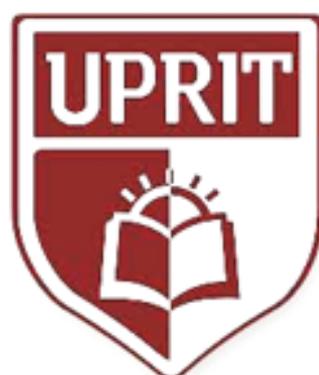


UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**BASES TEORICAS PARA REALIZAR LA INVESTIGACION ANÁLISIS DE
PAVIMENTO FLEXIBLE REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO 4D MEDIANTE
LA METODOLOGÍA DE DESGASTE HDM-IV – TRUJILLO - LA LIBERTAD – PERÚ,
2018**

**TRABAJO DE INVESTIGACION PARA
OPTAR EL GRADO DE BACHILLER**

AUTOR:

Daniel Gonzalo Crispín Santos

TRUJILLO - PERU

2019



I. INDICE

I. INTRODUCCION.....	4
1.1. Delimitación del problema que motiva el estado del arte.....	5
1.1.1. Campo temático.....	6
1.1.2. Espacio.....	6
1.1.3. Tiempo.....	6
1.2. Formulación del problema.....	7
1.3. Justificación del tema.....	7
1.3.1. Realidad Problemática	7
1.3.2. Aspectos diferenciados de justificación	7
1.4. Objetivos.....	8
1.4.1. Objetivo General	8
1.4.2. Objetivo Específicos	8
1.5. Procedimientos metodológicos seguidos	9
1.5.1. Técnica de recolección	9
1.5.2. Instrumentos de recolección	9
1.5.3. Fuentes de información	9
II. RESULTADOS RESPECTO A LOS ANTECEDENTES ESTADO DEL ARTE O ESTADO DE LA CUESTION	10
2.1. Antecedentes	10
2.2. Bases teóricas	15
2.2.1. Nacionales	10
2.2.2. Internacionales	12
III. CONCLUSIONES	34
IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
V. ANEXOS	38

II. RESUMEN

La presente monografía busca obtener información técnica necesaria para elaborar la investigación análisis de pavimento flexible reforzado con fibras de acero 4D mediante la metodología de desgaste HDM-IV, Trujillo, La Libertad. La presente investigación elaboró la teoría del uso de fibras de acero las cuales se han venido usando en el medio constructivo desde hace más de 5 años, sólo que su uso no ha sido muy extendido en toda la comunidad ingenieril, como ejemplo del buen uso de este se tiene la elaboración de la utilización de fibras metálicas para la construcción de concreto Reforzado en la ciudad de Pucallpa, señalando que el refuerzo de concreto que se logra es mediante un acople tridimensional, reduciendo las tensiones aplicadas al elemento estructural aumentando así su resistencia, usado principalmente en pisos y pavimentos, obteniendo un elevado número de fibras por Kg. distribuyéndose uniformemente y logrando un comportamiento mecánico homogéneo. (Odicio, 2007)

PALABRAS CLAVES

- Fibras de acero 4D
- Metodología de desgaste.
- Pavimento flexible

III. ABSTRAC

The present monograph seeks to obtain technical information necessary to elaborate the research analysis of flexible pavement reinforced with 4D steel fibers through the wear methodology HDM-IV, Trujillo, La Libertad.

The present investigation elaborated the theory of the use of steel fibers which have been used in the construction medium for more than 5 years, only that its use has not been very widespread in the whole engineering community, as an example of the good use of This is the development of the use of metal fibers for reinforced concrete construction in the city of Pucallpa, noting that the reinforcement of concrete is achieved through a three-dimensional coupling, reducing the stress applied to the structural element thus increasing its strength, used mainly in floors and pavements, obtaining a high number of fibers per Kg, distributing uniformly and achieving a homogeneous mechanical behavior. (Odicio, 2007)

KEYWORDS

- 4D steel fibers
- Attrition methodology.
- Flexible pavement

I. INTRODUCCION

Durante las siguientes décadas el sector transporte en el mundo enfrentará retos sin precedentes ocasionados por la demografía, la urbanización, la presión para reducir drásticamente las emisiones de gases efecto invernadero, tanto en los ámbitos urbanos como en las áreas rurales, congestión de tránsito en las ciudades, vejez y deterioro mayor de la infraestructura y del equipamiento de transporte, y crecimiento en la demanda de combustible, cuestiones que son de vital importancia tratar.

El enfrentar con éxito estos retos dependerá, en gran medida, de la infraestructura disponible y su nivel de servicio, las normas, de las políticas públicas y de la intervención de los gobiernos, de la cooperación regional y mundial, de la estabilidad económica, de los avances tecnológicos y de los acuerdos que se establezcan entre los responsables de las políticas nacionales y locales con los fabricantes, consumidores y productores. (Chávez, 2017)

Para ámbitos de rehabilitación superficial se tiene que las medidas de rehabilitación superficial resuelven problemas que se encuentran confinados a las capas superiores del pavimento, usualmente dentro de los 100 mm superiores, inconvenientes que están relacionados con el envejecimiento del asfalto y con el agrietamiento que se origina en la superficie debido a factores térmicos. La rehabilitación para resolver problemas de la estructura del pavimento normalmente se trata como una solución a largo plazo. Al resolver los problemas estructurales, debe recordarse que la estructura del pavimento es la que tiene fallas y no necesariamente los materiales que la constituyen. (Botasso, 2012)

La recuperación de pavimentos es una técnica que ha ido avanzando en México en lo que se refiere a construcción y conservación de caminos, principalmente porque los ahorros en la inversión de las rehabilitaciones de carpetas son del 30 al 60% en comparación con las técnicas tradicionales. Por otro lado la reutilización de los materiales pétreos ahorra la búsqueda de bancos de

materiales, los cuales cada día escasean más y se encuentran limitados por el equilibrio ecológico que debe haber en las regiones, además se puede prescindir de los acarreos que se traducen en costos adicionales y muy elevados. Con esto se entiende que los trabajos de conservación rutinaria y periódica serán mejores y tendrá una vida útil mayor.

1.1. Delimitación del problema que motiva el estado del arte

El análisis de las bases teórica de la investigación la investigación análisis de pavimento flexible reforzado con fibras de acero 4D mediante la metodología de desgaste HDM-IV, Trujillo, La Libertad.

Los pavimentos denominados Whitetopping, corresponden a rehabilitaciones de pavimentos asfálticos deteriorados, es decir se construye una carpeta de concreto convencional sobre un pavimento existente de asfalto. Los métodos de diseño toman en cuenta esta solución, considerando las características de soporte de la estructura existente que normalmente tiene capa de sub-base, base y asfalto. Algunos de los trabajos preliminares que se deben considerar para la colocación del pavimento Whitetopping difieren de los que se aplican a los pavimentos convencionales. El primer paso consiste en reparar la superficie de asfalto. Una vez que se han corregido las irregularidades en el perfil de la superficie, se procede a construir la capa superpuesta de concreto (directamente sobre la superficie de asfalto). (Escandón, 2013)

En nuestro país pasa inadvertido el reconocer al pavimento como una estructura de ingeniería, al emplear los suelos como elementos de construcción y no así el tradicional concreto armado.

A su vez, esta estructura de pavimento debe descansar sobre un suelo de cimentación de características físicas, y mecánica particulares y dependientes de la carretera en su conjunto.

Los suelos, siendo los materiales de obra más antiguos y de comportamiento complejo en la ingeniería, requieren de comprensión profunda de sus

características físicas y mecánicas, que permitan articular etapas como el manejo de método rutinario de análisis y diseño, con los trabajos de construcción y rehabilitación de carreteras.

Por lo general la información recopilada en campo, para el diseño de pavimentos, es procesada empleando metodologías foráneas que no necesariamente se ajustan a la realidad. Por ello, demanda un arduo trabajo para que el manejo racional de la información culmine en recomendaciones coherentes que eviten gastos adicionales a los previstos para la construcción o rehabilitación de la carretera. La sostenibilidad del diseño dependerá del modelamiento estructural empleado para el pavimento, basado en la continua innovación de las metodologías empleadas, que en algún momento culmine con un proyecto de norma peruana de Diseño de Pavimentos para diferentes regiones del Perú.

La falta de enfoque del método de diseño empleado frente a la realidad ocasiona una brecha entre un diseño deficiente y uno que no, no es lo mismo diseñar una carretera en la costa con un clima cálido y pocas precipitaciones; que hacerlo en la planicie que cuenta con elevados gradientes de temperatura y asiduas precipitaciones.

1.1.1. Campo Temático

- Transporte

1.1.2. Espacio

Distrito : Trujillo
Provincia : Trujillo.
Región : La Libertad

1.1.3. Tiempo

Septiembre 2018 y enero del 2019.

1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cuál son las bases teóricas que permitirán realizar la investigación análisis de pavimento flexible reforzado con fibras de acero 4D mediante la metodología de desgaste HDM-IV?

1.3. Justificación del Tema

1.3.1. Realidad Problemática

Al evaluarse el deterioro de los pavimentos en su horizonte de evaluación, se tiene una deficiencia en ausencia de una base de datos que permita tener un adecuado control de gestión las nuestras vías, tendiéndose que llevar a cabo proyectos como mantenimientos generales rutinarios y periódicos, que no es la mejor alternativa; en lugar de hacer rehabilitaciones y mantenimiento de forma estratégica dando así una adecuada conservación de las vías de la red a un costo apropiado. La problemática se debe al poco control e inventario que se tiene de las carreteras, de forma que no se puede planear futuras intervenciones, ni se puede monitorear el deterioro con la importancia que ello conlleva.

Un problema álgido es el inadecuado mantenimiento que se le da a las carreteras en mal estado, ya que al tenerse grietas identificadas en un análisis funcional o estructural del pavimento, éstas para ser reparadas no cuentan con un puente de adherencia adecuado entre capa deteriorada y capa nueva de desgaste, originando así la reflexión de juntas, haciendo ineficiente las acciones de conservación u optimización de la red vial; generado por la inadecuada planificación en los proyectos y omisión de modelamientos, para tener claros los estándares básicos de conservación, dichos modelos pueden ser de comportamiento o de costos.

1.3.2. Aspectos diferenciados de justificación

- La búsqueda de información general, permitirá establecer un estudio de la presente investigación la cual abrirá paso a una mejor gestión y evaluación de proyectos de pavimentos en etapa de ante proyectos, dando con esto una idea más clara acerca de cuál es la opción más viable y mantenida en el tiempo, al

tener esta nueva adición al concreto asfáltico incentiva a la investigación de nuevas tecnologías de aplicación que estén en conformidad con las sub regiones que se cuentan en el país.

- Existe una carencia de dato, criterios generales, y propiedades mecánicas como la flexión, compresión, módulo de Poisson y Módulo elástico de los pavimentos flexibles, estos valores son tomados como estimados, no habiendo pasado al menos por software dedicados a evaluar éstas características, lo que se busca en instaurar una referencia más precisa para la futura elaboración de proyectos y evaluación de los mismos en el tiempo de vida útil proyectado.
- Asimismo, las bases teóricas, buscan apertura a nuevas soluciones al problema de los pavimentos prolongando su vida útil.
- Los alcances de referencias técnicas permitirán realizar un análisis que incidan en aspectos concluyentes en la recopilación de información, cómo la optimización, relación y secuencias de la información obtenida.
- Desde la perspectiva de otorgar soluciones basadas en la obtención de información valorativa, se pretende demostrar que la búsqueda de información geotécnica corresponde al sustento que generan soluciones técnicas y normativas.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Redactar bases teóricas para realizar la investigación análisis de pavimento flexible reforzado con fibras de acero 4D mediante la metodología de desgaste HDM-IV, Trujillo, La Libertad

1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Redactar los antecedentes necesarios para la elaboración de la investigación.
- Definir información el concreto asfáltico.

- Revisar la teoría acerca evaluación de pavimentos.
- Identificar la teoría acerca las fibras de acero 4D.

1.5. PROCEDIMIENTOS METODOLIGOS SEGUIDOS

1.5.1. Técnica de recolección

- La técnica utilizada en la presente investigación fue revisión documental y análisis al contenido de la búsqueda de información, clasificación y selección de información de Bases Teóricas, con la consiguiente toma de lectura de las condiciones, procesos y consecuencias observables, servirán de aporte importante a una solución al problema detectado.

1.5.2. **Instrumentos de recolección** El instrumento empleado fue la matriz de datos la cual representa el modo y forma que utiliza el investigador para recolectar la información adecuada para su tema, utilizando:

- Ver Anexo 01°, Anexo N° 02.

1.5.3. Fuentes de Información

Corresponde a los instrumentos diferenciados para la toma de conocimientos, búsqueda y acceso a información necesaria.

- **Fuente de datos primaria:**
 - Normas del Ministerio de transportes y comunicaciones.
 - Investigaciones de artículos científicos en revistas acerca de fibras de acero 4D.
 - Tesis acerca pavimentos.

II. RESULTADOS RESPECTO A LOS ANTECEDENTES ESTADO DEL ARTE O ESTADO DE LA CUESTION

2.1. Antecedentes:

2.1.1. NACIONALES

“Pavimentos Rígidos reforzados con fibras de acero versus pavimentos tradicionales” Marco Eduardo Montalvo Guevara (2015), publicada on-line presentada en la Pontificia Universidad Católica del Perú – Perú, en la cual se plantea como objetivos proporcionar información, criterios generales y nuevas metodologías para el dimensionamiento, proyecto y ejecución de obras de pavimentos reforzados con fibras. Comparando de manera teórica las propiedades mecánicas: flexión, compresión, modulo elástico y físicas del concreto sin refuerzo y el concreto reforzado con fibras de acero Wirand FF1, como también comparar sus espesores. Llegando a las siguientes conclusiones:

- Las fibras tienen una ventaja con respecto a las losas de concreto simple, ya que contribuyen en todo su espesor gracias a la distribución tridimensional de las fibras dándole al piso una mayor resistencia a las solicitaciones de carga durante su vida útil.
- No se necesita mano de obra calificada para utilizar la fibra, solo se requiere de un técnico que instruya al personal la primera semana para la adecuada utilización de la fibra, la cual es muy simple.
- De acuerdo con el análisis efectuado tanto técnico como económicamente, se recomienda la utilización de concreto reforzado con fibras en la colocación en losas de pisos y pavimentos donde exigen una alta solicitaciones de carga pesada.

El aporte de la Tesis “Pavimentos Rígidos reforzados con fibras de acero versus pavimentos tradicionales” muestra que existen software’s que permiten evaluar pavimentos fibroesforzados llamado PAVE-2008, así como da un lineamiento de qué cantidades en kg/m^3 se tiene que usar para tener un trabajabilidad y resistencia adecuada según las especificaciones técnicas a la cual se esté solicitada la estructura.

“Implementación del Sistema de Gestión de Pavimentos con Herramienta HDM-4 para la red Vial nacional N°5. Tramo Ancón-Huacho-Pativilca” Montoya Goicochea Jorge Eduardo (2007), publicada on-line presentada en la Universidad Ricardo Palma – Perú, en la cual se plantea como objetivo Implementar el Sistema de Gestión de Pavimentos a Nivel de Proyecto Específico, a fin de justificar las actividades a ejecutarse en posteriores mantenimientos, lo cual es solicitado por la Entidad Concesionaria. Se logró mediante una clasificación en módulos de Redes de Carreteras, Flotas, Estándares de conservación y Mejora, Configuración, Análisis de Proyectos, Análisis de Mejoras y Análisis de Estrategias. Llegando a las siguientes conclusiones.

- Con la Implementación del Sistema de Gestión de Pavimentos, se ha conseguido obtener los tramos homogéneos de la Red Vial Nro.5, los que se deberán respetar durante todo el horizonte de concesión. Deberán respetarse también las metodologías de recolección de datos, de esta forma podemos acceder a data estadísticamente comparable.

El aporte de la Tesis “Implementación del Sistema de Gestión de Pavimentos con Herramienta HDM-4 para la red Vial nacional N°5. Tramo Ancón-Huacho-Pativilca” muestra que la Metodología HMD-4 permite una mejor administración de los recursos del estado al permitir una adecuada y pertinente rehabilitación o mantenimiento de las estructuras viales, manteniendo así los niveles de servicio solicitados por el consumidor.

“Utilización de Fibras Metálicas para la construcción de Concreto Reforzado en la ciudad de Pucallpa” Lao Odicio Wendy Jaqueline (2007), publicada on-line presentada en la Universidad Ricardo Palma – Perú, en la cual se plantea como objetivo determinar las ventajas del uso de fibras metálicas en pavimentos de concreto en la Ciudad de Pucallpa. Se logró mediante un ensayo de materiales (Granulométrico, Módulo de Fineza, Peso Específico, Absorción, Peso Unitario, Contenido de Humedad, Resistencia al Desgaste Los Ángeles), mientras que el

concreto era analizado a la compresión ASTM C39y tracción ASTM C496. Obteniéndose las siguiente conclusiones.

- La inclusión de las fibras en el concreto hace que este disminuya su trabajabilidad y aumente su consistencia, lo cual significa que el slump disminuye. En general la trabajabilidad de la mezcla disminuye con el incremento del factor de forma de fibra empleada.
- La dosificación de las fibras metálicas son fácil y rápidas de usar, además garantiza una distribución perfecta y homogénea en el concreto, es una ventaja importante para los sistemas modernos de producción de concreto.
- Los extremos de las fibras de acero llevan una deformación que proporciona un anclaje óptimo de las fibras en el concreto, transformando la naturaleza del concreto simple, de quebradizo a tenaz, haciendo posible tomar en cuenta una resistencia adicional.

El aporte de la Tesis ““Utilización de Fibras Metálicas para la construcción de Concreto Reforzado en la ciudad de Pucallpa” muestra que las fibras de acero según su el número de dobleces, estos al incrementar la capacidad de adherencia y anclaje con el material que se haya sido añadido, prevé futuras fallas a roturas o agrietamiento por gradiente térmico.

2.1.2. INTERNACIONALES

“Desarrollo y gestión de carreteras modelo - 4 (HDM-4) Calibración (Addis Ababa - Caso del camino del tronco de Modjo)” Tewodros Syum (2007), publicada on-line presentada en la Addis Ababa, Etiopía en la cual se plantea como objetivo de este estudio calibrar el modelo HDM-4 para algunos de los Deterioro y Efectos de Trabajo en Carretera, (RDWE). La ubicación seleccionada para el análisis de calibración es el enlace de Addis - Mojo debido al mejor desempeño del pavimento registrado datos. Cada calibración del modelo de deterioro de carreteras, medio ambiente y efectos de trabajo en carretera (RDWE) Implementar enfoques distintos que se discuten claramente en la sección de calibración. Sin embargo, la evaluación de la adecuación de las

predicciones HDM-4 en general se realiza por Comparando las predicciones del modelo con datos conocidos, como la guía de calibración y adopción dicta así, los datos sobre las condiciones actuales del pavimento de una serie de pavimentos de Edades y predicciones HDM-4 de pavimentos condición de la misma edad y los mismos atributos Se evalúan si HDM-4 estaba dando predicciones adecuadas. Obteniéndose las siguiente conclusiones.

- La metodología sugerida en este estudio se puede replicar para la calibración de HDM-4 Modelos de deterioro del pavimento de carreteras pavimentadas a nivel nacional. Además de eso, para Aquellos que estén interesados en estudiar las directrices de calibración actuales del HDM-4 y Relaciones de modelo, notifica claramente las discrepancias y el área de interés para Investigaciones.

El aporte de la Tesis “Desarrollo y gestión de carreteras modelo - 4 (HDM-4) Calibración (Addis Ababa - Caso del camino del tronco de Modjo)” muestra que con respecto a la data que tienen en Etiopía se puede lograr una mejor gestión de estructuras viales y calibración del Modelo HDM-4 a su realidad nacional, según el nivel de deterioro y efectos que producen estos en la carretera, al usar esta metodología se obtuvieron resultados más conservadores que los usados usualmente en dicho país.

“Refuerzo Híbrido de Asfalto-Hormigón Mezclas con fibras de vidrio y polipropileno” Saman Esfandiarpour (2010), publicada on-line presentada en la Eastern Mediterranean University, República Turca del Norte de Chipre, en la cual se plantea como objetivo de este estudio Mejorar la trabajabilidad y el rendimiento de la mezcla caliente Asfalto (HMA), utilizando aditivo de polipropileno (pp) y fibra de vidrio para aumentar la estabilidad y disminuir el valor del flujo. Llevándose a cabo variados métodos de ensayo, todas las experiencias, Códigos estándar como ASTM, AASHTO, Asphalt Institute y la carretera turca Estándar, Incluyendo (Prueba de asfalto normal, Método de diseño de mezcla, Gravedad específica máxima de la mezcla suelta y

Procedimiento para analizar una mezcla de pavimento compactada).
Obteniéndose las siguiente conclusiones.

- Tres porcentajes diferentes de polipropileno 2%, 4% y 6% en peso de Cemento Asfáltico fue seleccionado en este estudio. Todos estos porcentajes se sumaron al óptimo Cemento asfáltico (4,3%). Los resultados de las pruebas indicaron que el polipropileno, algunas propiedades del cemento asfáltico y mejoró el rendimiento de la mezcla.
- Los resultados de las pruebas de penetración mostraron que, al aumentar el porcentaje de aditivos (Polipropileno), la penetración disminuyó en comparación con el cemento asfáltico normal.

El aporte de la Tesis “Refuerzo Híbrido de Asfalto-Hormigón Mezclas con fibras de vidrio y polipropileno” muestra que con un porcentaje bajo de adición de fibras al asfalto, puede lograrse un significativo incremento en las propiedades reológicas del concreto asfáltico ya compactado, mejorando su comportamiento térmico a un gradiente de temperatura elevado.

“Estudio de efectos de la calidad de acoplamiento y fibra natural en mezclas de asfalto matriz de piedra (SMA)” Arpita Suchismita (2009), publicada on-line presentada en la National Institute of Technology, Rourkela, en la cual se plantea como objetivo de este estudio, Comparar las propiedades Marshall de las muestras de SMA con el tipo de

Concentraciones, Comparar las propiedades Marshall de las muestras de SMA con fibra variable concentración utilizando diferentes aglutinantes, Analizar los resultados de las pruebas Marshall de mezclas SMA para Contenido de aglutinante (OBC) y contenido óptimo de fibra (OFC) para estudios posteriores . Llevándose a cabo ensayos Marshall, Pruebas de Tracción Indirecta de Carga repetida, Pruebas de Susceptibilidad a la humedad y pruebas de Drain Down. Obteniéndose las siguientes conclusiones.

- Se ha observado que una concentración marginal de fibra de 0,3% considerablemente mejora las propiedades Marshall de las mezclas SMA,

incluso para el mismo con 80/100 de asfalto. Los que encuentra que los contenidos óptimos de aglutinante se reducen considerablemente por adición de fibras, una gran ventaja desde el punto de vista económico y de calidad. Se ha observado que las características de susceptibilidad al drenaje y la humedad han mejorado usando ligante modificado y fibra en la mezcla. También se ha encontrado que la adición de fibra aumenta sustancialmente la resistencia a la tracción.

- Estas mezclas también funcionan satisfactoriamente bajo condiciones de prueba de carga repetidas y en términos de las características de fatiga.

El aporte de la Tesis “Estudio de efectos de la calidad de acoplamiento y fibra natural en mezclas de asfalto matriz de piedra (SMA)” muestra que las fibras si bien es cierto son naturales y no tratadas, mejoran las características mecánicas del concreto asfáltico, mostrándose un aumento en los resultados del ensayo Marshall, así como amentar sus capacidades drenantes ofreciendo un mejor comportamiento antes posibles precipitaciones.

2.2. Bases teóricas

A. Concreto Asfáltico

a) Definición de Pavimento

Provías (2008) define a los pavimentos como una estructura construida sobre la subrasante de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: subbase, base y carpeta de rodadura.

Según AASHTO (1993) existen dos puntos de vista para definir un pavimento: el de la Ingeniería y el del Usuario.

De acuerdo a la Ingeniería, el pavimento es un elemento estructural que se encuentra apoyado en toda su superficie sobre el terreno de fundación llamado subrasante. Esta capa debe estar preparada para soportar un sistema de capas de espesores diferentes,

denominado paquete estructural, diseñado para soportar cargas externas durante un determinado periodo de tiempo.

Desde el punto de vista del usuario, el pavimento es una superficie que debe brindar comodidad y seguridad cuando se transite sobre ella es decir debe proporcionar un servicio de calidad óptimo.

b) Pavimentos Flexibles

Llamado también pavimento asfáltico, conformado por una carpeta asfáltica en la superficie de rodamiento, la cual permite pequeñas deformaciones en las capas inferiores sin que la estructura falle; la base y la subbase, todas apoyadas sobre la subrasante

El pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial, tiene un período de vida de entre 10 a 15 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento periódico para cumplir con su vida útil o de servicio.

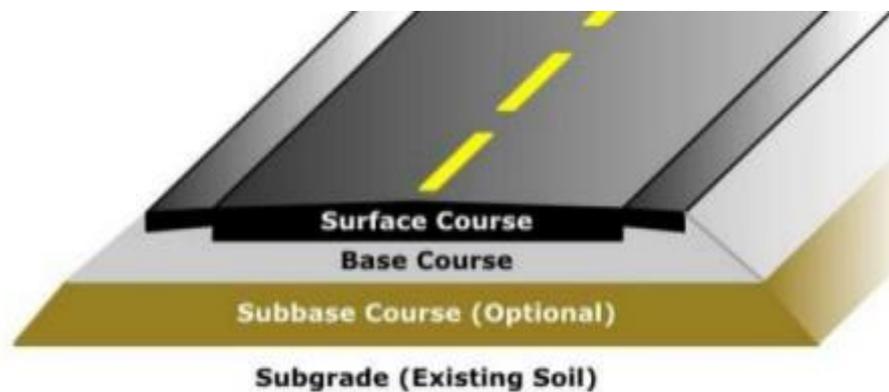


Figura 1: Esquema Típico del paquete Estructural de un pavimento Flexible

Fuente: GP Maintenance Solutions “Asphalt Repair & Maintenance”

c) Comportamiento Estructural de los Pavimentos

Desde el punto de vista de diseño; los pavimentos flexibles están formados por una serie de capas y la distribución de la carga está determinada por las características

propias del sistema; los pavimentos rígidos tienen un gran módulo de elasticidad y distribuyen las cargas sobre un área grande, la consideración más importante es la resistencia estructural del concreto.

El comportamiento estructural de un pavimento frente a cargas externas, varía de acuerdo a las capas que lo constituyen. La principal diferencia entre el comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos es la forma cómo se reparten las cargas.

En un pavimento flexible las capas de mejor calidad están cerca de la superficie donde las tensiones son mayores, y estas cargas se distribuyen de mayor a menor a medida que se va profundizando hacia los niveles inferiores. Los pavimentos flexibles tienen menor rigidez, por eso se deforma más que el rígido y se producen tensiones mayores en la subrasante. En el caso de pavimentos rígidos, la losa es la capa que asume casi toda la carga. Las capas inferiores a la losa, en términos de resistencia, son despreciables. Las cargas se distribuyen uniformemente debido a la rigidez del concreto, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante.

Un factor que influye en el comportamiento de los pavimentos es el tipo de carga que se le aplica y la velocidad con que ello se hace. Los pavimentos están sujetos a cargas móviles, y el hecho que las cargas actuantes sean repetitivas afectan a la resistencia de las capas de pavimento de relativa rigidez, por lo que en el caso de los pavimentos flexibles, este efecto se presenta sobre todo en las carpetas y las bases estabilizadas.

d) Etapas en la vida útil de los Pavimentos

Los pavimentos antes, durante y después de su vida de servicio, afrontan diferentes criterios que permiten comprender a qué están sujetos. Estas etapas están referidas a la construcción, rehabilitación y mantenimiento

- Diseño y Construcción

Es un proceso que comprende todas las actividades necesarias para la realización y puesta en servicio de una infraestructura vial, lo cual incluye la obtención de recursos, la ejecución de obras civiles, instalación de equipos y todas aquellas actividades vinculadas a su puesta en operación. La primera etapa para la construcción de un pavimento es la investigación de campo o la recopilación de información. Esta

investigación comprende la búsqueda de la información disponible, los análisis de tráfico, la calidad de materiales y otros aspectos necesarios para el diseño.

Antes de proceder a la toma de decisión sobre la metodología de investigación a utilizar en un proyecto en particular, debe realizarse un análisis de toda la información posible, para ello es necesario verificar la calidad de los materiales disponibles en las canteras. Por otro lado, se debe hacer la evaluación de la subrasante, así como los ensayos de laboratorio, la planimetría y los niveles finales del pavimento.

En lo posible debe recopilarse la mayor cantidad de información disponible sobre el tráfico y en caso de no contar con ella, realizar las estimaciones necesarias.

Luego de realizar la recopilación de datos, trabajos de campo y los ensayos de laboratorio, se procede al diseño correspondiente. Este procedimiento de diseño consiste en escoger una adecuada combinación de espesores de capas y características de materiales para que los esfuerzos y deformaciones causados por las sollicitaciones a que se somete la estructura, permanezcan dentro de los límites admisibles durante la vida útil de la estructura que están constituyendo. Una vez establecidos todos estos parámetros, se procede a la construcción del pavimento, correctamente estructurado.

- **Mantenimiento**

Son los trabajos, actividades, operaciones, acciones y cuidados rutinarios, periódicos o de emergencia, destinados a lograr que la infraestructura vial preserve la condición superficial, funcional, estructural y de seguridad requerida, a efectos de asegurar la satisfacción de los usuarios y en general atender de manera adecuada el tránsito. Por razones operativas, el mantenimiento se subdivide en mantenimiento periódico, mantenimiento rutinario y mantenimiento de emergencia (prevención y atención).

- a. **Mantenimiento rutinario**

Son todas aquellas actividades y trabajos menores, permanentes y frecuentes, que se realizan con el propósito de proteger y preservar fundamentalmente la condición superficial y funcional de la infraestructura vial, contribuyendo así a que ésta cumpla con el período de vida para la que fue diseñada, sin incidir significativamente en la natural evolución de la disminución de su capacidad estructural, producto de las sollicitaciones de carga previstas en el diseño u otros agentes.

b. Mantenimiento periódico

Son todos aquellos trabajos mayores, temporales, de menor frecuencia, y de carácter preventivo, que se ejecutan en forma programada o en respuesta a cierta condición preestablecida, a fin de retardar en forma oportuna la natural evolución de la disminución de la condición estructural, de la condición funcional o calidad de rodadura, y de las condiciones de seguridad de la infraestructura vial, producto de las solicitaciones de carga previstas en el diseño inicial u otros agentes, contribuyendo de esta manera a que ésta pueda extender su vida útil más allá del período para el que fue diseñada.

El mantenimiento periódico comprende trabajos de tratamiento y trabajos de renovación de la superficie de rodadura. En el primer caso, los trabajos se refieren a restablecer algunas características superficiales como la textura o simplemente a mantener la durabilidad de la mezcla asfáltica y prevenir el desarrollo de fisuras y grietas, y se aplican mientras el pavimento aún está en buen estado, no habiendo alcanzado a llegar ni siquiera el estado regular. En el segundo caso, los trabajos se refieren a agregar una capa adicional sobre el pavimento conocido como recapeo sin alterar significativamente la estructura subyacente, o ejecutar trabajos de fresado y/o reciclado del pavimento. Este segundo caso se aplica cuando el pavimento se encuentra en estado regular, antes de llegar a un mal estado.

Los trabajos de recapeo indicados, aparte de la función de renovar la superficie de rodadura, deben cumplir con la función de reforzar la estructura del pavimento para alcanzar el objetivo de extender la vida útil de la infraestructura vial, por lo que su cálculo y dimensionamiento deben estar acordes con la actualización de las solicitaciones de carga en la vía y debe aprovechar además la capacidad remanente de soporte estructural del pavimento existente. El mantenimiento periódico incluye las reparaciones y mejoras necesarias en zonas específicas o puntuales de la infraestructura vial.

c. Rehabilitación

Es la actividad necesaria para devolver a la estructura de pavimento las condiciones de soporte de carga con las que inicialmente se construyó, así como su nivel de servicio

en términos de seguridad y comodidad Son obras que se ejecutan como consecuencia de la existencia de problemas en la condición superficial, funcional, estructural y/o de seguridad en sectores de la infraestructura vial, con el objeto de darles solución, previa demolición parcial o total de las estructuras existentes.

A diferencia de las obras de mejoramiento, la rehabilitación no implica elevar el estándar de la vía, pero comprenden la ejecución de reforzamientos del pavimento para responder a la mayor cantidad de tránsito en el futuro, así como mejoras específicas en la infraestructura vial. En relación a los trabajos de reparación, su alcance es mayor en cuanto a extensión. La rehabilitación es una intervención indeseada dentro de un programa de conservación, pues en la mayoría de los casos surge como una necesidad por no haber existido una adecuada conservación, o como una respuesta necesaria a los efectos de un desastre natural.

Un pavimento puede presentar dos tipos de rehabilitación, superficial y estructural. Las medidas de rehabilitación superficial, resuelven problemas que se encuentran confinados a las capas superiores del pavimento, inconvenientes que están relacionados con el envejecimiento del asfalto y con el agrietamiento que se origina en la superficie debido a factores térmicos.

Una rehabilitación superficial, se orienta a la colocación, sobre la superficie existente de una carpeta delgada de mezcla asfáltica en caliente o en frío. Esta es la solución más simple a un problema, debido a que el tiempo requerido para completar los trabajos es corto y existe un impacto mínimo sobre los usuarios de la vía. El fresado y conformación de material granular, es muy utilizado en los casos en los que se requiere aumentar la capacidad portante del pavimento, así como otras alternativas.

Una rehabilitación estructural puede orientarse a una reconstrucción total. Esta es la opción elegida cuando se combina la rehabilitación con una decisión de mejoramiento que demanda un cambio significativo de la vía. También son considerados la construcción de capas adicionales sobre la superficie existente.

Existen diferentes opciones disponibles para la rehabilitación de un pavimento, pero resulta más complejo determinar cuál de ellas es mejor. Sin embargo los puntos más importantes para tomar una decisión son la viabilidad de las diferentes opciones de

rehabilitación, el ordenamiento del tráfico, las condiciones climáticas y de acceso a la zona y la disponibilidad de recursos.

e) Evaluación de Pavimento

La evaluación de pavimentos consiste en un estudio, en el cual se presenta el estado en el que se halla la estructura y la superficie del pavimento, para de esta manera poder adoptar las medidas adecuadas de conservación y mantenimiento, con las cuales se pretende prolongar la vida útil del pavimento, en este sentido es de suma importancia elegir y realizar una evaluación que sea objetiva y acorde al medio en que se encuentre.

- Importancia de la evaluación

La evaluación de pavimentos es importante, pues permitirá conocer a tiempo los deterioros presentes en la superficie, y de esta manera realizar las medidas correctivas oportunas, consiguiendo con ellas, cumplir el objetivo de una serviciabilidad óptima al usuario. Con la realización de una evaluación periódica del pavimento se podrá predecir el nivel de vida de una red o un proyecto. La evaluación de pavimentos, también permitirá optimizar los costos de rehabilitación, pues si se trata un deterioro de forma temprana se prolonga su vida de servicio, previniendo una futura mayor inversión

- Objetividad

La objetividad en la evaluación de pavimentos juega un papel primordial, pues se necesita personas verdaderamente capacitadas para que realicen las evaluaciones, de no ser así, dichas pruebas pueden perder credibilidad con el tiempo y no podrán ser comparadas, además, es importante que se escoja un modelo de evaluación que se encuentre estandarizado para poder decir que se ha realizado una evaluación verdaderamente objetiva.

No siempre se pueden obtener mediciones o índices que cumplan con la condición para comparar dos proyectos debido al sesgo intrínseco de la toma de decisiones, produciéndose una desviación entre la realidad y lo expresado por las muestras. La desviación que ocurre puede deberse a dos causas principales

- ❖ Variabilidad de las unidades, debido a que las unidades son la base para los análisis que se realizaron

- ❖ Diversidad de la respuesta dentro de cada unidad, esto porque se relaciona a la fiabilidad de la eventual rehabilitación.

Existen diferentes tipos y métodos de evaluación de pavimentos. En muchos casos los resultados de varios ensayos pueden compararse entre sí con el objeto de confirmar las razones del deterioro o de la falla y, de esta manera, entender mejor el comportamiento del mismo.

a. Estructural

Los métodos de evaluación estructural se dividen en dos grupos, los ensayos destructivos y los ensayos no destructivos. Entre los ensayos destructivos más conocidos están las calicatas que nos permiten obtener una visualización de las capas de la estructura expuestas, a través de las paredes de esta y realizar ensayos de densidad “in situ”. Estas determinaciones permiten obtener el estado actual del perfil a través de las propiedades reales de los materiales que lo componen.

Las calicatas facilitan además la toma de muestras en cantidad, para su posterior clasificación en el laboratorio, de cuyos resultados se puede establecer el uso más efectivo, al momento de realizarse las tareas de rehabilitación y mejoramiento. Los trabajos suministran información adicional como los espesores de las capas conformantes, contenidos de humedad, posible causa del deterioro de la capa, densidad de cada capa y la capacidad de soporte en el material subrasante.

Por otro lado se pueden realizar perforaciones con la ayuda de equipos de calado, saca muestras; esta alternativa, en comparación con las calicatas es más sencilla, menos costosa, más rápida y provoca menores interrupciones en el tránsito. Como desventaja, no se puede realizar determinaciones de densidad “in situ” por cuestiones de espacio. Los ensayos no destructivos pueden llevarse a cabo mediante medidas de deflexiones que son una herramienta importante en el análisis no destructivo de los pavimentos. La magnitud de la deflexión producida por la carga, son útiles para investigar las propiedades “in situ” del pavimento. Se trata de aplicar una solicitación tipo y medir la respuesta de la estructura.

El sistema más difundido de medición de deflexión es mediante el empleo de la viga Benkelman. Este dispositivo se utiliza para realizar mediciones en sectores en los que

se observan fallas visibles y en los que no se observan fallas, de esta forma es posible acotar las propiedades actuales del pavimento “in situ”, e integrar sus resultados para una interpretación global.

Otro equipo con el que se pueden realizar mediciones es con un deflectómetro de impacto. Este es un método no destructivo, que sirve para la evaluación estructural del pavimento y conocimiento detallado de su estado. Esta técnica es de alto rendimiento, sin mayores interferencias al tránsito de las vías y además es utilizado de forma rápida y precisa. Por otro lado, puede utilizarse el perfilómetro láser, principalmente en la etapa de recepción, este proporciona información sobre la rugosidad del pavimento, cuya información permite estimar la serviciabilidad actual del pavimento. (González, 2004).

b. Superficial

Se entiende por evaluación superficial o funcional, aquella evaluación realizada en una vía con el objeto de determinar los deterioros que afectan al pavimento y al usuario, y conocer el estado en el que se encuentra el mismo.

Existen diferentes métodos para la evaluación superficial de los pavimentos. Estos métodos son sencillos de aplicar y no requieren de equipos experimentados. La evaluación visual que se realiza, es una de las herramientas más importantes en la aplicación de estos métodos, y forma parte esencial de toda la investigación. La evaluación se realiza generalmente en dos etapas, una inicial y otra detallada. (Gutiérrez, 1994).

La evaluación inicial se realiza con el fin de hacer una inspección general del proyecto. Esta tarea se realizara recorriendo el camino ya sea mediante un desplazamiento personal o por vehículo para determinar la serviciabilidad que está brindando el pavimento, finalmente será abarcando toda el tramo de vía a evaluar.

La evaluación detallada consiste en inspeccionar la vía caminando sobre ella y realizando la recopilación de datos necesarios, en donde es necesario describir a todo tipos de falla encontrados en función a su severidad, frecuencia y ubicación, así como otra información que se considere necesaria.

La evaluación superficial debe ser definida de manera de periódica, con el fin de determinar la naturaleza y extensión de los deterioros en el pavimento; ya que tales datos son extremadamente importantes debido al impacto directo que tienen sobre el comportamiento del pavimento existente y sobre aquellas capas de refuerzo posteriores..

Este tipo de evaluación es también importante porque permite determinar el tratamiento más adecuado que requiere la superficie del pavimento antes de colocar la sobrecapa de refuerzo.

La evaluación superficial comprende los siguientes pasos: primero, identificar las fallas y las posibles causas de las mismas. Después, se ubican las fallas en una hoja de evaluación de acuerdo al método a aplicar. Luego, se determina el grado de severidad y la extensión de las fallas Seguidamente, se cuantifica en gabinete la información recogida en el campo. Inmediatamente, se emite un informe con el análisis del tramo evaluado. Finalmente, se determinan los tratamientos y reparaciones adecuados. (Gutierrez, 1994).

B. Fibras

a) Reseña Histórica de la Aplicación de fibras

La idea de reforzar con materiales fibrosos manufacturados se remonta a muchos años atrás; en el antiguo Egipto se introducía paja al macizo arcilloso con el cual confeccionaban ladrillos para conferirle una mayor resistencia y por lo tanto una buena manejabilidad después del secado al sol. Existen otros ejemplos históricos; revoques reforzados con pelo de caballo, o también con paja en las construcciones más precarias, para evitar fisuras antiestéticas.

En los años 50 se hicieron los primeros estudios sobre la utilización de fibras de acero y de vidrio en el hormigón, en los años 60 en cambio aparecen los primeros estudios sobre concreto reforzados con fibras sintéticas.

Con el transcurrir del tiempo y los años, las patentes van evolucionando y utilizando parámetros muy similares a los actuales, un ejemplo para este caso es la patente de G.

Constatinesco en 1954 en Estados Unidos, utilizando fibras helicoidales y espirales para aumentar la resistencia a la fisuración del concreto.

En el inicio de los 50 fue una etapa de numerosas investigaciones referentes al concreto reforzado con fibras, los trabajos realizados y que destacaron en la época fueron de Romualdi, Batos y Mandel (1963).

No es hasta la década de los 70 que se comenzó a utilizar en los países europeos, sobre todo en España, donde se utilizaban las fibras en diversos proyectos: revestimiento de túneles, pavimentos industriales, pavimentos de tableros de puentes, contenedores de puentes, etc. Dentro de esta época resalta el registro de la patente de I. Kennedy (España) la cual consistía en la implementación del proceso Hatschek, el cual producía láminas de cemento reforzado con fibras de asbesto o amianto para elaborar concreto. Sin embargo, entre 1970 y 1980 quedó inutilizado debido a los casos de problemas de salud que generaba.

En la actualidad la construcción de estructuras elaboradas con concreto reforzado con fibras de acero viene teniendo gran éxito y aceptación, gracias a los diversos trabajos de investigación, revelando su aplicación en ramas militares, utilizándose concreto fibroreforzado en el blindado de carros de combate, hangares y recintos protegidos frente al impacto de proyectiles.

b) Tipos de Fibras de Acero

Hay muchos tipos de fibras disponibles para comercializar y realizar experimentos, pero las básicas categorías son: fibras de acero, fibras de vidrio, fibras sintéticas y fibras naturales.

A continuación se presenta un cuadro representativo de cómo se clasifican las fibras por BISFA (The International Bureau for the standardisation of Man-Made fibres).

Se presenta la Tabla 1 con ciertas características de las fibras que se utilizan mayormente. En esta se observa grandes diferencias entre las propiedades de cada tipo de fibra. Entre ellas resaltan la resistencia a la tracción y alargamiento en la ruptura. Se recomienda que las fibras estructurales tengan un módulo de elasticidad 3 veces superior al del concreto. Las fibras de acero tienen aproximadamente el módulo de elasticidad 7 veces mayor al del concreto.

Tabla 1: Principales propiedades de fibras de distintos materiales

Fuente: Technical Data Sheet. Maccaferri

Fibras	Diámetro (um)	Densidad (kg/m^3)	Módulo de Elasticidad (kN/mm^2)	Resistencia a la tracción (kN/mm^2)	Alargamiento en la ruptura (%)
Acero	5-500	7.84	200	0.5-2	0.5-3.5
Vidrio	9-15	2.60	70-80	0.2-4	2-3.5
Amianto	0.02-0.04	3.00	180	3.30	2-3
Polipropileno	20-200	0.90	5-7	0.5-0.75	8
Nylon	-	1.10	4	0.90	13-15
Polietileno	-	0.95	0.30	0.0007	10
Carbono	9	1.90	230	2.60	1
Kevlar	10	1.45	65-133	3.60	2.1-4
Acrílico	18	1.18	14-19.5	0.4-1	3

c) Clasificación de fibras de Acero

La clasificación de las fibras de acero es según sus características geométricas, físicas, químicas, mecánicas y también por el proceso constructivo.

De acuerdo a su geometría, este producto se caracteriza geométricamente por obtener una dimensión predominante con respecto a las demás, la relación de estas dimensiones, longitud (L) y diámetro equivalente (De) generan lo que se denomina esbeltez o también relación de aspecto. Las fibras tienen que ser suficientemente pequeñas para dispersarse al azar en una mezcla sin endurecer al concreto asfáltico.

La norma ASTM 820 considera la siguiente simbología:

- A=área de la sección transversal
- D= diámetro
- Fu= esfuerzo de tensión último
- L=longitud
- De = Diámetro equivalente (sección diferente a una circular)

- λ =relación de aspecto= Longitud/Diámetro Equivalente

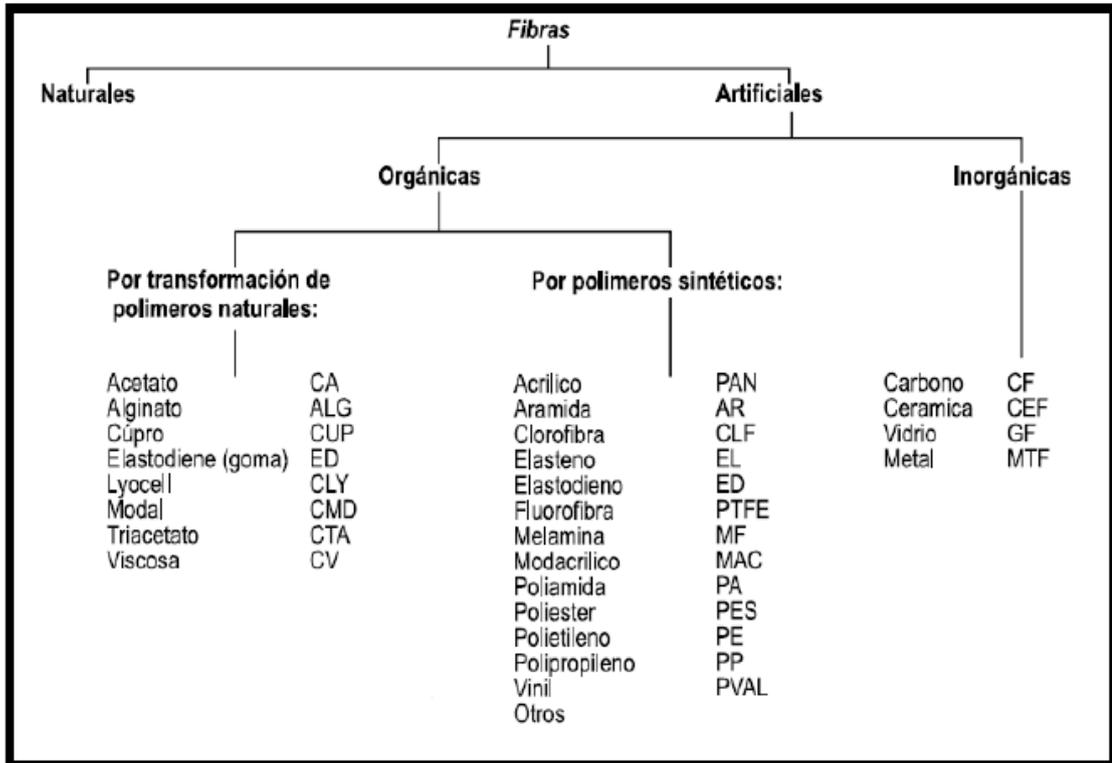
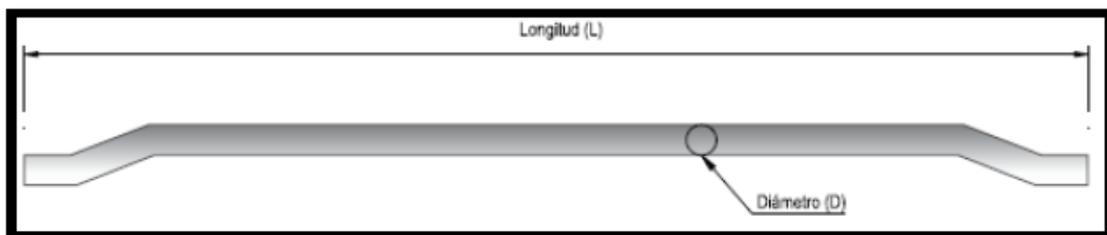


Figura 2: Clasificación de fibras por BISFA



Fuente: *Technical Data Sheet. Maccaferri*

Figura 3: Característica Geométrica

Fuente: *Technical Data Sheet. Maccaferri*

El Diámetro equivalente D_e (mm), está definido con diferentes modalidades, las cuales están en función de su forma transversal y proceso constructivo.

La relación de aspecto ($\lambda = L/D_e$) es la esbeltez de la fibra, si la fibra es más larga y el diámetro equivalente es más corto, la fibra es más esbelta, por lo tanto habrá más fibras por unidad de masa.

C. Gestión de Carreteras

Cuando se consideran las aplicaciones del HDM-4 es necesario observar el proceso de gestión de carreteras a partir de las siguientes funciones:

a) Planificación

La planificación representa el análisis del sistema vial como un todo, lo que normalmente requiere la estimación de los gastos de mediano a largo plazo o de los gastos estratégicos para desarrollar y conservar carreteras bajo distintos escenarios presupuestales y económicos. Es posible hacer predicciones no solo de las condiciones de la red de carreteras para diversos niveles de financiamiento con base en indicadores claves, sino también del gasto necesario bajo partidas presupuestales específicas. Por lo regular, durante la etapa de planificación el sistema físico de carreteras se define por:

- Características de la flota vehicular que circula por la red.
- Características de la red.

Estas se agrupan en varias categorías que se definen tomando como base algunos parámetros, como:

Tipo o jerarquía de carretera.

- Flujo vehicular/cargas/congestionamiento vehicular.
- Tipos de pavimentos.
- Condición del pavimento.
- Longitud de carretera en cada categoría.

Los resultados del ejercicio de planificación son de especial interés para los altos funcionarios, tanto de carácter político como profesional, encargados de formular políticas dentro del sector Transportes. Por lo regular, un grupo de planificación se encargará de realizar este trabajo. Ejemplo: Plan Intermodal de Transportes.

b) Programación

La programación involucra preparar programas plurianuales de trabajos y gasto, sujetos a restricciones presupuestales, en los que se identifican y analizan los tramos de la red que probablemente necesiten conservación, mejora o construcción nueva. Se trata de un ejercicio de planificación táctica. Es recomendable llevar a cabo un análisis costo-beneficio para determinar la viabilidad económica de cada grupo de estos trabajos.

En la etapa de programación, la red de carreteras se evalúa ruta por ruta, y se divide cada una de estas en tramos homogéneos de pavimento, en función de sus atributos físicos. Por medio de la programación se generan estimaciones de gastos anuales, bajo partidas presupuestales definidas, para distintos tipos de trabajos y para cada tramo carretero. En la mayoría de las ocasiones, los presupuestos están restringidos, y un aspecto fundamental de la programación es organizar los trabajos por nivel de prioridad, para aprovechar al máximo los recursos limitados.

Una de las aplicaciones más frecuentes es para preparar el presupuesto de un programa de trabajo anual o plurianual, para una red o subred vial. Los profesionales del nivel gerencial de una organización vial suelen encargarse de realizar actividades de programación, posiblemente dentro de un departamento de planificación o conservación. Ejemplo: Plan Quinquenal de Provías Nacional (PVN).

c) Preparación

Esta es la etapa de planificación a corto plazo en la cual se agrupan los proyectos para su implementación. En esta fase, los diseños se preparan y afinan con mayor precisión; se elaboran los listados de cantidades de obra y las cotizaciones, así como las órdenes de trabajo y contratos necesarios para efectuar los trabajos.

Por lo regular se formulan especificaciones y cotizaciones detalladas, y puede ejecutarse un análisis costo-beneficio pormenorizado para confirmar la viabilidad del esquema final.

Es posible agrupar los trabajos programados para tramos carreteros adyacentes mediante la formación de paquetes cuyos alcances permitan que su construcción sea rentable. Las actividades típicas de preparación incluyen el diseño minucioso de:

- Un proyecto de recapeado o refuerzo estructural.
- Trabajos de mejoramiento de la superficie de rodadura.

d) Operaciones

Son tareas que se refieren al trabajo cotidiano de una organización. Por lo regular, las decisiones relacionadas con la gestión de operaciones se toman de manera diaria o semanal, e incluyen la programación del trabajo que se planea realizar, la supervisión de la mano de obra, el equipo y los materiales, el registro del trabajo concluido y el uso de esta información con fines de seguimiento y control.

Las actividades típicamente se concentran en tramos individuales o en subtramos de una carretera, y las mediciones se toman con cierto nivel de detalle. Es común que las operaciones corran a cargo de personal no profesional, es decir, supervisores de obra, técnicos, encargados, entre otros.

A medida que el proceso de gestión pasa de la fase de planificación a la de operaciones se observará que las necesidades de información van cambiando. En un inicio se

Actividad	Horizonte de tiempo	Personal responsable	Cobertura espacial	Nivel de detalle de los datos	Modo de operación modelo
Planificación	Largo plazo (estratégico)	Altos funcionarios y nivel de formulación de políticas	Toda la red	Resumen general	Automática
Programación	Mediano plazo (táctico)	Profesionales de nivel medio	Red o subred	Resumen general	Automática
Preparación	Año presupuestal	Profesionales subalternos	Nivel esquemático/subtramos	Resumen general	Automática
Operaciones	Inmediata/muy corto plazo	Técnicos/ personal no profesional	Nivel esquemático/subtramos	Fino/detallado	Interactiva

necesita solo un resumen general de la información, pero de manera gradual se incrementa el nivel de detalle de los datos requeridos (ver tabla 2). Ejemplo: Mantenimiento por niveles de servicio de la ruta A - B.

Tabla 2: Cambios en el Proceso de Gestión

Fuente: Paterson y Scullion (1990); Paterson y Robinson (1991)

Cada una de estas funciones se realiza mediante una serie de actividades a la que se conoce como el ciclo de gestión (Robinson et al. 1998).

e) Marco Analítico del HMD-IV

El marco analítico del HDM-4 se basa en el concepto del ‘análisis de la vida útil del pavimento’. Este marco se aplica para predecir, a lo largo de la vida útil de un proyecto de carreteras —que suele durar entre 15 y 40 años—, lo siguiente:

- El deterioro de la vía.
- Los efectos de los trabajos de mantenimiento.
- Los efectos en los usuarios de la vía.
- Efectos socioeconómicos y medioambientales.

Una vez construidas, las vías se deterioran como consecuencia de diversos factores, entre los principales están:

- Las cargas de tráfico
- Los efectos medioambientales
- Los efectos de sistemas de drenaje inadecuados

La tasa de deterioro de una vía está directamente afectada por las políticas de conservación aplicadas a reparar defectos en la superficie del pavimento, como fisuras, desprendimiento de áridos, baches, etc., o a conservar la integridad estructural del pavimento (por ejemplo, tratamientos superficiales, refuerzos, etc.), lo que permite que la carretera soporte el tráfico para el que ha sido diseñada. Las condiciones generales del pavimento a largo plazo dependen de las políticas de mantenimiento o mejora aplicados a la carretera.

La gráfica 2.1 ilustra las tendencias previstas en el rendimiento de pavimentos representadas por la calidad de rodadura, que se suele medir en función del Índice de Regularidad Internacional (IRI). Cuando se define una política de mantenimiento, esta impone un límite al nivel de deterioro al que se permite que llegue el pavimento.

Como consecuencia, además de los costos de capital de la construcción (capex) de carreteras, los costos totales en que incurren los organismos implicados dependerán de las políticas de mantenimiento y de mejora aplicados a las redes de carreteras.

Es esencial hacer notar que la exactitud del rendimiento previsto de los pavimentos depende de la amplitud de la calibración aplicada en la adaptación de los modelos predeterminados del HDM-4 a las condiciones locales.

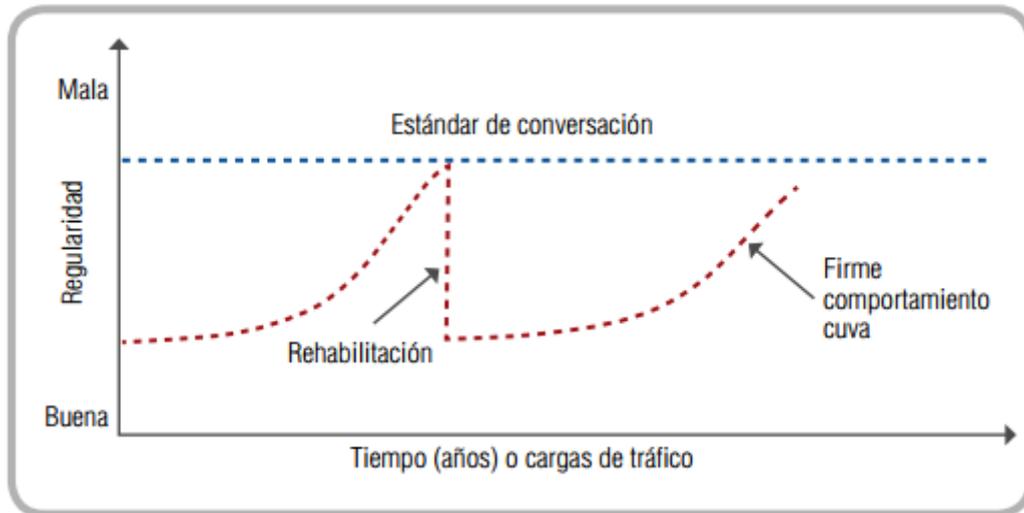


Figura 4: Concepto de Análisis de Ciclo de Vida útil en el HDM-4

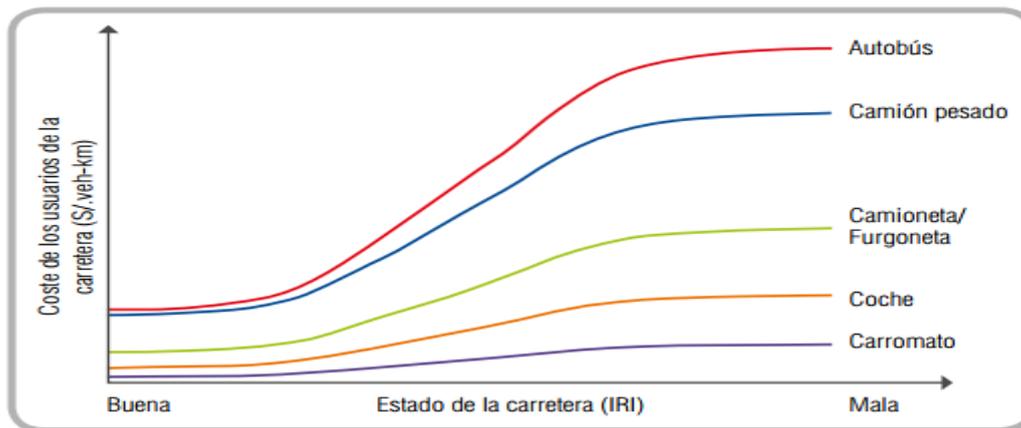
Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas

Los impactos de la condición de la vía, así como los estándares de diseño de esta sobre los usuarios, se miden en función de costos y otros efectos sociales y medioambientales. Los costos de los usuarios en las vías incluyen:

- Costos de operación de vehículos (combustible, neumáticos, aceite, consumo de repuestos, depreciación y utilización del vehículo, etc.)
- Costo del tiempo de viaje – para pasajeros y carga
- Costos para la economía de los accidentes de tráfico (es decir, pérdida de vidas humanas, lesiones a los usuarios, daños a vehículos y otros componentes de la vía).

Los efectos sociales y medioambientales incluyen emisiones de gases de los vehículos, consumo de energía, ruido del tráfico y otros beneficios sociales a la población a la que dan servicio las vías. Aunque los efectos sociales y medioambientales suelen ser difíciles de cuantificar en términos monetarios, se pueden incorporar en el análisis económico del HDM- 4 si se cuantifican de forma exógena.

Debe notarse que en el HDM-4 los efectos sobre los usuarios se pueden calcular tanto para transporte motorizado (autos, camionetas, buses, camiones, etc.) como para no motorizado (bicicletas, triciclos de tracción humana, carros de tracción animal, etc.). La gráfica 2.2 ilustra el impacto del estado de la carretera (representada en función del



IRI) sobre el costo de los diferentes modos de transporte.

Figura 5: Efecto del estado de la Carretera sobre los costos de operación vehicular para un terreno ondulado

Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas

f) Estándar

Los costos de usuarios en el HDM-4 se calculan prediciendo las cantidades físicas de consumo de recursos y multiplicando esas cantidades por los correspondientes costos unitarios de usuarios específicos. Es necesario estar seguro de que las cantidades de recursos de vehículos previstas estén en línea con la gama de valores observados en el área de aplicación. Para más detalles, consultar la “Guía de calibración y adaptación” - Volumen 5 (coordinar con el MTC-OPP).

Los beneficios económicos de las inversiones en carreteras se determinan luego, al comparar los flujos totales de costos para las distintas obras y alternativas de construcción, con un caso base, que normalmente representa el estándar mínimo de mantenimiento rutinario en la situación sin proyecto. El HDM-4 está diseñado para ejecutar estimaciones de costos comparativos y análisis económicos de diferentes opciones de inversión, y estima los costos de un gran número de alternativas año a año, para un periodo de análisis definido por el usuario.

Todos los costos futuros se descuentan al año base que se especifique.

Para hacer estas comparaciones se necesitan especificaciones detalladas de programas de inversión, estándares de diseño y alternativas de conservación, junto con costos unitarios, volúmenes de tráfico previstos y condiciones medioambientales.

III. CONCLUSION

- Se redactaron las bases teóricas de la investigación acerca análisis de pavimento flexible reforzado con fibras de acero 4D mediante la metodología de desgaste HDM-IV, Trujillo, La Libertad encontrando la información necesaria para realizar la tesis.
- Se redactó los antecedentes necesarios para la elaboración de la investigación.
- Se defino la información del concreto asfaltico de forma detallada.
- Se revisó la teoría acerca evaluación de pavimentos.
- Se identificó la teoría acerca las fibras de acero 4D.

IV. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

- Alfaro, I. I. (2014). *INFLUENCIA DEL INCREMENTO DE VOLUMEN DE FIBRA DE POLIPROPILENO EN LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN, TRACCIÓN Y TRABAJABILIDAD EN UN CONCRETO REFORZADO*. Trujillo.
- Botasso, G. (23 de Julio de 2012). *Mantenimiento y Rehabilitación de Pavimentos En Áreas Urbanizadas*. Obtenido de Mantenimiento y Rehabilitación de Pavimentos En Áreas Urbanizadas: http://lemac.frlp.utn.edu.ar/wp-content/uploads/2011/12/2002_Manten-yRehabilit-Pavimen-Areas-Urbanizadas_III-Provincial-de-las-Américas_noPW.pdf
- Cánovas, M. F. (15 de unio de 2017). *HORMIGONES REFORZADOS*. Obtenido de HORMIGONES REFORZADOS: <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/viewFile/2079/2281>
- Chávez, D. O. (15 de Junio de 2017). *Situación Actual y Prospectiva del Transporte en México y el Mundo*. Obtenido de <http://www.ai.org.mx/sites/default/files/21.transporte-y-seguridad-vial.pdf>
- Escandón, I. M. (25 de Enero de 2013). *LA IMPORTANCIA DE CUMPLIR LOS NIVELES DE SERVICIO DE LA INFRAESTRUCTURA CARRETERA EN MÉXICO*. Obtenido de LA IMPORTANCIA DE CUMPLIR LOS NIVELES DE SERVICIO DE LA INFRAESTRUCTURA CARRETERA EN MÉXICO: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/3228/Tesis.pdf?sequence=1>
- Esparza, G. R. (2014). *GUÍA DE PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS EN MÉXICO*. México.
- Goicochea, J. E. (2007). *Implementación del Sistema de Gestión de Pavimentos*. Lima.

- Guevara, M. E. (2015). *Pavimentos rígidos reforzados con fibras de acero versus pavimentos tradicionales*. Lima.
- Jenkins, D. (15 de Junio de 2017). *Concreto de Alto desempeño, HPC*. Obtenido de <http://www.imcyc.com/biblioteca/ArchivosPDF/Concreto%20de%20Alta%20Resistencia/Concreto%20de%20alto%20desempeno,%20HPC%20%20mas%20alla%20de%20la%20resistencia.pdf>
- Lázares, W. G. (2016). *Mecánica de Suelos aplicada a las vías de Transporte*. Lima: Macro.
- Odicio, W. J. (20 de Enero de 2007). *Utilización de Fibras metálicas para la Construcción de Concreto Reforzado en la Ciudad e Pucallpa*. Obtenido de http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/145/1/lao_wj.pdf
- Ortiz, J. E. (10 de Febrero de 2006). *APLICACIÓN EN CHILE DE PAVIMENTOS DELGADOS DE HORMIGÓN*. Obtenido de *APLICACIÓN EN CHILE DE PAVIMENTOS DELGADOS DE HORMIGÓN*: http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2006/ruz_j/sources/ruz_j.pdf
- Roman, J. L. (25 de Abril de 2015). *ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO*. Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/7708/tesis.pdf?sequence=1>
- Sika. (2015). *CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS*. Lima.
- Silva, I. J. (16 de Febrero de 2017). *DURABILIDAD Y DESEMPEÑO CON FIBRAS DE ACERO PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO*. Obtenido de *DURABILIDAD Y DESEMPEÑO CON FIBRAS DE ACERO PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO*: <http://blog.360gradosenconcreto.com/durabilidad-desempeno-fibras-acero-pavimentos-concreto/>
- Provias, M. . (2008). *Términos de uso Frecuente en obras de Infraestructura Vial*. Lima: MTC.



V. ANEXOS

ANEXO N° 1

Ítems	TEMA	AUTOR	FUENTE

ANEXO N° 2

MATRIZ DE DATOS

Ítems	TEMA	AUTOR	FUENTE
1	<i>Mantenimiento y Rehabilitación de Pavimentos En Áreas Urbanizadas.</i>	Botasso, G. (23 de Julio de 2012)	http://lemac.frlp.utn.edu.ar/wp-content/uploads/2011/12/2002_Manten-yRehabilit-Pavimen-Areas-Urbanizadas_III-Provincial-de-las-Américas_noPW.pdf
2	<i>HORMIGONES REFORZADOS</i>	Cánovas, M. F. (15 de Junio de 2017)	http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/viewFile/2079/2281
3	<i>Situación Actual y Prospectiva del Transporte en México y el Mundo.</i>	Chávez, D. O. (15 de Junio de 2017).	http://www.ai.org.mx/sites/default/files/21.transporte-y-seguridad-vial.pdf



4	<i>LA IMPORTANCIA DE CUMPLIR LOS NIVELES DE SERVICIO DE LA INFRAESTRUCTURA CARRETERA EN MÉXICO.</i>	Escandón, I. M. (25 de Enero de 2013)	http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/3228/Tesis.pdf?sequence=1
5	<i>Concreto de Alto desempeño, HPC.</i>	Jenkins, D. (15 de Junio de 2017).	http://www.imcyc.com/biblioteca/ArchivosPDF/Concreto%20de%20Alta%20Resistencia/Concreto%20de%20alto%20desempeno,%20HPC%20%20mas%20alla%20de%201a%20resistencia.pdf
6	<i>APLICACIÓN EN CHILE DE PAVIMENTOS DELGADOS DE HORMIGÓN.</i>	Ortiz, J. E. (10 de Febrero de 2006).	http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2006/ruz_j/sources/ruz_j.pdf
7	<i>ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO.</i>	Roman, J. L. (25 de Abril de 2015)	http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/7708/tesis.pdf?sequence=1



8	<i>DURABILIDAD Y DESEMPEÑO CON FIBRAS DE ACERO PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO.</i>	Silva, I. J. (16 de Febrero de 2017).	http://blog.360gradosenconcreto.com/durabilidad-desempeno-fibras-acero-pavimentos-concreto/
---	---	---------------------------------------	---