROS:

$\delta_1$	5.13 mm	$1/b$	-2.36 mm
$b$	-0.42 mm	$\delta_b$	0.01 mm

### Observaciones Generales :

Membrana antifisura S.A.M.I con mezcla asfáltica convencional (MDC-2).

SISTEMA S.A.M.I.3 : Capa fisurada + geotextil no tejido NT 1800 + nueva carpeta asfáltica

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

ANA MARÍA FORERO RONDÓN

EJECUTÓ: ESTUDIANTE

JEFE DE LABORATORIO

# ANEXO 9. ENSAYO DE REFLEXION POR FATIGA



PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
 DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL  
 REPORTE DE ENSAYO

## ENSAYO DE REFLEXIÓN POR FATIGA PARA LIGANTE ASFÁLTICO CONVENCIONAL

Código orden: E-114

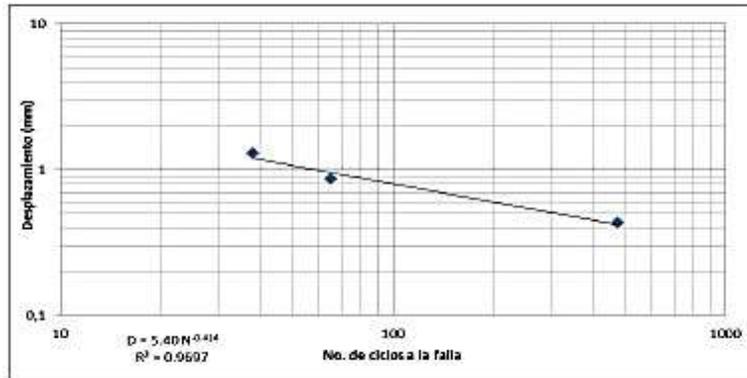
Norma Técnica de referencia: TEX-248-F

PROYECTO: \_\_\_\_\_  
 LOCALIZACIÓN: BOGOTÁ D.C.  
 ACTIVIDAD: ENSAYO DE REFLEXIÓN POR FATIGA  
 SISTEMA S.A.M.I.4

MUESTRA: E-114  
 ESTADO: \_\_\_\_\_  
 FECHA ENSAYO: SEPTIEMBRE DE 2012

### TOMA DE DATOS

S.A.M.I	NÚMERO DE MUESTRA	TEMPERATURA °C	DEFORMACIÓN (mm)	NÚMERO DE CICLOS HASTA LA FALLA
	MDC- 1	25	0.43	473
S.A.M.I. 4	MDC- 2	25	0.86	65
	MDC- 3	25	1.30	38



### PARÁMETROS:

$\delta_t$	5.40 mm	1/b	-2.42 mm
b	-0.41 mm	$\delta_b$	0.02 mm

### Observaciones Generales :

Membrana antifisura S.A.M.I con mezcla asfáltica convencional (MDC-2).

SISTEMA S.A.M.I. 4 : Capa fisurada + geotextil no tejido REPAV 450 + nueva carpeta asfáltica

ANA MARÍA FORERO RONDÓN

EJECUTÓ: ESTUDIANTE

JEFE DE LABORATORIO

## ANEXO 10. DISPAVE-5 TIPO DE CAMINO Y TRANSITO DEL PROYECTO

Rev. 5.0

### TIPO DE CAMINO

El programa tiene dos opciones de diseño:

- Caminos de altas especificaciones, en los que se desea conservar un nivel de servicio alto al final de la vida de proyecto (1.2 cm de deformación en la rodada y agrietamiento ligero a medio).
- Caminos normales en los que se permiten deformaciones del orden de 2.5 cm en la rodada y agrietamiento medio a fuerte, al final de la vida de proyecto.

**Dispav-5 versión 3.0**

**Rev. 5.0**

Rev. 5.0

### TRÁNSITO DEL PROYECTO

Se requiere conocer el tránsito en el carril de proyecto en millones de ejes estándar (ejes sencillos de 8.2 toneladas)

Tiene dos opciones para calcular el tránsito equivalente:

- Si conoce el tránsito de proyecto, introducirlo directamente
- Calcularlo a partir del tránsito mezclado

**Dispav-5 versión 3.0**

**Rev. 5.0**

## ANEXO 11. DISPAVE-5 TIPO DE CAMINO Y TRANSITO DEL PROYECTO

Rev. 5.0

### TRÁNSITO DEL PROYECTO

Introduzca el tránsito de proyecto en millones de ejes estándar

Para daño superficial (será empleado en el diseño de la carpeta) :

Para daño profundo (para prevenir deformación de la terracería) :

**Dispav-5 versión 3.0**  
**Rev. 5.0**

Rev. 5.0

### CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Capa	CBRz %	CBRp %	Módulo de Rigidez (Kg/cm <sup>2</sup> )	Poisson
1.Carpeta			<input type="text" value="81577"/>	<input type="text" value="0.35"/>
2.Base granular (min.80%)	<input type="text" value="90"/>	90.0	<input type="text" value="3033"/>	<input type="text" value="0.35"/>
3.Sub-base (min.25%)	<input type="text" value="80"/>	30.0	<input type="text" value="2793"/>	<input type="text" value="0.45"/>
4.Subrasante (min.15%)	<input type="text" value="20"/>	20.0	<input type="text" value="1058"/>	<input type="text" value="0.45"/>
5.Terracería (min.3%)	<input type="text" value="3"/>	3.0	<input type="text" value="280"/>	<input type="text" value="0.45"/>

Se proponen valores para las relaciones de Poisson de cada capa, puede modificarlas si así lo desea.

**Dispav-5 versión 3.0**  
**Rev. 5.0**

## ANEXO 12. DISPAVE-5 SECCION ESTRUCTURAL Y NIVEL DE CONFIABILIDAD

Rev. 5.0

### SECCIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA

El programa permite analizar pavimentos que contengan algunas de las siguientes capas (o todas ellas)

Seleccione las capas :

- 1.Carpeta
- 2.Base
- 3.Sub-base
- 4.Subrasante
- 5.Terracería



Dispav-5 versión 3.0  
Rev. 5.0

Rev. 5.0

### NIVELES DE CONFIANZA

El método permite elegir el nivel de confianza del proyecto.

Se sugiere emplear un nivel de confianza del 85% pero puede emplear otro nivel (entre 50% y 99%)

Puede cambiarlo si lo desea:  %

Dispav-5 versión 3.0  
Rev. 5.0

## ANEXO 13. DISPAVE-5 RESULTADOS DEL DISEÑO

Rev. 5.0

### RESUMEN DE DATOS PARA EL CÁLCULO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL BAJO CARGAS REPETIDAS

Carga: eje sencillo estándar de 8.2 ton.  
 Presión de contacto: 5.8 kg/cm<sup>2</sup>  
 Tránsito de proyecto: 2.2 millones de ejes estándar  
 Nivel de confianza: 85.0%

	Módulo	Espesor cm
<b>Carpeta</b>	22000	2
<b>Base Asfáltica</b>	10000	15
<b>Sub-base</b>	2793	17
<b>Subrasante</b>	1058	35
<b>Terracería</b>	280	Semi-inf.

**Dispav-5 versión 3.0**  
Rev. 5.0

Rev. 5.0

### RESULTADOS FINALES DEL PROYECTO

Camino normal. Nivel de confianza en el diseño: 85.0%  
 Para un tránsito de 2.2 millones de ejes estándar **Vida Previsible**

Capa	H cm	CBRz %	E kg/cm <sup>2</sup>	Poisson	Def	Fatiga
Carpeta	2.0		22000	0.35		> 150
Base Asfáltica	15		10000	0.35		2.4
Sub-base	17	80.0	2793	0.45	25	
Subrasante	35	20.0	1058	0.45	> 150	
Terracería	Semi-inf.	3.0	280	0.45	2.5	

	Vida Previsible	Transito Proyecto
<b>Deformación</b>	2.5	2.2
<b>Fatiga</b>	2.4	2.2

La vida previsible es mayor que el tránsito de proyecto.  
 Tolerancia = Tránsito de proyecto +/- 10%.

Tiene las siguientes opciones:

**Dispav-5 versión 3.0**  
Rev. 5.0