



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO I

**REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO DEL TRAMO MEGA LARACH PERIFÉRICO -
RESIDENCIAL CIUDAD JARDÍN, MDC.**

PRESENTADO POR:

ALEJANDRO MELÉNDEZ CANTERO 11811344

MELANY LICETH MURILLO OSORIO 11711239

ASESOR: ING. LUZ MARINA FUNES MATUTE

ASESORA METODOLÓGICA: ING. KARLA ANTONIA UCLÉS BREVÉ

CAMPUS TEGUCIGALPA; OCTUBRE, 2022.

RESUMEN EJECUTIVO

Debido al deterioro que presenta la estructura de pavimento del Anillo Periférico del Distrito Central, el cual ha sido generado por diferentes factores como la falta de mantenimiento preventivo, se ha identificado que una de las posibles soluciones para lograr mejorar las condiciones viales en el tramo seleccionada sea realizar una rehabilitación de la capa de pavimento. Como parte del trabajo de investigación se ha hecho uso de manuales de carreteras para determinar el nivel de deterioro de las fallas en el tramo y la elaboración del diseño de la nueva capa de pavimento flexible.

Para la metodología de investigación se ha establecido un enfoque mixto en función de las variables de diseño, ya que se adapta a las necesidades para la resolución del problema. Se han recopilado datos cualitativos mediante visitas de campo y recolección fotográfica de los daños. Los datos obtenidos han ayudado a determinar la situación del estado actual del pavimento del tramo Mega Larach Periférico- Residencial Ciudad Jardín. La recolección de los datos cualitativos de la zona ha sido importante para poder desarrollar los cálculos y la obtención de los resultados de la fase cuantitativa de la investigación.

Para la investigación se ha utilizado la metodología para la rehabilitación de obras viales, que han consistido en diseñar una nueva estructura de pavimento flexible, la cual consta de una capa asfáltica con espesor de 15 cm y una base granular de 15 cm, para lo que ha sido utilizado el Método AASHTO 93,

Adicionalmente, se ha realizado el presupuesto por kilómetro de rehabilitación, para lo que se ha tomado en consideración las diferentes actividades que incluye la rehabilitación de pavimentos asfálticos y los precios unitarios establecidos por la Cámara Hondureña de la Industria de Construcción (CHICO), de donde se ha obtenido un costo para rehabilitación del pavimento asfáltico del tramo Mega Larach Periférico – Residencial Ciudad Jardín de L5,892,709.50 por kilómetro.

Palabras clave: capa asfáltica, Método AASHTO 93, obras viales.

ABSTRACT

Due to the deterioration presented by the pavement structure of the Peripheral Ring of the Central District, which has been generated by different factors such as the lack of preventive maintenance, it has been identified that the optimal solution to improve road conditions in the selected section is to carry out a rehabilitation of the pavement layer. As part of the research work, highway manuals have been used to determine the level of deterioration of the faults in the section and the elaboration of the design of the new layer of flexible pavement.

For the research methodology, a mixed approach has been established based on the design variables since it adapts to the needs for solving the problem. Qualitative data has been collected through field visits and photographic collection of the damage. The data obtained has helped to determine the current situation of the pavement of the section Mega Larach Periférico-Residencial Ciudad Jardín. The collection of qualitative data from the area has been important to be able to develop the calculations and obtain the results of the quantitative phase of the investigation.

For the investigation, the methodology for the rehabilitation of road works has been used, which has consisted of designing a new flexible pavement structure, which consists of an asphalt layer with a thickness of 15 cm and a granular base of 15 cm, for which the AASHTO 93 Method has been used,

Additionally, the budget per kilometer of rehabilitation has been made, for which the different activities that include the rehabilitation of asphalt pavements and the unit prices established by the Honduran Chamber of the Construction Industry (CHICO) have been taken into consideration, from where A cost has been obtained for the rehabilitation of the asphalt pavement of the section Mega Larach Periférico – Residencial Ciudad Jardín of L5,892,709.50 per kilometer.

Keywords: asphalt layer, AASHTO 93 Method, road works.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | | |
|-------|---|----|
| I. | Introducción..... | 1 |
| II. | Planteamiento del problema..... | 3 |
| 2.1 | Precedentes del problema | 3 |
| 2.2 | Definición del problema..... | 4 |
| 2.3 | Justificación..... | 7 |
| 2.4 | Preguntas de Investigación..... | 8 |
| 2.5 | Objetivos..... | 8 |
| 2.5.1 | Objetivo General..... | 8 |
| 2.5.2 | Objetivos específicos..... | 8 |
| III. | Marco teórico..... | 9 |
| 3.1 | Pavimentos..... | 9 |
| 3.1.1 | Tipos de pavimentos..... | 9 |
| 3.2 | Diseño de Pavimentos | 13 |
| 3.2.1 | Método AASHTO (1993) Pavimento Flexibles y Semirrígidos | 14 |
| 3.2.2 | Método AASHTO pavimento rígido | 23 |
| 3.3 | Tipos de fallas en los Pavimentos Flexible | 25 |
| 3.3.1 | Fisuras y Grietas | 25 |
| 3.3.2 | Deformaciones Superficiales de Pavimento Asfálticos..... | 29 |
| 3.4 | Metodologías de reparación de pavimentos..... | 31 |
| 3.4.1 | Sello de fisuras y grietas | 32 |
| 3.4.2 | Reparación de áreas de falla (Bacheo profundo) | 33 |
| 3.4.3 | Bacheo superficial..... | 34 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.4.4 | Colocación de capa asfáltica de refuerzo en frío o caliente..... | 36 |
| 3.5 | Mantenimiento | 37 |
| 3.5.1 | Mantenimiento Preventivo | 38 |
| 3.5.1 | Mantenimiento periódico..... | 39 |
| 3.5.2 | Reconstrucción | 40 |
| 3.5.3 | Mejoramiento..... | 40 |
| 3.6 | Rehabilitación..... | 41 |
| 3.6.1 | Metodología de rehabilitación..... | 42 |
| 3.6.2 | Reciclaje de pavimentos flexibles..... | 44 |
| IV. | Metodología..... | 46 |
| 4.1 | Enfoque | 46 |
| 4.2 | Variables de investigación..... | 46 |
| 4.3 | Técnicas e instrumentos aplicados | 48 |
| 4.3.1 | Investigación de campo | 48 |
| 4.4 | Metodología de estudio..... | 54 |
| 4.4.1 | Datos generales..... | 54 |
| 4.4.2 | Clasificación de fallas | 56 |
| 4.4.3 | Diseño de Rehabilitación..... | 57 |
| 4.4.4 | Costo del proyecto..... | 71 |
| V. | Resultados y análisis | 73 |
| 5.1 | Clasificación de fallas | 73 |
| 5.2 | Diseño de Rehabilitación | 74 |
| 5.3 | Costo del proyecto..... | 76 |

| | | |
|-------|-------------------------------------|-----------|
| VI. | Conclusiones..... | 77 |
| VII. | Recomendaciones..... | 79 |
| VIII. | Aplicabilidad / Implementación..... | 80 |
| | BIBLIOGRAFÍA..... | 81 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|---|----|
| Ilustración 1 - Sección del tramo Mega Larach Periférico - Residencial Ciudad Jardín | 2 |
| Ilustración 2- Anillo Periférico,..... | 3 |
| Ilustración 3-Tramo Anillo Periférico Mega Larach Periférico - Residencial Ciudad Jardín..... | 5 |
| Ilustración 4 - Mantenimiento correctivo | 7 |
| Ilustración 5 - Pavimento flexible..... | 10 |
| Ilustración 6 – Perfil de una estructura de pavimento rígido | 11 |
| Ilustración 7 - Perfil de estructura de pavimento semirrígido | 12 |
| Ilustración 8 - Perfil estructura de pavimento de adoquín | 12 |
| Ilustración 9 - Perfil de una estructura de pavimento mixto | 13 |
| Ilustración 10- Esquema de fisura longitudinal..... | 25 |
| Ilustración 11 Diagrama nivel de gravedad para agrietamiento longitudinal | 26 |
| Ilustración 12 - Fisura transversal | 27 |
| Ilustración 13 Diagrama nivel de gravedad para fisura transversal | 27 |
| Ilustración 14-Esquema fisura piel de cocodrilo | 28 |
| Ilustración 15- Esquema fisura en bloque | 28 |
| Ilustración 16 Diagrama nivel de gravedad para agrietamiento de bloque..... | 29 |
| Ilustración 17 - Esquema Ahuellamiento | 30 |

| | |
|---|----|
| Ilustración 18 - Esquema Bache..... | 31 |
| Ilustración 19 Diagrama nivel de gravedad para Baches..... | 31 |
| Ilustración 20 - Sello de fisuras y grietas | 32 |
| Ilustración 21 - Procedimiento sellado de grietas..... | 33 |
| Ilustración 22 - Sellado de grietas | 33 |
| Ilustración 23 - Reparación de áreas de falla (Bacheo profundo) | 34 |
| Ilustración 24 - Marcaje y excavación | 35 |
| Ilustración 25 - Colocación mezcla asfáltica..... | 35 |
| Ilustración 26- Bacheo superficial..... | 36 |
| Ilustración 27 - Colocación de capa asfáltica | 37 |
| Ilustración 28 - Compactación capa asfáltica..... | 37 |
| Ilustración 29 - Sello de fisuras..... | 39 |
| Ilustración 30 - Colocación de capa asfáltica de refuerzo..... | 39 |
| Ilustración 31 - Reconstrucción | 40 |
| Ilustración 32 - Adición tercer carril..... | 41 |
| Ilustración 33 - Rehabilitación..... | 42 |
| Ilustración 34 Triturado de material..... | 44 |
| Ilustración 35 Planta para trituración | 45 |
| Ilustración 36 - Selección del tramo | 49 |
| Ilustración 37 - Recopilación fotográfica del tramo | 49 |
| Ilustración 38 - Bacheo profundo | 50 |
| Ilustración 39 - Buscador Google Academic..... | 51 |
| Ilustración 40 - Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación..... | 51 |

| | |
|---|----|
| Ilustración 41 - Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras - SIECA..... | 52 |
| Ilustración 42 - Manual de Identificación de Fatiga - Departamento de Transporte de Estados Unidos..... | 52 |
| Ilustración 43 - Manual de Carreteras, Diseño de Pavimento y Mantenimiento de Caminos, SOPTRAVI..... | 53 |
| Ilustración 44 - Pagina web Alcaldía Municipal del Distrito Central..... | 53 |
| Ilustración 45 - Frentes de trabajo en la red vial de la capital..... | 54 |
| Ilustración 46 - Tramo de investigación..... | 55 |
| Ilustración 47 - Actividades de mantenimiento preventivo frente a Mega Larach Periférico..... | 56 |
| Ilustración 48 Fallas localizadas en el tramo..... | 56 |
| Ilustración 57 - Estructura de pavimento propuesta..... | 74 |
| Ilustración 58 - Resultados PerRoad 4.4..... | 75 |
| Ilustración 59 - Falla en la estación 0+050..... | 84 |
| Ilustración 60 - Falla en la estación 0+075..... | 84 |
| Ilustración 61 - Falla en la estación 0+150..... | 85 |
| Ilustración 62 - Falla en la estación 0+210..... | 85 |
| Ilustración 63 - Falla en la estación 0+250..... | 86 |
| Ilustración 64 Falla en la estación 0+300..... | 86 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 - Fallas que presenta el tramo..... | 6 |
| Tabla 2 - Criterios para Mezcla del Método Marshall..... | 15 |
| Tabla 3 Correlación de ensayos..... | 16 |

| | |
|--|----|
| Tabla 4 - Valores de coeficientes de drenaje (m_i)..... | 20 |
| Tabla 5 - Confiabilidad Z_r | 20 |
| Tabla 6 - Desviaciones estándar..... | 21 |
| Tabla 7 - Conteo de vehículos | 22 |
| Tabla 8 - Factor de distribución por dirección..... | 23 |
| Tabla 9 - Factor de distribución por carril | 23 |
| Tabla 10 - Valores de C_d recomendados..... | 24 |
| Tabla 11 - Promedio de temperatura 2022..... | 58 |
| Tabla 12 - Conteo de vehículos | 59 |
| Tabla 13 - Ejes equivalentes..... | 60 |
| Tabla 14 - Cálculo de ESAL (hoy) | 60 |
| Tabla 15 - ESAL Vida útil | 61 |
| Tabla 16 - Datos Método AASHTO | 61 |
| Tabla 17 Selección datos de CBR..... | 62 |
| Tabla 18 Selección de coeficientes de drenaje para la base nueva | 64 |
| Tabla 19 - Datos carpeta nueva..... | 65 |
| Tabla 20 - Coeficiente sugerido para capas existentes de pavimentos flexibles..... | 65 |
| Tabla 21 Selección de coeficientes de drenaje para la capa de base existente | 66 |
| Tabla 22 - Carpeta existente | 66 |
| Tabla 23 - Información por estación del año | 67 |
| Tabla 24 - Datos generales de las capas de la estructura de pavimento | 67 |
| Tabla 25 - Relación de Poisson de diversos materiales..... | 68 |
| Tabla 26 - Criterios de falla | 68 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 27 - Criterio de falla para la capa asfáltica | 69 |
| Tabla 28 - Criterio de falla para la subrasante | 69 |
| Tabla 29 - Datos de transito | 70 |
| Tabla 30 - Distribución de vehículos | 70 |
| Tabla 31 - Revisión de espesores..... | 71 |
| Tabla 32 - Actividades..... | 71 |
| Tabla 33 - Ficha unitaria de costo para la carpeta asfáltica..... | 72 |
| Tabla 34 - Clasificación de fallas | 73 |
| Tabla 35 - Estructura de pavimento..... | 74 |
| Tabla 36 - Ficha unitaria Trazado y marcado | 87 |
| Tabla 37 - Ficha unitaria Demolición de pavimento flexible | 88 |
| Tabla 38 - Ficha unitaria de Limpieza..... | 89 |
| Tabla 39 - Ficha unitaria sobreacarreo de material..... | 90 |
| Tabla 40 - Ficha unitaria base granular..... | 91 |
| Tabla 41 - Ficha unitaria imprimación asfáltica | 92 |
| Tabla 42 - Ficha unitaria carpeta asfáltica | 93 |
| Tabla 43 - Ficha unitaria señalización..... | 94 |
| Tabla 44 - Actividades semana 1 | 107 |
| Tabla 45 - Actividades semana 2 | 107 |
| Tabla 46 - Actividades semana 3 | 108 |
| Tabla 47 - Actividades semana 4 | 108 |
| Tabla 48 - Actividades semana 5 | 109 |
| Tabla 49 - Actividades semana 6 | 109 |

| | |
|---------------------------------------|-----|
| Tabla 50 - Actividades semana 7 | 110 |
| Tabla 51 -Actividades semana 8..... | 110 |
| Tabla 52 - Actividades semana 9 | 111 |
| Tabla 53 - Actividades semana 10..... | 111 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|---|----|
| Ecuación 1 - Formula de Diseño Método AASHTO | 14 |
| Ecuación 2 - Número Estructural (SN)..... | 15 |
| Ecuación 3 - Relación del Módulo de Resiliente..... | 18 |
| Ecuación 4 - Índice de Serviciabilidad inicial para pavimentos flexibles..... | 21 |
| Ecuación 5 - Índice de serviciabilidad final para caminos principales | 21 |
| Ecuación 6 - Factor equivalente de carga..... | 21 |
| Ecuación 7 – Tránsito Promedio Diario Proyectado..... | 22 |
| Ecuación 8 Factor de proyección a la vida útil..... | 23 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|-----|
| Anexo 1 - Recopilación fotográfica..... | 84 |
| Anexo 2 - Fichas Unitarias | 87 |
| Anexo 3 -Actas de asesoramiento temático..... | 95 |
| Anexo 4 - Cronograma de actividades | 107 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|----------|--|
| AASHTO | American Association of State Highway and Transportation. |
| CBR | California Bearing Ratio. |
| CRAI | Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación. |
| ESAL | Equivalent Simple Axial Load. |
| INE | Instituto Nacional de Estadística. |
| MDC | Municipio del Distrito Central |
| MDC | Municipio del Distrito Central. |
| MR | Módulo de Resiliencia. |
| PCA | Asociación Americana del Cemento Portland. |
| SHRP | Strategic Highway Research Program. |
| SIECA | Secretaría de Integración Económica Centroamericana. |
| SIT | Secretaría Infraestructura y Transporte. |
| SOPTRAVI | Secretaría de Obras Públicas, Transporte y Vivienda. |
| TPD | Tránsito Promedio Diario. |

GLOSARIO

Autopista: tipo de carretera construida exclusivamente para la circulación de automóviles, no ofrece algún tipo de acceso a propiedades colindantes, no cruza ni es cruzada por ninguna otra vía de comunicación. Consta de distintas calzadas.(RAE, s. f.)

Base Granular: se denomina a la capa que se encuentra bajo la capa de rodadura de un pavimento asfáltico, debe contar con alta resistencia a la deformación para que sea capaz de soportar las cargas a las que será expuesta. (Murillo, 2016)

Fallas: Indicativo del bajo rendimiento que posee una estructura. (Rondón Quintana, 2016)

Mantenimiento correctivo: es aquel que se realiza para reparar las condiciones que dejaron de funcionar en una estructura. (Secretaría de Integración Económica Centroamericana, 2010)

Mantenimiento preventivo: es aquel que se realiza mediante una programación previa a las actividades, con el fin de evitar daños. (Secretaría de Integración Económica Centroamericana, 2010)

Mantenimiento: Actividades necesarias para que una estructura pueda funcionar adecuadamente. (Secretaría de Integración Económica Centroamericana, 2010)

Pavimento flexible: Estructura compuesta por una capa superficial asfáltica, seguida de una base y subbase. (Rondón Quintana, 2016)

Pavimento mixto: estructura conformada por una capa de rodadura más una base asfáltica que es tratada con materiales hidráulicos. (Rondón Quintana, 2016)

Pavimento rígido: estructura compuesta por una losa de concreto portland que se apoya en una base. (Rondón Quintana, 2016)

Pavimento: Estructura compuesta por capas de diferentes materiales, construidas sobre un terreno natural. (Rondón Quintana, 2016)

Precipitación pluvial: es cualquier tipo de agua meteórica recogida sobre la superficie terrestre. (*Precipitaciones.pdf*, s. f.)

Reconstrucción: renovación completa de la estructura de pavimento previo a la demolición parcial. (Bañón & Beviá García, 2012)

Rehabilitación: reparación selectiva que se le realiza a la estructura de pavimento previo a la demolición de la estructura existente. (Bañón & Beviá García, 2012)

Subbase: es la capa que se encuentra entre la base y la Subrasante en una estructura de pavimento asfáltico. Es sometida a menores esfuerzos que la capa de la base, por lo tanto, su resistencia puede ser inferior. (Murillo, 2016)

Subrasante: se denomina a la parte que soporta las capas de la estructura de pavimento, debe de contar con resistencia homogénea en toda la superficie que servirá para evitar las fallas en la estructura. (Murillo, 2016)

Vida útil: Periodo de tiempo en que la estructura permanece con funcionalidad basado en los niveles definidos del proyecto. (Andrade, s. f.)

I. INTRODUCCIÓN

Las estructuras de pavimentos están sometidas a constantes cargas durante el periodo de diseño, por lo que se pueden producir fallas y para evitar que estas afecten la estructura se debe de realizar trabajo de mantenimiento con el fin de lograr la vida útil del pavimento.

Como objetivo principal de la investigación se planteará la determinación del tipo de mantenimiento adecuado para el tramo seleccionado, mediante la aplicación de manuales y metodologías de diseño de pavimentos.

Para desarrollar esta investigación se requiere de la explicación técnica de diversos temas relacionados para brindar un amplio contexto como ser los tipos de pavimentos, diseños, tipos de fallas, metodologías de reparación y mantenimiento.

Se proporcionará la descripción de las técnicas e instrumentos que serán necesarios para la investigación de enfoque mixto donde se determinarán los aspectos cualitativos y cuantitativos para dar respuesta a los objetivos planteados.

Como parte de la fase cualitativa se mostrarán las diferentes fallas identificadas a lo largo del tramo de estudio en conjunto con investigaciones que servirán para determinar los niveles de daño de cada una de ellas.

En la parte cuantitativa se presentarán las variables requeridas por el Método AASHTO 93 para determinar los espesores de la nueva estructura de pavimento flexible para la rehabilitación del pavimento del tramo, tomando como datos importantes valores determinados mediante gráficos, tablas de correlación e investigación correspondiente a las variables meteorológicas, datos de tipo de suelo y volumen de tránsito.

Mediante el uso del programa PerRoad se verificarán los espesores propuestos por el Método AASHTO, programa que realiza iteraciones para determinar si las capas de pavimento cuentan con el espesor adecuado para soportar factores que intervienen en el pavimento durante el periodo de diseño.

Se calculará el presupuesto por kilómetro de rehabilitación para el tramo desde Mega Larach Periférico hasta la Residencial Ciudad Jardín, considerando las actividades y costos .



Ilustración 1 - Sección del tramo Mega Larach Periférico - Residencial Ciudad Jardín

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA

El Anillo Periférico es una autopista del Municipio del Distrito Central de 34.64 km que inicia en el noroeste en conexión con la carretera CA-5 norte y finaliza en el noroeste en la colonia 21 de Octubre, que enlaza a las principales avenidas y bulevares, conecta con cuatro alimentadores viales provenientes de las principales regiones del país, salida al Norte conectando a la carretera CA-5 que empalma el Anillo Periférico y el Bulevar del Norte; salida Noroeste al departamento de Olancho que empalma el Anillo Periférico con el Bulevar del Norte; salida al Oriente al departamento de El Paraíso que empalma el Anillo Periférico y el Bulevar Fuerzas Armadas y salida al Sur que empalma El Anillo Periférico y el bulevar Fuerzas Armadas. (Cálix Alvarado, 2015)

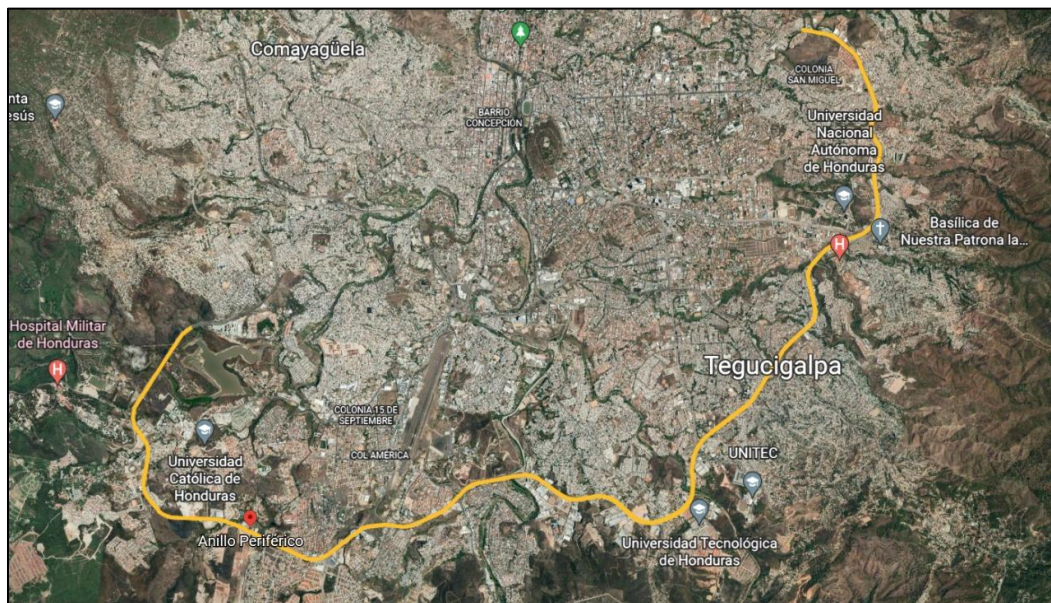


Ilustración 2- Anillo Periférico,

Fuente. Google Earth

De acuerdo con Infraestructura y Servicios Públicos (2012), en 1996 se diseñó un Anillo Periférico con el propósito de mejorar las condiciones viales de Municipio del Distrito Central, con una estructura de pavimento de concreto asfáltico. El Anillo Periférico ha sido sometida desde entonces a trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo por parte de la Alcaldía Municipal del Distrito Central (AMDC).

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Los pavimentos son diseñados para soportar los efectos de las cargas a las cuales están sometidos durante el periodo para el cual fueron diseñados, al finalizar este periodo estas estructuras de pavimentos requieren de rehabilitación para mantener su condición de servicio. La vida útil del pavimento puede alargarse al aplicar medidas de mantenimiento preventivo hasta que esta carpeta este obsoleta por cambios significativos. (Rico Rodriguez, 2012).

La vida útil de una carretera se puede prolongar significativamente si se aplican de manera adecuada y oportuna las prácticas de mantenimiento, garantizando la inversión inicial de la obra y disminución de los costos de explotación, todos los pavimentos requieren de mantenimiento para evitar los diversos tipos de fallas, que son consecuencia del desgaste del pavimento y por la obsolescencia propia de los materiales. (Valenzuela, 2013)

El tramo de Mega Larach Periférico – Residencial Ciudad Jardín tiene una longitud de 300 m, como se observa en la Ilustración 3 el cual presenta diversas fallas en la estructura del pavimento a causa de la falta de mantenimiento preventivo y correctivo en etapas tempranas de la aparición de fallas o baches, tal como puede observarse en la Tabla 1.



Ilustración 3-Tramo Anillo Periférico Mega Larach Periférico - Residencial Ciudad Jardín

Fuente:Google Earth

Tabla 1 - Fallas que presenta el tramo

| Fotografía | Tipo de falla |
|---|----------------------------|
|  | Bache |
| | Agrietamiento por bloque |
| | Deterioro del parche |
| | |
|  | Deterioro del parche |
| | Agrietamiento por fatiga |
| | |
| | |
|  | Agrietamiento por bloque |
| | Agrietamiento por fatiga |
| | |
| | |
|  | Bache |
| | Agrietamiento longitudinal |
| | Agrietamiento por bloque |
| | |
|  | Bache |
| | Piel de cocodrilo |
| | Fisura transversales |
| | Agrietamiento por bloque |
|  | Bache |
| | Piel de cocodrilo |
| | Fisura transversales |
| | Deterioro del parche |
| | Agrietamiento por fatiga |

2.3 JUSTIFICACIÓN

Con el paso de tiempo los pavimentos presentan deterioro en la superficie de rodadura debido a la acción continua de cargas ejercidas por el aumento, el peso y la cantidad de vehículos; los efectos ambientales como el cambio de la temperatura y las precipitaciones pluviales, y el no brindar el mantenimiento adecuado y en el tiempo oportuno, acelerarán el proceso de deterioro al punto de presentar fallas de gran dimensionamiento que pueden dañar las capas inferiores de la estructura del pavimento hasta llegar a un punto donde realizar actividades de mantenimiento preventivo no brindarían las condiciones necesarias para mantener las condiciones óptimas provocando que se deban aplicar otras metodologías como la rehabilitación de pavimentos, la cual se realiza cuando la estructura se encuentra demasiado deteriorada y no sea capaz de soportar las cargas para las cuales fue diseñada.

La estructura de pavimento del anillo periférico fue construida hace 26 años y en ese periodo se ha visto afectado por los factores antes mencionados. (Secretaría de Obras Públicas Transporte y Vivienda, 1996)



Ilustración 4 - Mantenimiento correctivo

2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cuáles son las fallas que presenta el pavimento del tramo de Mega Larach Periférico hasta Residencial Ciudad Jardín?
2. ¿Qué tipo de intervención requiere el tramo?
3. ¿Cuál es la metodología para diseñar el pavimento?
4. ¿Qué información se requiere para diseñar el pavimento?
5. ¿Cuál es el costo de la rehabilitación?

2.5 OBJETIVOS

2.5.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar la condición actual de la estructura de pavimento del tramo de 300 m, ubicado en el anillo periférico desde Mega Larach Periférico hasta la residencial Ciudad Jardín, diseñar la estructura de pavimento y calcular el costo del proyecto.

2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Determinar el tipo de fallas encontradas en el tramo de estudio y el nivel de deterioro que poseen utilizando manuales de mantenimiento de pavimentos.
- 2) Definir el tipo de intervención que requiere el tramo mediante el uso de manuales.
- 3) Seleccionar la metodología de diseño de pavimento para la rehabilitación del tramo
- 4) Definir las variables requeridas para diseñar la estructura de pavimento mediante el uso de manuales de diseño.
- 5) Calcular el presupuesto del proyecto mediante fichas de costos unitarios utilizando hojas de cálculo.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 PAVIMENTOS

Rondón Quintana (2016) menciona que los pavimentos son estructuras conformadas por una serie de capas superpuestas compuestas por materiales seleccionados, son diseñadas para soportar cargas de tránsito y las condiciones ambientales expuestas, estas estructuras en su etapa de servicio deben ofrecer un tránsito seguro para el periodo de diseño. El pavimento se soporta sobre una subrasante que puede ser mejorada, estabilizada que se denomina capa de conformación.

3.1.1 TIPOS DE PAVIMENTOS

Los pavimentos están clasificados en: flexibles, rígidos y semirrígidos, siendo estos los más usados en la infraestructura vial. Cada uno de estos transmite las cargas de distinta forma, en los pavimentos rígidos se produce una mejor distribución de las cargas y de esta forma obtener tensiones muy bajas en la subrasante, en cuanto al pavimento flexible al poseer una menor rigidez es propenso a deformaciones y transmitir mayores tensiones a la subrasante.

A continuación, se detallará cada uno de los pavimentos anteriormente mencionados

3.1.1.1 Pavimentos flexibles

Los pavimentos flexibles son estructuras formadas de una capa asfáltica apoyada sobre capas de menor rigidez compuestas de materiales granulares no tratados que forman la base, subbase y en algunos casos una subrasante mejorada, este tipo de pavimento permite que las cargas se disipen a través de cada una de las capas, y estas deben ser capaces de resistir esfuerzos sin presentar deformaciones y adicionalmente estas capas deben resistir la influencia del medio ambiente. (Rondón Quintana, 2016)

En el pavimento flexible la capa asfáltica debe cumplir con tres principales funciones, estructuralmente esta capa se debe diseñar y construir de manera que pueda resistir los esfuerzos de fatiga y las deformaciones producidos por el tráfico en su periodo de diseño; funcionalmente, esta capa recibe de manera directa las cargas de tránsito que circulan sobre la capa asfáltica por lo que debe mantener las condiciones óptimas para brindar un paso seguro a los vehículos durante su vida útil; Impermeabilización, esta capa no debe permitir el paso del agua a las diversas capas. (Rondón Quintana, 2016)

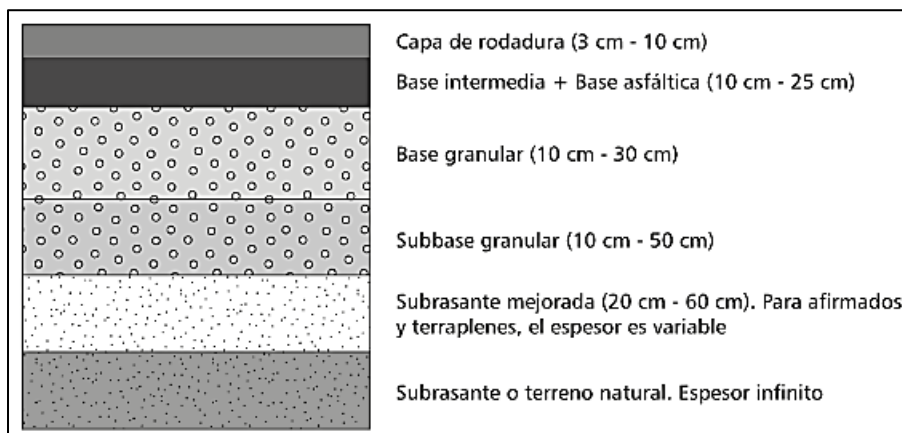


Ilustración 5 - Pavimento flexible

Fuente: (Rondón Quintana, 2016)

3.1.1.2 Pavimentos rígidos

Las estructuras de pavimento rígido están compuestas por una losa de concreto hidráulica con espesores que rondan de los 18 a los 30 cm, este tipo de estructura está soportada en una capa granular no estabilizada. Poseen un módulo de elasticidad elevado, los esfuerzos que se presentan por el tráfico son atenuado en flexión por la losa de concreto, en cambio los esfuerzos que se presentan a compresión se distribuyen a lo largo del área y posteriormente se transmiten al suelo disipando las cargas. (Rondón Quintana, 2016)

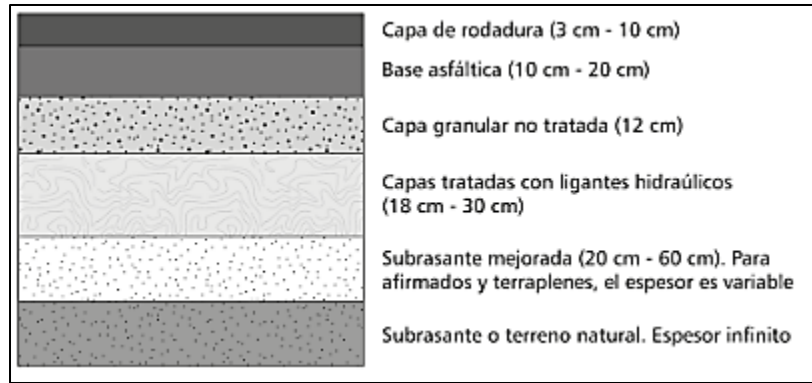


Ilustración 6 – Perfil de una estructura de pavimento rígido

Fuente: (Rondón Quintana, 2016)II

3.1.1.3 Pavimentos semirrígidos

Las estructuras de pavimento semirrígido están conformadas por una capa asfáltica que está apoyada sobre una capa de materiales estabilizados con concreto hidráulico, las cuales son capaces de soportar capas granulares no tratadas de la subbase y subrasante natural. (Rondón Quintana, 2016)

Los pavimentos semirrígidos tienen básicamente la misma estructura de un pavimento flexible, a diferencia de los pavimentos flexibles, una de sus capas es rigidizada artificialmente con un aditivo con la finalidad de modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no son aptos para la capa de pavimentos. (Rondón Quintana, 2016)

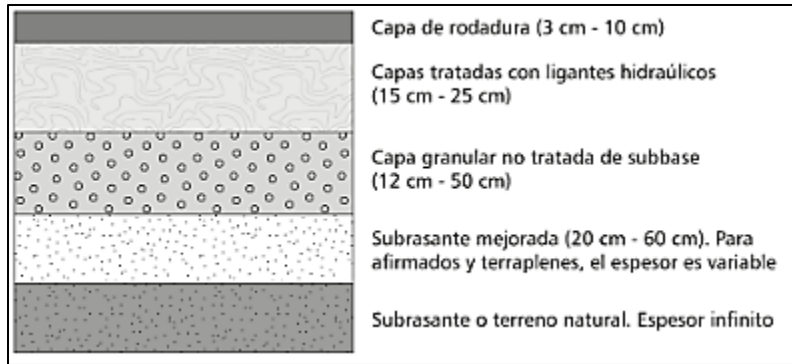


Ilustración 7 - Perfil de estructura de pavimento semirrígido

Fuente: (Rondón Quintana, 2016)

3.1.1.4 Pavimento articulado o en adoquines

Estas estructuras de pavimento están conformadas por elementos individuales rígidos prefabricados llamados adoquines, los cuales al ser colocados se les aplica material sellantes para unirlos. Se le coloca una capa de arena para la adhesión de los adoquines y el material sellante, la capa de arena es de aproximadamente 3 a 5 cm de espesor ya compactado. (Rondón Quintana, 2016).



Ilustración 8 - Perfil estructura de pavimento de adoquín

Fuente: Material de clase Vías de Comunicación II

3.1.1.5 Pavimentos mixtos

Este tipo de pavimento está conformado por una capa de rodadura más una base asfáltica, la cual está apoyada en una capa granular que es tratada con materiales

hidráulicos. Para este tipo de estructuras es recomendable que el espesor de la capa asfáltica sea igual a la capa que es tratada con cementos hidráulicos. (Rondón Quintana, 2016) PEP

La capa de materiales tratados con ligantes hidráulicos cumple la función de la subbase, ya que por su gran rigidez se encarga de disipar los esfuerzos que se producen verticalmente al suelo de la subrasante, gracias a esto las deformaciones producidas en la carpeta asfáltica son de bajo riesgo. Es importante reconocer el gran papel que cumplen las capas asfálticas ya que cumplen con una gran cantidad de funciones que ayudan al mejoramiento del pavimento y un mejor estado de servicio. Una de las funciones que cumple es la de brindar regularidad al pavimento, así evitando o retardando la aparición de fisuras transversales que se originan en las capas tratadas con ligantes hidráulicos. (Rondón Quintana, 2016)

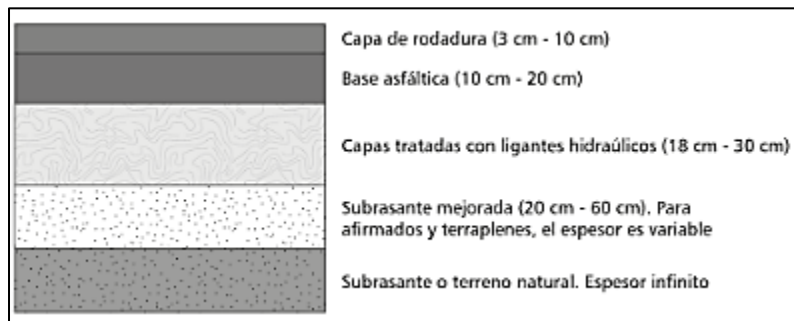


Ilustración 9 - Perfil de una estructura de pavimento mixto

Fuente: (Rondón Quintana, 2016)

3.2 DISEÑO DE PAVIMENTOS

La American Association of State Highway and Transportation (AASHTO) ha determinado los métodos a seguir para el diseño de las estructuras de pavimentos flexibles, rígidos y semirrígidos. Para los cuales ha empleado variables de diseños que se dividen en

dos categorías: directas e indirectas. Entre las variables directas están: el tránsito, subrasante, clima, propiedades mecánicas de los materiales y en las variables indirectas se encuentran los costos, materiales disponibles, topografía, estética, etc. A continuación, se explicarán las variables antes expuestas. (Rondón Quintana, 2016)

3.2.1 MÉTODO AASHTO (1993) PAVIMENTO FLEXIBLES Y SEMIRRÍGIDOS

El método AASHTO - 93 para el diseño de pavimentos flexibles, se ha establecido la fórmula para obtener el parámetro estructural (SN) en la Ecuación 1 que determina los espesores de las capas que conforman la estructura del pavimento flexible, esta ecuación se encuentra en función de variables de diseño como el tránsito, desviación estándar, la confiabilidad y el índice de serviciabilidad entre otros.

$$\text{Log}(W) = Z_r * S_o + 9.36 * \text{Log}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \text{Log}(MR) - 8.07$$

Ecuación 1 - Fórmula de Diseño Método AASHTO

Fuente: AASHTO

Donde:

W: Número estimado de ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el período de diseño

Zr: Desviación estándar normal

So: Error estándar combinado de la predicción del tráfico y de la predicción del comportamiento estructural.

ΔPSI: Diferencia entre índice de servicio inicial y final

MR: Módulo resiliente (lb/in²)

SN: Número estructural

3.2.1.1 Número Estructural (SN)

De la Ecuación 1 se determina el valor del número estructural (SN) para posteriormente determinar las capas donde los espesores (D_i) igualen o superen el número estructural calculado (SN) a partir del módulo resiliente de la subrasante, se presenta Ecuación 2 en función del coeficiente estructural (a_i), el cual se define como relación empírica entre el número estructural (a_i) definido como una relación empírica entre SN y D_i .

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * m_2 * D_2 + a_3 * m_3 * D_3$$

Ecuación 2 - Número Estructural (SN)

Fuente: AASHTO

Dónde:

a_i : Coeficiente estructural de la capa i

D_i : Espesor de la capa i en pulgadas

m_i : Coeficiente de drenaje de la capa

El cálculo del coeficiente estructural de la capa a_1 se obtiene según los criterios para la mezcla del método Marshall utilizando la Tabla 2 en base al criterio de Estabilidad N en libras.

Tabla 2 - Criterios para Mezcla del Método Marshall

| Criterios para Mezcla del Metodo Marshall | Transito Liviano Carpeta y Base | | Transito Mediano Carpeta y Base | | Transito Pesado Carpeta y Base | |
|---|------------------------------------|-----|------------------------------------|-----|-----------------------------------|-----|
| | Min | Max | Min | Max | Min | Max |
| Compactacion, numero de golpes en cada cara de la probeta | 35 | | 50 | | 75 | |
| Estabilidad, N (lb.) | 3336 (750) | — | 5338 (1200) | — | 8006 (1800) | — |
| Flujo, 0.25 mm (0.01 pulgadas) | 8 | 18 | 8 | 16 | 8 | 14 |
| Porcentaje de Vacios | 3 | 5 | 3 | 5 | 3 | 5 |
| Porcentaje de Vacios en el Agregado Mineral (VMA) | Ver Figura 3.20 | | | | | |
| Porcentaje de Vacios llenos de Asfalto (VFA) | 70 | 80 | 65 | 78 | 65 | 75 |

Fuente: Material de clase Vías de Comunicación II

- *Relación de soporte California (CBR)*

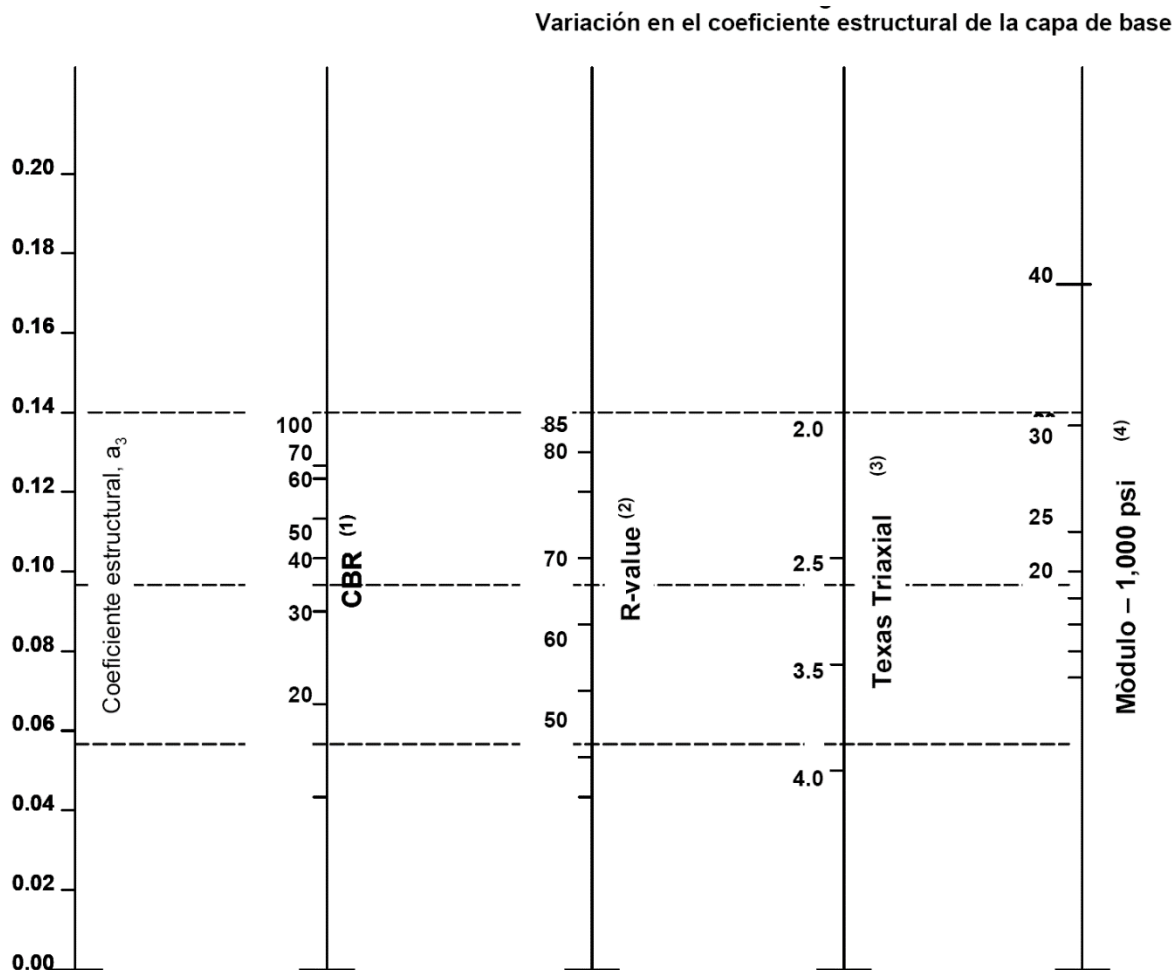
El ensayo de CBR es uno de los principales parámetros a seguir para el diseño de pavimentos flexibles, el cual se realiza para evaluar la resistencia de las subrasantes y los materiales de la capa base mediante un ensayo de capa a escala. Este valor también se puede determinar mediante la correlación aproximada entre la clasificación de los suelos y los diferentes ensayos en el Tabla 3.

Tabla 3 Correlación de ensayos

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|-----------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| <p>Clasificación Unificada</p> <p>OH ML CH CL OL MH</p> | | <p>Clasificación AASHTO</p> <p>A-1-b A-1-a A-2-6 . A-2-7 A-2-4 . A-2-5 A-3 A-4 A-5 A-6 A-7-6 . A-7-8</p> | | GP | | GW | | | | | | | | | | |
| | | | | GM | | | | | | | | | | | | |
| | | | | GC | | GW | | | | | | | | | | |
| | | | | SW | | GW | | | | | | | | | | |
| | | | | SM | | | | | | | | | | | | |
| | | | | SP | | | | | | | | | | | | |
| | | | | SC | | | | | | | | | | | | |
| | | | | A-1-b A-1-a | | | | | | | | | | | | |
| | | | | A-2-6 . A-2-7 A-2-4 . A-2-5 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | A-3 | | | | | | | | | | | | |
| A-4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A-5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A-6 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A-7-6 . A-7-8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Valor de Resistencia, R (HVEEM) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Módulo de reacción de la subrasante (Mpalm) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Módulo de reacción de la subrasante k (kg/cm²) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Valor Soporte (psi) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CBR | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 3 | 4 | 6 | 8 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |

Fuente: Material de clase Vías de Comunicación II

El coeficiente estructural a_3 de la base granular de la estructura de pavimento se determina mediante el Gráfico 2, con el valor del CBR de la base granular se determina el coeficiente estructural y el módulo resiliente de esta capa.



- 1) La escala derivó haciendo un promedio de las correlaciones obtenidas de Illinois
- 2) La escala derivó haciendo un promedio de las correlaciones obtenidas de California, New México y Wyoming
- 3) La escala derivó haciendo un promedio de las correlaciones obtenidas de Texas
- 4) La escala derivó en el proyecto NCHRP (3)

Gráfico 1 - Coeficiente estructural de la capa de base

Fuente: Material de clase Vías de Comunicación II

Para el cálculo del módulo resiliente de la subbase se debe de considerar la relación

$$M_R = 1500 * CBR$$

Ecuación 3 - Relación del Módulo de Resiliente

Fuente: AASHTO

Esta relación se debe considerar para valores de CBR menores al 10% aplicado en suelos finos, si se obtiene un valor de CBR mayor al 10% se determinar el valor del coeficiente estructural a3 usando el Gráfico 3 de igual manera se determina el valor del MR.

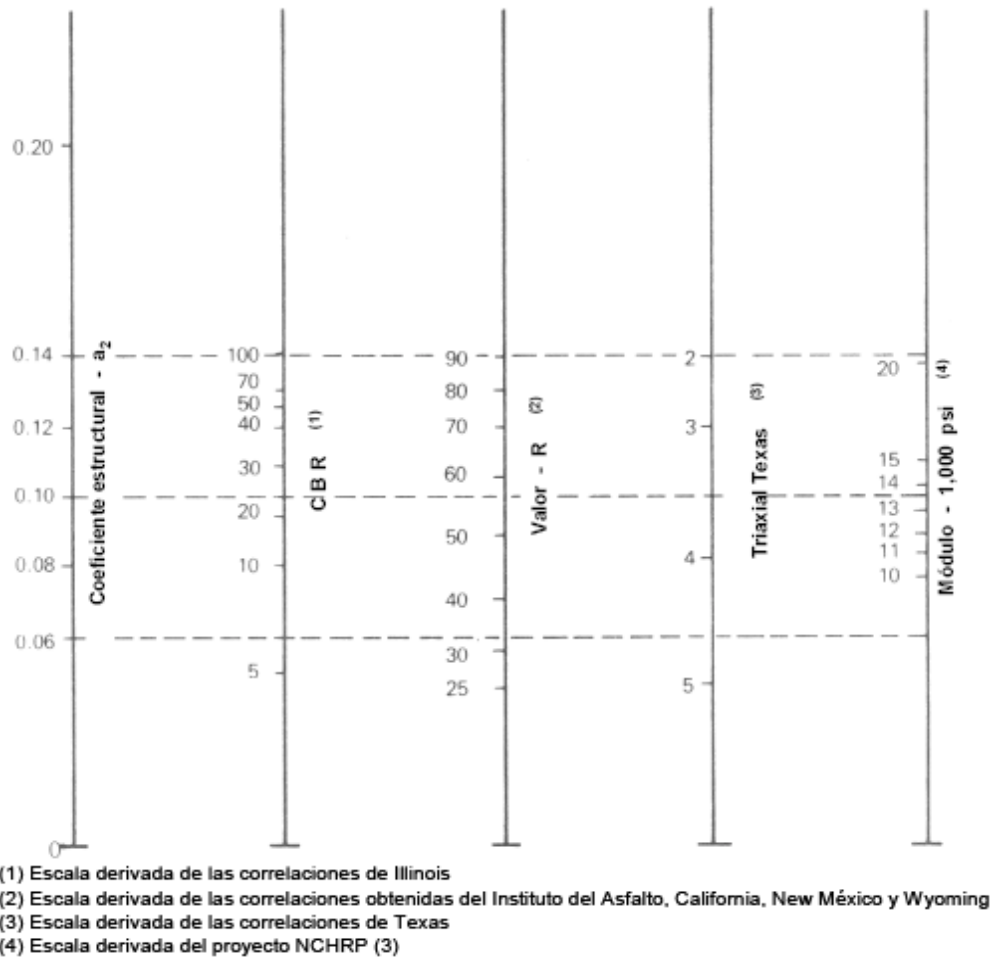


Gráfico 2 - Coeficiente estructural de la capa subbase

Fuente: Material de clase Vías de Comunicación II

Para determinar el coeficiente estructural de la capa de concreto asfáltica mediante la estabilidad de la prueba Marshall como parámetro principal.

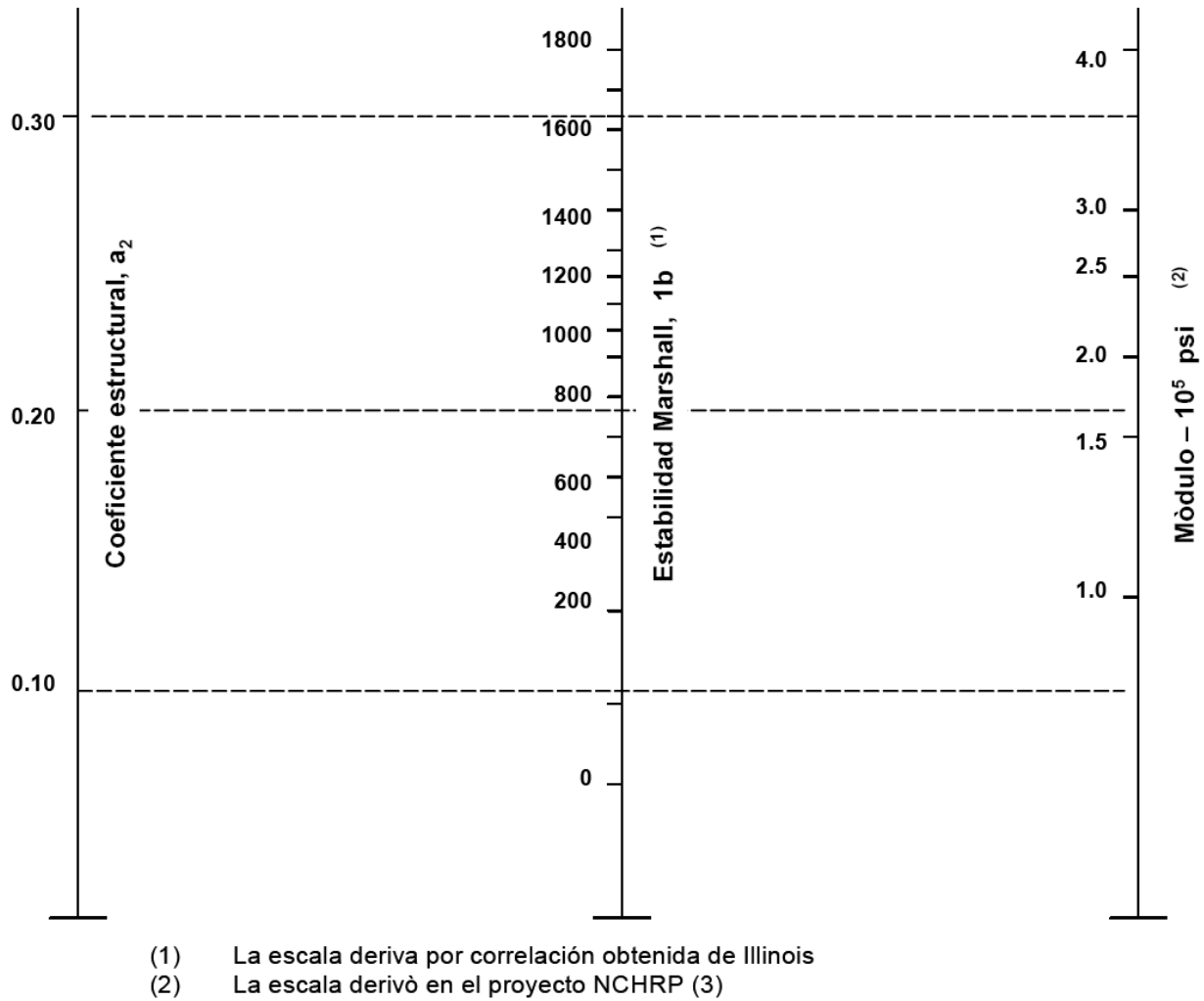


Gráfico 3 - Coeficiente estructural de la capa de concreto asfáltica

Fuente: Material de clase Vías de Comunicación II

3.2.1.2 Coeficiente de drenaje

Dentro de los parámetros considerados para el diseño de pavimentos es la condición de drenaje del pavimento, en estructuras de pavimentos nuevos el coeficiente de drenaje se considera como excelente y los valores se encuentran especificados el Tabla 4.

Tabla 4 - Valores de coeficientes de drenaje (m_i)

| CARÁCTERÍSTICAS DEL DRENAJE | AGUA EVACUADA EN | PORCENTAJE DE TIEMPO EN EL AÑO, QUE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ESTA EXPUESTA A UN NIVEL DE HUMEDAD | | | |
|-----------------------------|------------------|--|-----------|-----------|-------|
| | | <1% | 1%-5% | 5%-25% | > 25% |
| EXCELENTE | 2 HORAS | 1,40-1,35 | 1,35-1,30 | 1,30-1,20 | 1,2 |
| BUENO | 1 DÍA | 1,35-1,25 | 1,25-1,15 | 1,15-1,00 | 1,0 |
| REGULAR | 1 SEMANA | 1,25-1,15 | 1,15-1,05 | 1,00-0,80 | 0,8 |
| POBRE | 1 MES | 1,15-1,05 | 1,05-0,80 | 0,80-0,60 | 0,6 |
| MUY MALO | NO DRENA | 1,05-0,95 | 0,95-0,75 | 0,75-0,40 | 0,4 |

Fuente: Material de clase Vías de Comunicación II

3.2.1.3 Valor de confiabilidad

El valor de confiabilidad se refiere a la seguridad de que el diseño de la estructura de un pavimento puede llegar al fin de su período de diseño en buenas condiciones.

Tabla 5 - Confiabilidad Z_r

| CONFIABILIDAD Desviación normal standard | |
|---|--------|
| R (%) | Z_r |
| 50 | -0,000 |
| 60 | -0,253 |
| 70 | -0,524 |
| 75 | -0,674 |
| 80 | -0,841 |
| 85 | -1,037 |
| 90 | -1,282 |
| 91 | -1,340 |
| 92 | -1,405 |
| 93 | -1,476 |
| 94 | -1,555 |
| 95 | -1,645 |

Fuente: Material de clase Vías de Comunicación II

3.2.1.4 Índice de serviciabilidad

La pérdida de serviciabilidad se refiere a la diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial y la serviciabilidad final, el método AASHTO determina los siguientes valores para índice de serviciabilidad.

$$Po = 4.2$$

Ecuación 4 - Índice de Serviciabilidad inicial para pavimentos flexibles

$$Po = 2.5 \text{ ó mas}$$

Ecuación 5 - Índice de serviciabilidad final para caminos principales

3.2.1.5 Desviación estándar

Para el conjunto de las desviaciones estándar (S_o) se presentan los valores comprendidos entre

Tabla 6 - Desviaciones estándar

| | |
|---------------------------|-----------|
| Para pavimentos flexibles | 0.40-0.50 |
| En construcción nueva | 0.35-0.40 |
| En sobre capas | 0.5 |

Fuente: Material de clase Vías de Comunicación II

3.2.1.6 Tránsito

Para la estimación del tránsito equivalente en ejes de 8.2 toneladas para ejes sencillos y 14.2 ton para ejes tándem, se debe realizar el conteo de vehículos que transitan el tramo, realizando el conteo en horas de tránsito. Un tránsito mixto está compuesto de vehículos de distinto peso y número de ejes equivalentes denominado ESAL:

$$f = \left(\frac{P}{8.2}\right)^n$$

Ecuación 6 - Factor equivalente de carga

Fuente: AASHTO

Donde:

f: factor de carga equivalente

P: carga por eje

n: exponente recomendado de 4.5

Tabla 7 - Conteo de vehículos

| FECHA | TIPO DE VEHICULO | | | | | | | TOTAL |
|------------------|------------------|-----------|-------|--------------|--------------|--------------|----------------|-------|
| | TURISMO | PICK - UP | BUSES | CAMION C - 2 | RASTRA C - 2 | CAMION C - 3 | RASTRA T3 - S2 | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| SUB TOTAL | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| PROMEDIO | | | | | | | | |

Fuente: Material de clase Vías de Comunicación II

Se emplea la fórmula de estimación del Tránsito Promedio Diario Proyectado (TPD)

$$TPD \text{ proyectado} = TPD * 365 * fd * fc * C$$

Ecuación 7 – Tránsito Promedio Diario Proyectado

Fuente: AASHTO

Donde:

TPD: Tránsito promedio diario

fd: Factor de distribución direccional

fc: Factor de distribución por carril

C: Factor de proyección a la vida útil

El factor de Distribución Direccional es el factor del total del flujo vehicular censado que va en una dirección.

Tabla 8 - Factor de distribución por dirección

| Número de carriles en ambas direcciones | f _D en % |
|---|---------------------|
| 2 | 50 |
| 4 | 45 |
| 6 o más | 40 |

Fuente: Material de clase Vías de Comunicación II

El factor de distribución por carril es el facto total del flujo Vehicular censado que va en un carril.

Tabla 9 - Factor de distribución por carril

| Número de carriles en una sola dirección | f _c |
|--|----------------|
| 1 | 1.00 |
| 2 | 0.80 – 1.00 |
| 3 | 0.60 – 0.80 |
| 4 | 0.50 – 0.75 |

Fuente: Material de clase Vías de Comunicación II

Para el cálculo del factor de proyección a la vida útil se emplea la ecuación:

$$C = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Ecuación 8 Factor de proyección a la vida útil

Fuente: Material de clase Vías de Comunicación II

Donde:

r: tasa de crecimiento anual

n: período de diseño en años

3.2.2 MÉTODO AASHTO PAVIMENTO RÍGIDO

A continuación, se presentan las variables necesarias para desarrollar este método.

- Subrasante: esta es caracterizada por el módulo de reacción de la subrasante K. Si la losa está apoyada en la subrasante el valor de K que se utilizará en el diseño es el mismo que

se obtiene de la subrasante. Pero si la losa está apoyada sobre una capa granular de subbase el valor de K incrementará.

- Tránsito: esta variable conlleva los mismos parámetros tanto para el pavimento rígido como para el pavimento flexible.
- Propiedades mecánicas de la losa de concreto
- Índice de serviciabilidad
- Condiciones ambientales y drenaje: el coeficiente de drenaje Cd para las capas de apoyo de la losa se seleccionan dependiendo del grado de exposición a la humedad del pavimento, calidad del drenaje. (Rondón Quintana, 2016)

Tabla 10 - Valores de Cd recomendados

| CARÁCTERÍSTICAS DEL DRENAJE | PORCENTAJE DEL TIEMPO QUE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTA A GRADOS DE HUMEDAD PRÓXIMA A LA SATURACIÓN | | | |
|-----------------------------|---|-----------|-----------|-------|
| | < 1% | 1%-5% | 5%-25% | > 25% |
| EXCELENTE | 1,25-1,20 | 1,20-1,15 | 1,15-1,10 | 1,10 |
| BUENO | 1,20-1,15 | 1,15-1,10 | 1,10-1,00 | 1,00 |
| REGULAR | 1,15-1,10 | 1,10-1,00 | 1,00-0,90 | 0,90 |
| POBRE | 1,10-1,00 | 1,00-0,90 | 0,90-0,80 | 0,80 |
| MUY MALO | 1,00-0,90 | 0,90-0,80 | 0,90-0,80 | 0,70 |

Fuente: AASHTO

- Confiabilidad
- Coeficientes de transferencia de cargas: este es un parámetro adimensional que toma en cuenta la capacidad que poseen los pasadores de una estructura de pavimento rígido de transferir las cargas de las zonas más propensas a falla. Para las juntas con pasadores el valor recomendado de J es 2.7 y 3.2, para juntas sin pasadores el valor de J puede llegar a 4.2 y 4.4, dependiendo si es losa confinada o no confinada.

Dimensiones de los pasadores y barras de anclaje. (Rondón Quintana, 2016)

3.3 TIPOS DE FALLAS EN EL PAVIMENTO3R FLEXIBLE

Las fallas son un indicativo del bajo o desfavorable rendimiento que posee un pavimento, también se puede definir como cualquier comportamiento no satisfactorio que esté próximo a fallar.

3.3.1 FISURAS Y GRIETAS

Las fisuras y grietas son fallas presentes en la capa asfáltica del pavimento flexible que se generan por diversos factores que se deben considerar en el diseño de este tipo de pavimentos.

3.3.1.1 *Fisura longitudinal*

El tránsito de la zona hace que la capa asfáltica presente flexiones, generando esfuerzos de tensión el extremo inferior, se pierde la rigidez y presenta deformaciones plásticas de tracción que forman micro fisuras que con el paso del tiempo y la exposición a las mismas consolidan una macro fisura, este tipo de agrietamiento provoca que la vida útil del pavimento se disminuya de manera exponencial ya que da paso a la filtración del agua y aire que disminuyen la capacidad portante de los materiales granulares y aumenta la humedad de la subrasante. (Rondón Quintana, 2016)



Ilustración 10- Esquema de fisura longitudinal

Fuente: Manual Centroamericano de mantenimiento de carreteras.

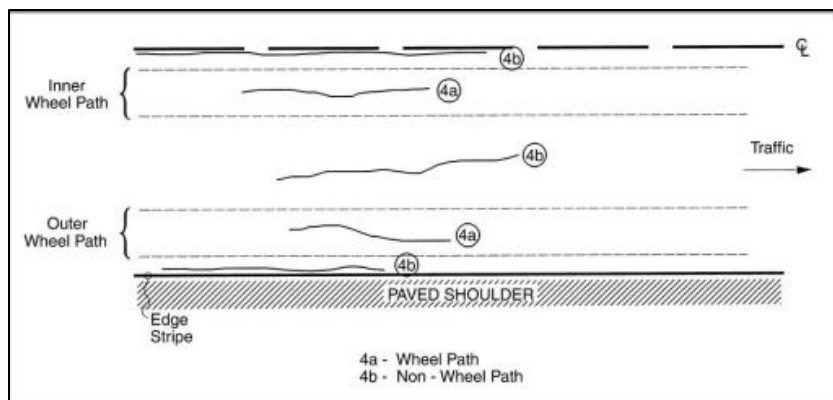


Ilustración 11 Diagrama nivel de gravedad para agrietamiento longitudinal

Fuente: Manual SHRP

3.3.1.1 Fisura transversal

Estas fisuras son el resultado de fenómenos térmicos y/o envejecimiento de la mezcla asfáltica. Entre los fenómenos térmicos se encuentra el agrietamiento por baja temperatura y la fatiga térmica; el agrietamiento por baja temperatura se produce cuando el esfuerzo interno es superior a la resistencia de la mezcla asfáltica, en el caso de la fatiga térmica los gradientes de temperatura que se generan cambian de manera cíclica y al ser mayores a la resistencia asfáltica. (Rondón Quintana, 2016)

Estas fisuras también son causadas por la reflexión de materiales estabilizados, riego de la liga insuficiente, espesor inadecuado de la capa asfáltica, envejecimiento del asfalto generando un comportamiento de dúctil a frágil del ligante y la mezcla asfáltica que presenta un incremento en su rigidez. Otras causas como ser un mal proceso constructivo, cambios de expansión y retracción de la subrasante, fallas geológicas en los tramos e insuficientes obras de drenaje hacen que se presenten fisuras que se expanden de arriba hacia abajo. (Rondón Quintana, 2016)



Ilustración 12 - Fisura transversal

Fuente: Material de clase Vías de Comunicación II

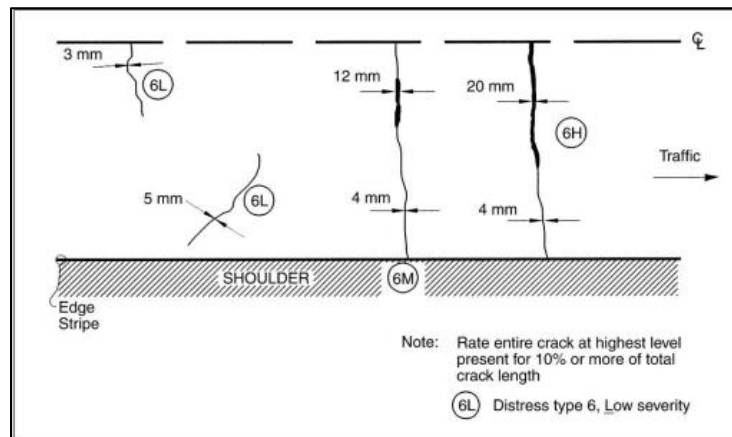


Ilustración 13 Diagrama nivel de gravedad para fisura transversal

Fuente: Manual SHRP

3.3.1.2 *Fisura piel de cocodrilo*

La fisura piel de cocodrilo se origina en la parte inferior de la capa asfáltica, debido a que es donde las deformaciones alcanzan su valor máximo producido por una carga, inicialmente las fisuras producidas se propagan de manera longitudinal paralelamente y por repetición de este efecto se interconectan formando un tipo de malla que se asemeja a la piel característica de los cocodrilos. Este tipo de falla se genera en áreas que están sometidas a tránsito si la base y la subbase son débiles este fisuramiento se acompaña de

ahuellamiento, esto indica que el pavimento ya no tiene la capacidad para soportar la carga de tránsito y ha llegado a su vida útil. (SIECA, 2010)

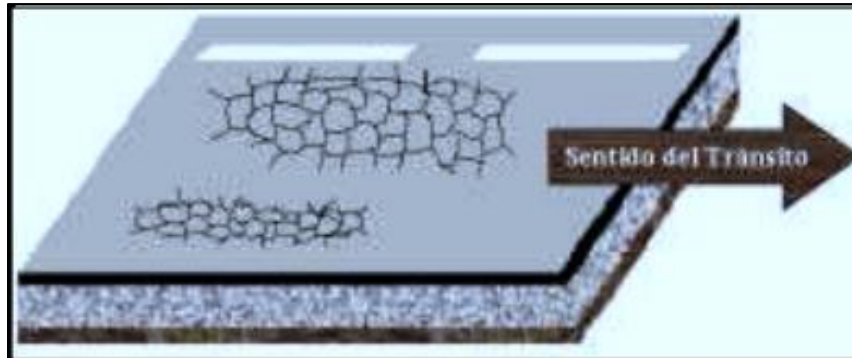


Ilustración 14-Esquema fisura piel de cocodrilo

Fuente: Manual Centroamericano de mantenimiento de carreteras.

3.3.1.3 *Fisuras en Bloque*

Este tipo de fisuras se presentan en áreas no afectadas por el tráfico, son causadas por la contracción de las mezclas asfálticas debido a las variaciones de temperatura. Esta falla también puede ser producida en pavimentos donde la base ha sido estabilizada con cemento portland, la presencia de fisuras también puede ser indicativo de que el asfalto está endurecido.



Ilustración 15- Esquema fisura en bloque

Fuente: Manual Centroamericano de mantenimiento de carreteras.

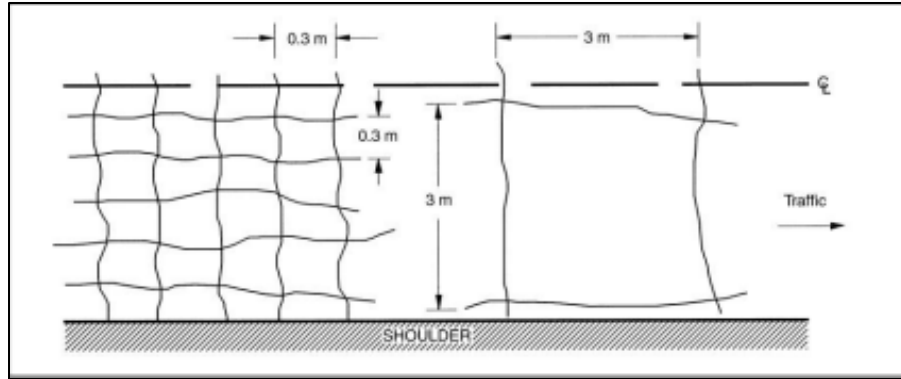


Ilustración 16 Diagrama nivel de gravedad para agrietamiento de bloque

Fuente: Manual SHRP

3.3.2 DEFORMACIONES SUPERFICIALES DE PAVIMENTO ASFALTICOS

El aumento de las cargas del tráfico es una de las principales causas de las deformaciones, adicionalmente la humedad también puede debilitar significativamente la estructura de pavimento generando deformaciones.

3.3.2.1 *Ahuellamiento*

Este fenómeno es una deformación vertical que con el tiempo se va acumulando el pavimento debido al paso repetitivo de las llantas, ocurre debido a que la mezcla asfáltica de baja rigidez sometidas a altas temperaturas, malos procesos constructivos y malos diseños de mezcla asfáltica. (Rondón Quintana, 2016)

Las cargas de tránsito conducen a deformaciones permanentes en las capas de la estructura de pavimento, resaltan de una compactación lateral de los materiales por defecto del tráfico, esto indica una insuficiencia estructural del pavimento o que la estabilización de la estructura es deficiente. (SIECA, 2010)



Ilustración 17 - Esquema Ahuellamiento

Fuente: Manual Centroamericano de mantenimiento de carreteras.

3.3.2.2 *Bache*

Este daño se produce por un desprendimiento de la capa asfáltica y deja a exposición la base granular, es un daño evolutivo de la falla conocida como piel de cocodrilo, existencia de zonas donde no se detecta el fallo geológico y la compactación de las capas granulares. (Rondón Quintana, 2016)

La severidad de los baches según Rondón Quintana (2016), se puede clasificar como:

- Bajo: no más de 2.5 cm de profundidad y el daño corresponde a las capas delgadas del pavimento como tratamientos superficiales, lechadas asfálticas y los micro aglomerados en caliente.
- Regular: entre 2.5 cm y 5 cm y está en exposición la capa granular.
- Alto: mayor a 5 cm puede presentar daño en la capa granular. PN

Causada por la desintegración de la superficie de rodadura, esta falla suele extenderse a otras capas de pavimento originando profundidades irregulares. Las posibles causas de la aparición de los baches son los espesores insuficientes, defectos constructivos y retención de aguas. (SIECA, 2010)

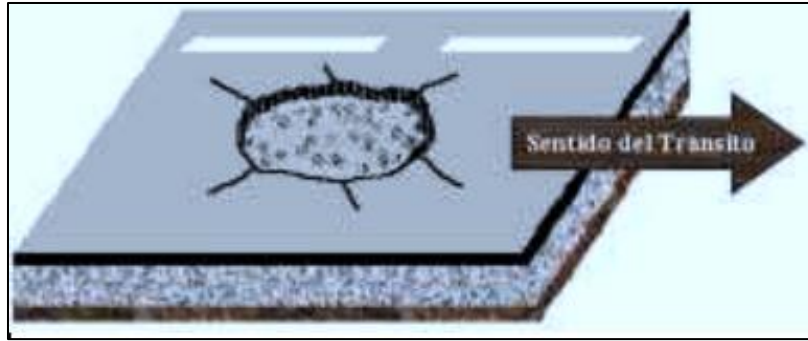
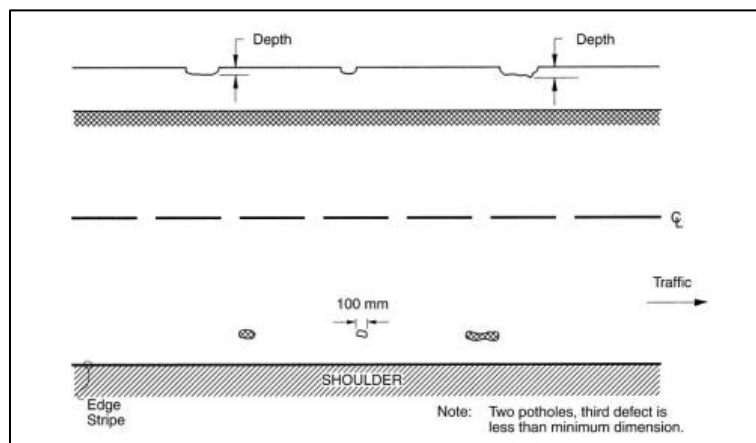


Ilustración 18 - Esquema Bache

Fuente: Manual Centroamericano de mantenimiento de carreteras.



Fuente: Manual SHRP

Ilustración 19 Diagrama nivel de gravedad para Baches

Fuente: Manual Centroamericano de mantenimiento de carreteras.

3.4 METODOLOGÍAS DE REPARACIÓN DE PAVIMENTOS

Las metodologías de reparación son procedimientos aplicados para recuperar las condiciones de servicio de la estructura vial, estos procedimientos varían según el tipo de daño presente en la estructura del pavimento con el fin de evitar que se reduzca la vida útil de la estructura

Antes de recuperar un pavimento se debe de tener en cuenta que no siempre se utilizará la misma metodología, por tanto, la estrategia que se deberá utilizar dependerá de la naturaleza del problema.

Salgado Mauricio (2012), señala que: "Un pavimento puede tener problemas estructurales y funcionales. Los primeros, de alguna manera persiguen corregir las deficiencias en la estética, los estructurales por fatiga se presentan por una exigencia superior en carga respecto al diseño". (p.17).

3.4.1 SELLO DE FISURAS Y GRIETAS

Este tipo de reparación es una actividad que se realiza en el mantenimiento preventivo y se realiza cuando el pavimento se ve afectado por fisuras, las cuales pueden estar presentes en formas longitudinales o transversales. Consiste en permeabilizar las capas que conforman la estructura de pavimento, lo cual evita que se produzcan otras fallas como la de piel de Cocodrilo y seguido a eso la formación de los baches. (Secretaría de Integración Económica Centroamericana, 2010)

3.4.1.1 *Procedimiento de sello de fisuras y grietas*

- i. Se deberá de identificar la ubicación de las grietas.
- ii. Limpieza del área a realizar el sellado.
- iii. Aplicación del material sellante, al colocarse el asfalto sobre la grieta no se debe de permitir la formación de charcos o una sobre colocación de material.
- iv. Colocación de la capa de arena, una vez aplicado el material sellante sobre la grieta se debe de esparcir una capa delgada de arena fina, esto servirá como material secante.

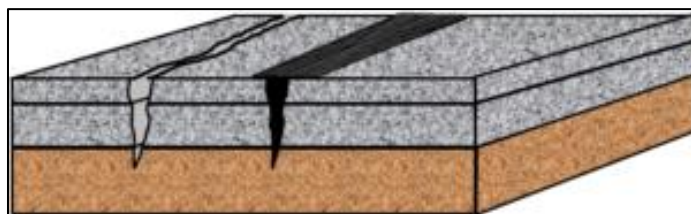


Ilustración 20 - Sello de fisuras y grietas

Fuente: Manual Centroamericano de mantenimiento de carreteras.



Ilustración 21 - Procedimiento sellado de grietas



Ilustración 22 - Sellado de grietas

Fuente: (SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURA Y TRANSPORTE, 2014)

3.4.2 REPARACIÓN DE ÁREAS DE FALLA (BACHEO PROFUNDO)

Este tipo de áreas inestables son tratadas independientemente que sean producidas por problemas en la capa de rodadura, saturación del suelo o por colocación de material inadecuado.

En función del área a ser tratada el procedimiento de ejecución para la reparación debe de ser el siguiente: Se deberá de identificar el área afectada y esta debe de ser marcada verificando que toda la zona dañada sea cubierta. Se realizará la excavación hasta alcanzar los niveles donde se encuentra el material estable. La superficie inferior de la excavación

debe de ser rellenada y compactada, seguido a eso se realiza el riego asfáltico dependiendo del espesor necesario para que esté al mismo nivel de la superficie de rodadura existente. La forma en cómo se fabricará el concreto asfáltico será a criterio del supervisor. (Secretaría de Integración Económica Centroamericana, 2010)



Ilustración 23 - Reparación de áreas de falla (Bacheo profundo)

Fuente: (SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURA Y TRANSPORTE, 2014)

3.4.3 BACHEO SUPERFICIAL

Esta reparación puede realizarse de forma manual o utilizando maquinaria, se puede realizar con mezcla en frío o en caliente, tomando en cuenta que el espesor debe de ser como máximo al nivel de la superficie de rodadura existente. (Secretaría de Integración Económica Centroamericana, 2010)

3.4.3.1 *Procedimiento de bacheo superficial*

- i. Marcar la zona afectada y proceder con la excavación. El proceso de excavación debe de realizarse cortando las paredes del pavimento de manera que queden parejas y verticales. Una vez finalizada la excavación debe de compactarse y eliminar el material suelto.
- ii. Colocación de la mezcla asfáltica: se deberá de colocar el material a mano en una o dos capas que contengan un espesor similar, no se permite la segregación de material (Secretaría de Integración Económica Centroamericana, 2010)



Ilustración 24 - Marcaje y excavación

Fuente: (Instituto Costarricense del cemento y del concreto, 2013)



Ilustración 25 - Colocación mezcla asfáltica

Fuente: (Instituto Costarricense del cemento y del concreto, 2013)

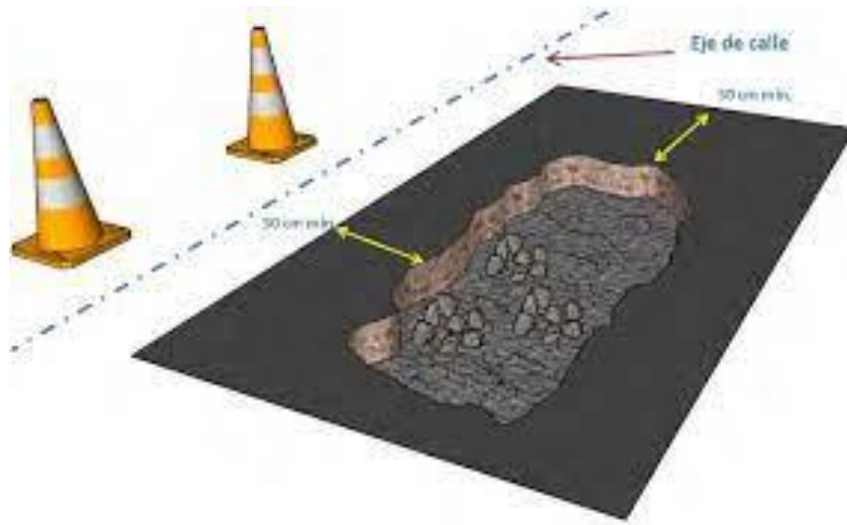


Ilustración 26- Bacheo superficial

Fuente: (Instituto Costarricense del cemento y del concreto, 2013)

3.4.4 COLOCACIÓN DE CAPA ASFÁLTICA DE REFUERZO EN FRÍO O CALIENTE

Consiste en colocar la mezcla asfáltica en frío o en caliente, tomando en cuenta que el espesor de esta capa no debe de ser menor a 5 cm. (Secretaría de Integración Económica Centroamericana, 2010)

3.4.4.1 *Procedimiento de colocación de capa asfáltica de refuerzo en frío o caliente*

- I. Se extenderá la mezcla asfáltica de manera uniforme a lo largo de la falla y sin dejar sobresaltos.
- II. Se deberá de compactar en forma continua.
- III. Se corregirán los desplazamientos producidos.
- IV. Se aplicará una capa de liga de curado rápido.

(Secretaría de Integración Económica Centroamericana, 2010)



Ilustración 27 - Colocación de capa asfáltica

Fuente: (Universidad de Costa Rica, 2015)



Ilustración 28 - Compactación capa asfáltica

Fuente: (Universidad de Costa Rica, 2015)

3.5 MANTENIMIENTO

Las estructuras de pavimento se ven afectadas por las cargas provenientes de los vehículos y el deterioro causado por las acciones climáticas. Debido a esto es necesario brindar obras de mantenimiento con el fin de restaurar las características originales.

Dentro de las actividades correspondientes al mantenimiento y conservación se clasifican en: mantenimiento preventivo y periódico. Cabe resaltar que en caso de que estos

mantenimientos ya no sean una solución para la mejora de la estructura de pavimento se deberán de realizar trabajos de rehabilitación, reconstrucción y mejoramiento. (Bañón & Beviá García, 2000)

3.5.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El objetivo principal del mantenimiento preventivo es la reparación inmediata de las diferentes fallas como: Piel de Cocodrilo, fisuras de bloque, longitudinales, transversales, entre otras. Las actividades realizadas por el mantenimiento preventivo se ejecutan permanentemente para mantener en estado óptimo cada uno de los elementos viales. (Secretaría de Integración Económica Centroamericana, 2010).

La implementación del sistema preventivo abarca intervenciones como:

- I. Tratamientos asfálticos.
- II. Micro carpetas.
- III. Sobre carpetas asfálticas.
- IV. Fresado de pavimentos bituminosos.

Estas intervenciones son consideradas como mantenimiento periódico, esto a que su aplicación puede realizarse en intervalos de un año. (Secretaría de Integración Económica Centroamericana, 2010)



Ilustración 29 - Sello de fisuras

Fuente: (GEOC XXI, 2022)

3.5.1 MANTENIMIENTO PERIÓDICO

Este tipo de mantenimiento normalmente se aplica para brindar tratamiento o renovación de la superficie. Para el tratamiento de la superficie se busca reestablecer ciertas características de la superficie, pero sin que se implique un refuerzo estructural. En cuanto a la renovación de la superficie se refiere al colocar una capa adicional de sobre el pavimento, pero sin realizar alteraciones a la estructura inferior. (Material de clase Vías de Comunicación II)



Ilustración 30 - Colocación de capa asfáltica de refuerzo

Fuente: (Heredia, J, 2022)

3.5.2 RECONSTRUCCIÓN

Es la renovación de forma completa de la estructura del camino previa a la demolición parcial de la estructura. Tiene como principal objetivo es remediar las fallas que han sido provocadas por un descuido prolongado y esta se llevará a cabo cuando la rehabilitación ya no es posible de ejecutar. (Material de clase Vías de Comunicación II)

La reconstrucción se puede realizar de forma parcial o total, la forma parcial se llevará a cabo cuando únicamente una parte de la estructura de pavimento se ve afectada. (Bañón & Beviá García, 2012)



Ilustración 31 - Reconstrucción

Fuente: (EL HERALDO, 2022)

3.5.3 MEJORAMIENTO

Son las mejoras relacionadas con el ancho, alineamiento, la curvatura o la pendiente longitudinal, también se incluyen los trabajos de renovación de la superficie y la rehabilitación. Tiene como objetivo principal el aumentar la capacidad del camino. (Material de clase Vías de Comunicación II)



Ilustración 32 - Adición tercer carril

Fuente: (EL HERALDO, 2022)

3.6 REHABILITACIÓN

La rehabilitación del pavimento es una reparación selectiva que se realiza previamente a la demolición la estructura existente. Este tipo de mantenimiento se realiza cuando la estructura está demasiado deteriorada y que ya no cuente con la capacidad de soportar una mayor cantidad de tránsito. (Material de clase Vías de Comunicación II).

En algunos casos la rehabilitación estructural consiste en brindar un refuerzo al pavimento con el de acondicionar la superficie existente y extender las capas para brindar una mayor resistencia y por lo tanto alargar la vida útil de la estructura. (Bañón & Beviá García, 2012)

Según (Acuario, 2013): La rehabilitación estructural debe apuntar a conseguir el máximo beneficio a partir del valor residual del pavimento existente. Siendo la densificación (o consolidación) de los materiales granulares una forma de mejorar la calidad del material.

Existen diversos tipos de rehabilitación estructural:

- Reconstrucción total: Implica botar el material existente y construir uno nuevo.
- Construcción de capas adicionales: Recapados asfálticos de gran espesor, que generan un cambio muchas veces en las cotas de superficie, dando problemas de drenaje o accesos.
- Reciclado profundo: Reciclado in-situ con reciclado en planta, en la que el material reciclado se acopia y luego se trata en planta para colocarlo posteriormente



Ilustración 33 - Rehabilitación

Fuente: (Reyes, 2022)

Es importante estudiar cada una de las opciones mencionadas anteriormente para determinar la adecuada para cada situación dependiendo del costo y la efectividad requerida.

3.6.1 METODOLOGÍA DE REHABILITACIÓN

(Acuario, 2013) menciona que una rehabilitación para pavimento se establece dependiendo de las condiciones que presenta el pavimento. Para realizar una rehabilitación hay que tomar en cuenta los siguientes factores:

- Vida útil de la obra.
- Tipo de financiamiento.
- Estándar de calidad.

Para la ejecución de una rehabilitación se deben de desarrollar los pasos que se presenta a continuación:

- Adquisición de datos: para este apartado se debe de contar con la información general del lugar donde se realizará la rehabilitación. (Acuario, 2013)
- Investigaciones preliminares: el objetivo de este paso es poder identificar las secciones homogéneas que también presenten un deterioro. De igual forma ayudará a obtener un control de las fallas que están presentes en la estructura de pavimento. (Acuario, 2013)
- Opciones preliminares de diseño: se deberá de analizar todas las posibles alternativas, las cuales pueden ser: recapeos, bacheos profundos o superficiales. (Acuario, 2013)
- Método de diseño: la selección del método a utilizar para el diseño es importante para definir la aplicabilidad ya que para cada método esta variará. Los posibles métodos son: Instituto de Asfalto, Asociación Americana del Cemento Portland (PCA), American Association of State Highway and Transportation (AASHTO). (Acuario, 2013)
- Diseño de mezclas en laboratorio para materiales reciclados: para esto se deberá de evaluar la factibilidad de la solución, el costo y las propiedades fisicoquímicas.
- Diseño final de la estructura: con la información recolectada se procede a realizar el diseño de la estructura de pavimento, refiriéndose al espesor la base, subbase y capa de asfalto. (Acuario, 2013)

3.6.2 RECICLAJE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

(Montejo, 2006) menciona que existen tres tipos de metodologías para pavimentos flexibles, los cuales deben de cumplir con ciertas características y denominaciones, las cuales se detallarán a continuación:

- Reciclaje superficial: este consiste en realizar un retratamiento de la superficie del pavimento con espesores bajos, esto solo si el deterioro que está presente en el pavimento no se debe a deficiencias estructurales. (Montejo, 2006)
- Reciclaje in situ: este tipo de reciclaje se desarrolla en frío, y consiste en rehabilitar el pavimento asfáltico a una profundidad de 2.5 cm. El espesor debe de ser escarificado y el material que es trozado deberá de ser triturado hasta lograr un tamaño adecuado, para luego ser mezclado con un porcentaje de agregado nuevo. Para este procedimiento los aditivos más utilizados son: cementos portland, cal y emulsiones asfálticas. (Montejo, 2006)



Ilustración 34 Triturado de material

Fuente: («Reciclado con emulsión asfáltica», s. f.)

- Reciclaje en planta: es denominado también como reciclaje en caliente, el procedimiento de este tipo de reciclaje consiste en escarificar el espesor deseado del pavimento existente y transportar el material trozado a una planta en la que será triturado y clasificado por su tipo de granulometría. Dependiendo a como está compuesto el material viejo se deberá de reconstruir en caliente el material nuevo basado en el diseño. (Montejo, 2006)



Ilustración 35 Planta para trituración

Fuente: («Reciclado con emulsión asfáltica», s. f.)

IV. METODOLOGÍA

4.1 ENFOQUE

La presente investigación se realizará mediante el planteamiento metodológico del enfoque mixto ya que este se adapta a las necesidades para la resolución del problema.

Sampieri y Mendoza (2015) afirma:

“Los métodos mixtos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias, producto de toda la información recabada y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio” (p.534)

De este enfoque mixto se utilizará la técnica de investigación de caso de estudio para describir la problemática del Mantenimiento Correctivo del Pavimento del Anillo periférico del Municipio del Distrito Central, Tramo Mega Larach Periférico hasta Residencial Ciudad Jardín.

La primera etapa cualitativa consistirá en detallar la situación del estado actual del anillo periférico tomando como referencia el tramo Mega Larach Periférico hasta Residencial Ciudad Jardín, investigación fotográfica y visitas de campo para determinar el tipo de fallas que se presentan. Los resultados de esta etapa serán útiles para desarrollar una segunda fase cuantitativa para determinar el costo para realizar la rehabilitación del tramo.

4.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

A continuación, se presentan las variables dependientes e independientes las cuales se evaluarán durante el desarrollo de la investigación.

Estas variables varían según el tipo de resultado esperado en el desarrollo de la investigación, presentando como variables independientes las causas y variables dependientes el efecto

(Sampieri, 2014) afirma: "La variable independiente resulta de interés para el investigador, ya que hipotéticamente será una de las causas que producen el efecto supuesto." (p. 130).

Clasificación de fallas

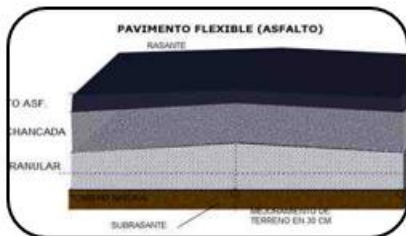


Rehabilitación

Rehabilitación



Última intervención con mantenimiento



Diseño de la estructura de pavimento

Diseño de la estructura



Tipo de pavimento



Tipo de tráfico vial



Datos generales del proyecto



Factores meteorológicos

4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

Para determinar el mantenimiento correctivo del pavimento del tramo del anillo periférico desde Mega Larach Periférico hasta Residencial Ciudad Jardín se emplearon diversas técnicas e instrumentos mencionados a continuación.

4.3.1 INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Sampieri define (2012), define: "La investigación de campo es aquella que se refiere a la recolección de datos en base a un registro sistemático, válido, confiable de comportamientos y situaciones que pueden ser observables."

La investigación de campo se realizó con el fin de cualificar el estado actual en que se encuentra el anillo periférico y tomar un tramo de estudio para llevar a cabo el proceso de investigación y posteriormente el diseño.

4.3.1.1 *Recorrido*

El recorrido se realizó con el fin de observar que tramos se encontraban en mal estado del pavimento del anillo periférico y poder seleccionar el tramo a estudiar.



Ilustración 36 - Selección del tramo

4.3.1.2 *Recopilación fotográfica*

Una vez seleccionado el tramo se realizó la recopilación fotográfica de las fallas en el tramo de estudio, con el fin de poder identificar el tipo de fallas que se presentan en el tramo y cualificar el daño de estas.



Ilustración 37 - Recopilación fotográfica del tramo

4.3.1.3 *Visita de campo*

Como parte de reconocimiento de las actividades de mantenimiento correctivo se realizó una visita técnica en el Bulevar Fuerzas Armadas para conocer el tipo de metodología de reparación de fallas que se utilizaron en la reparación de diversas fallas.



Ilustración 38 - Bacheo profundo

4.3.1.4 *Investigación de fuentes secundarias*

Como fuentes secundarias de consulta para el desarrollo de la investigación

4.3.1.5 *Buscadores académicos, científicos, gubernamentales utilizando computadoras*

Para el desarrollo del planteamiento del problema y en función de describir el entorno en el cual se basa la investigación se utilizaron diversos buscadores con el fin de dar un contexto de la situación actual del tramo.

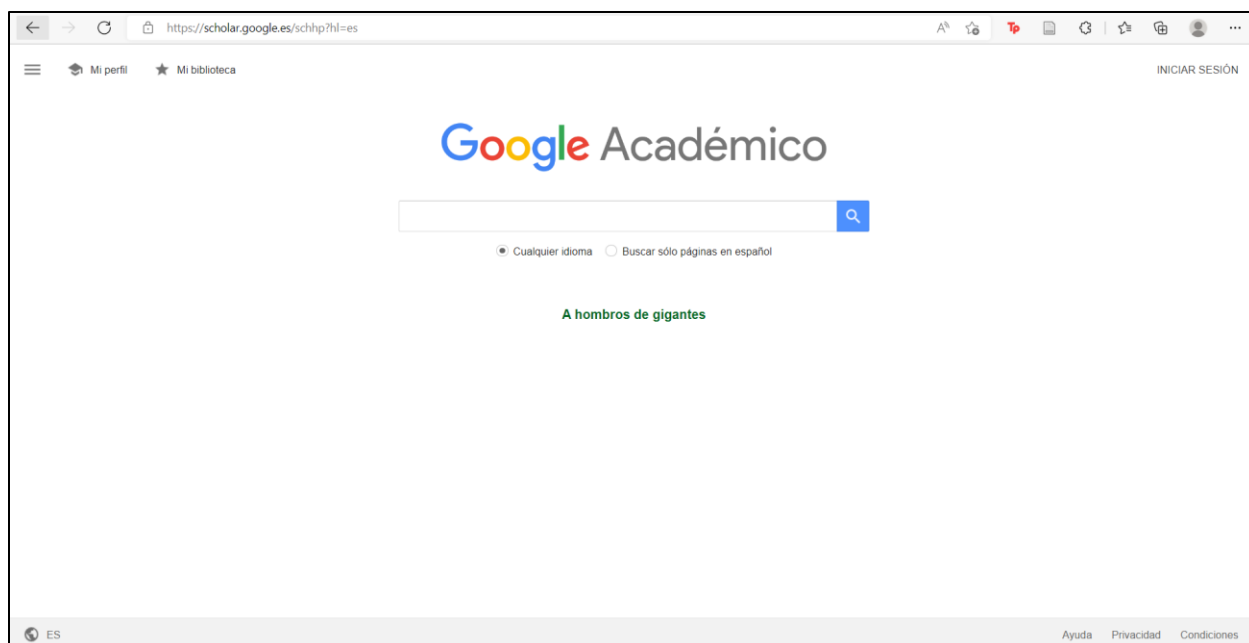


Ilustración 39 - Buscador Google Academic

4.3.1.6 Bibliotecas virtuales

Se utilizó la plataforma virtual de Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI) para la consulta de material bibliográfico relacionado con los temas de pavimentos y su mantenimiento.

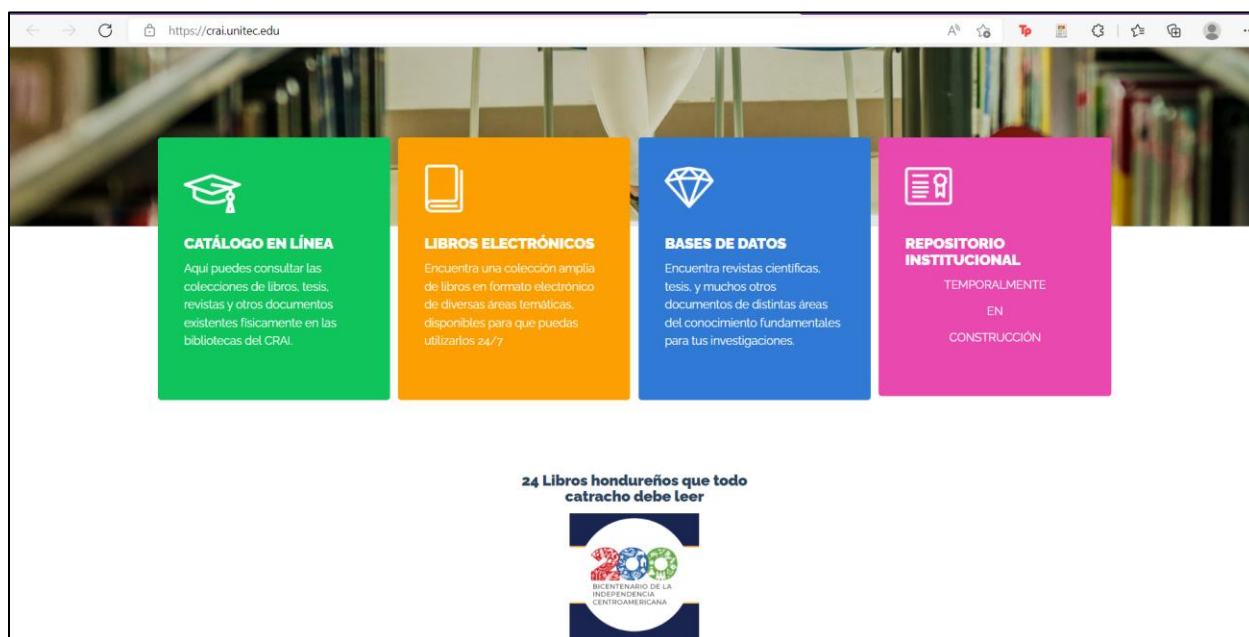


Ilustración 40 - Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación

4.3.1.7 Documentos de Vías de Comunicación II

Estos documentos se utilizaron como guía para la consulta de información complementaria para el desarrollo de temas de investigación.

4.3.1.8 Manuales de diseño

Se utilizaron los manuales de diseño para identificar los tipos de fallas y determinar el tipo de mantenimiento requerido. Los manuales utilizados son:



Ilustración 41 - Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras - SIECA

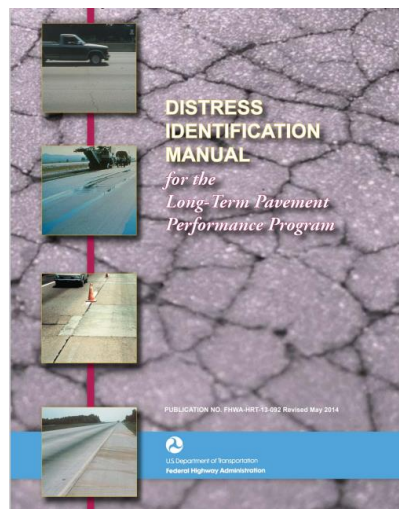


Ilustración 42 - Manual de Identificación de Fatiga - Departamento de Transporte de Estados Unidos

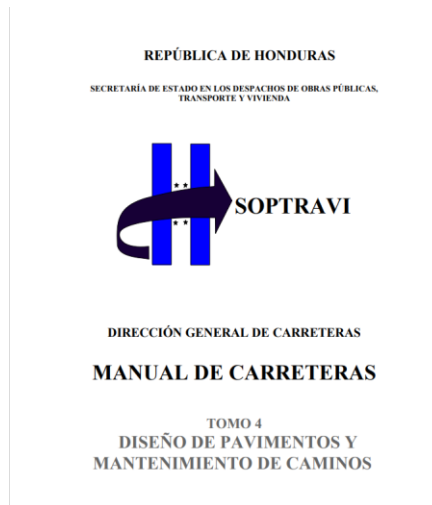


Ilustración 43 - Manual de Carreteras, Diseño de Pavimento y Mantenimiento de Caminos, SOPTRAVI

4.3.1.9 *Visita Alcaldía Municipio del Distrito Central*

Se realizó una visita a la Alcaldía Municipal del Distrito Central para obtener información acerca de las diversas gerencias que están involucradas en dar mantenimiento a la red vial del Distrito Central con el fin de conocer los tramos que estarían siendo intervenidos y como se lleva a cabo el proceso de mantenimiento o rehabilitación según el tipo de falla que puede presentar el tramo.

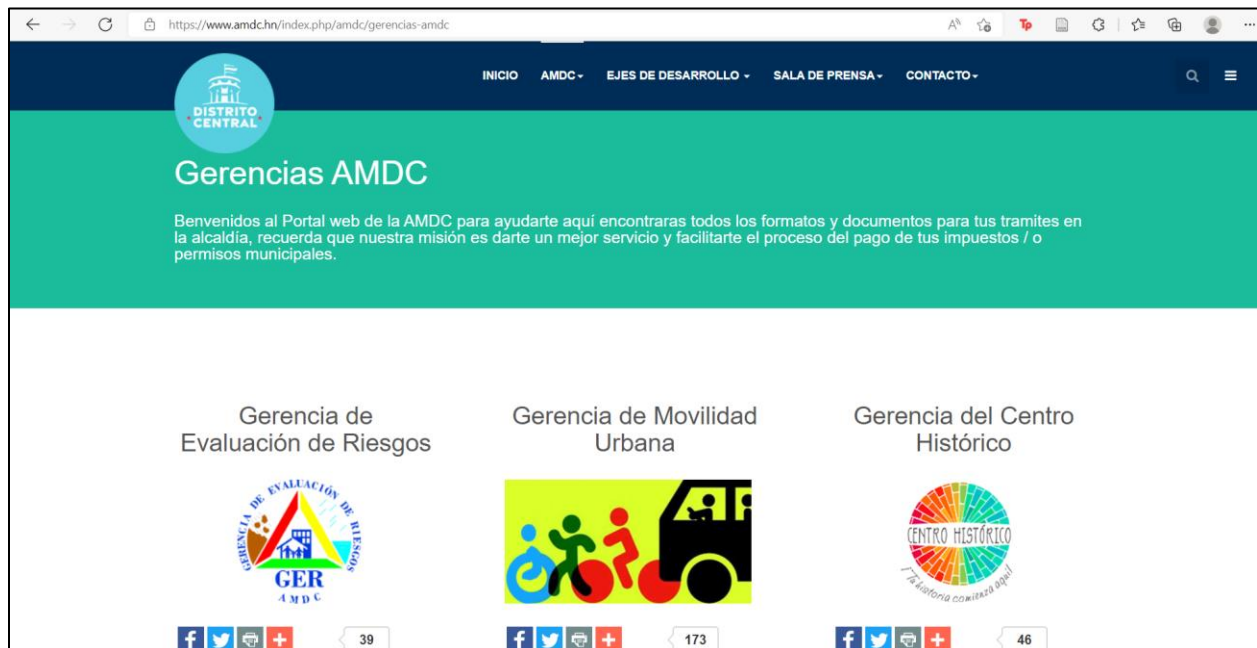


Ilustración 44 - Pagina web Alcaldía Municipal del Distrito Central

4.3.1.10 Visita a la Gerencia de Movilidad Urbana

La gerencia de Movilidad Urbana es la encargada de organizar y dar permisos de actividades que sean de uso del sistema vial que junto con la sección de Ingeniería de Transporte son las encargadas de manejar la gestión del tráfico durante se brinda el mantenimiento al sistema vial.



Ilustración 45 - Frentes de trabajo en la red vial de la capital

Fuente: Alcaldía Municipal de Distrito Central

4.4 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

En este apartado se detallan los procesos, técnicas y estrategias metodológicas a seguir para el desarrollo de la investigación y el diseño de pavimento flexible para el tramo Mega Larach Periférico – Residencial Ciudad Jardín.

4.4.1 DATOS GENERALES

Se realizó la recopilación de los datos generales como parte de la investigación con el fin de conocer los aspectos más relevantes

4.4.1.1 Ubicación

El tramo seleccionado para la investigación está ubicado en el anillo periférico tomando como estación 0+000 en Mega Larach periférico hasta la estación 0+300 en la entrada a Residencial Jardín.



Ilustración 46 - Tramo de investigación

Fuente: Google Earth

4.4.1.2 Tipo de pavimento

Al realizar la visita de campo e inspección in situ se observó que la estructura que posee la obra corresponde a un pavimento flexible.

4.4.1.3 Tipo de obra

El uso que se le brinda a esta estructura de pavimento es de una autopista urbana de alto tráfico.

4.4.1.4 Fecha de construcción del proyecto

El anillo periférico del Municipio del Distrito Central fue construido en 1996, realizado en tres distintas etapas. (Infraestructura y Servicios Públicos, 2012).

4.4.1.5 Última intervención con mantenimiento.

La última intervención con mantenimiento que se realizó en el anillo periférico fue en el 2019 por parte de la Gerencia de Control y Seguimiento de la Alcaldía Municipal del Distrito Central.

En el presente año se han realizado actividades de mantenimiento preventivo relacionadas con el bacheo superficial y profundo al inicio del tramo.



Ilustración 47 - Actividades de mantenimiento preventivo frente a Mega Larach Periférico

4.4.2 CLASIFICACIÓN DE FALLAS

Se realizó la clasificación mediante dos etapas, la primera por medio de una inspección in situ para determinar el deterioro presente en la estructura de pavimento.

4.4.2.1 Cualificación del daño utilizando normas técnicas e inspección in situ

Mediante el uso del manual SHRP e información recopilada mediante la investigación fotográfica realizada en la inspección in situ se determinó el nivel de gravedad de las distintas fallas encontradas en el tramo.



Ilustración 48 Fallas localizadas en el tramo

4.4.2.2 Cuantificación del daño utilizando herramientas para la medición y hoja electrónica de cálculo

A través de una hoja de cálculo se clasificó la gravedad de las fallas dividiéndola en 3 niveles: alto, moderado y bajo.

4.4.3 DISEÑO DE REHABILITACIÓN

Debido al deterioro presentado en la estructura de pavimento y el periodo para el cual ha sido diseñada ha finalizado, aplicando el Método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos flexibles se propone el diseño para la nueva estructura del pavimento para el tramo de Mega Larach Periférico – Residencial Ciudad Jardín.

4.4.3.1 Datos meteorológicos

La precipitación pluvial en Tegucigalpa entre los años 2016-2020 un promedio de 76.78 mm anuales presentando en el 2020 la mayor precipitación pluvial de 105.75mm.

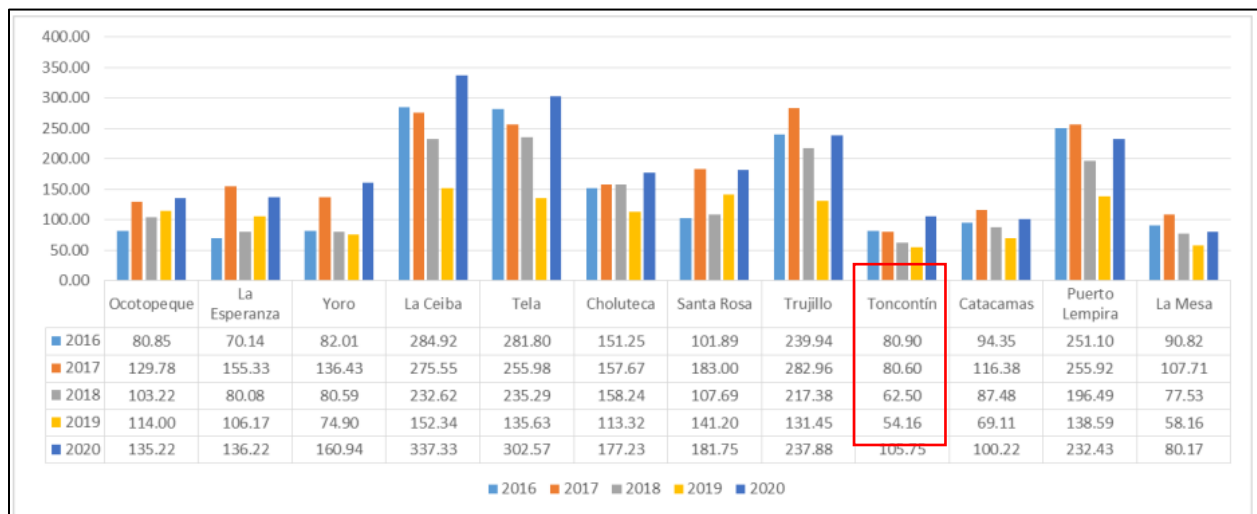


Gráfico 4 - Precipitación pluvial anual por estación

Fuente: (Precipitación Pluvia 2016 - 2020, s. f.)

En el transcurso del 2022 se registra una mayor precipitación pluvial en el mes de junio con 123mm y un pronóstico de 127 mm en el mes de septiembre con tendencia a disminuir esta precipitación en los meses finales del año, el promedio de días lluviosos es de 28.7 días de lluvias.

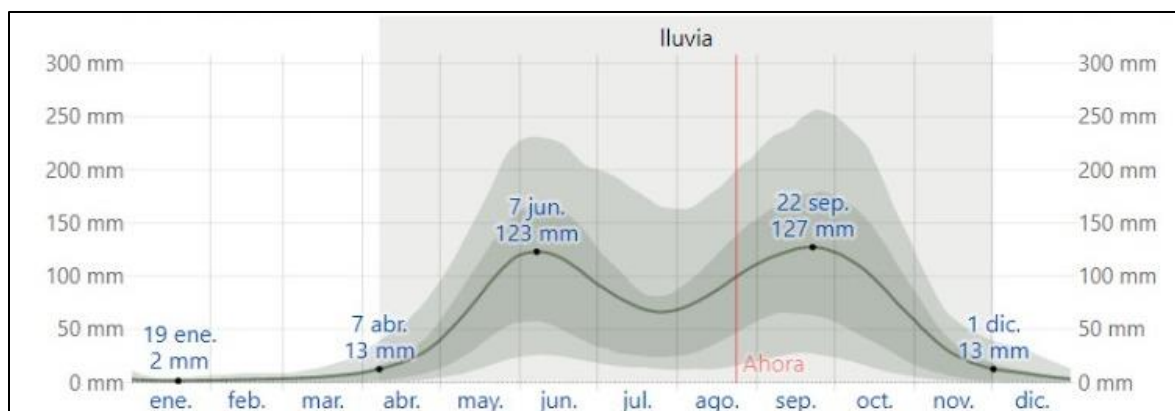


Gráfico 5 - Precipitación en Tegucigalpa 2022

Fuente: (El clima en Tegucigalpa, el tiempo por mes, temperatura promedio (Honduras) - Weather Spark, s. f.)

4.4.3.1 Temperatura

El municipio del Distrito Central en el período 2016-2020 registró una temperatura promedio de 28.18 °C. (Boletín-Temperatura-Honduras-2016-2020.pdf, s. f.)

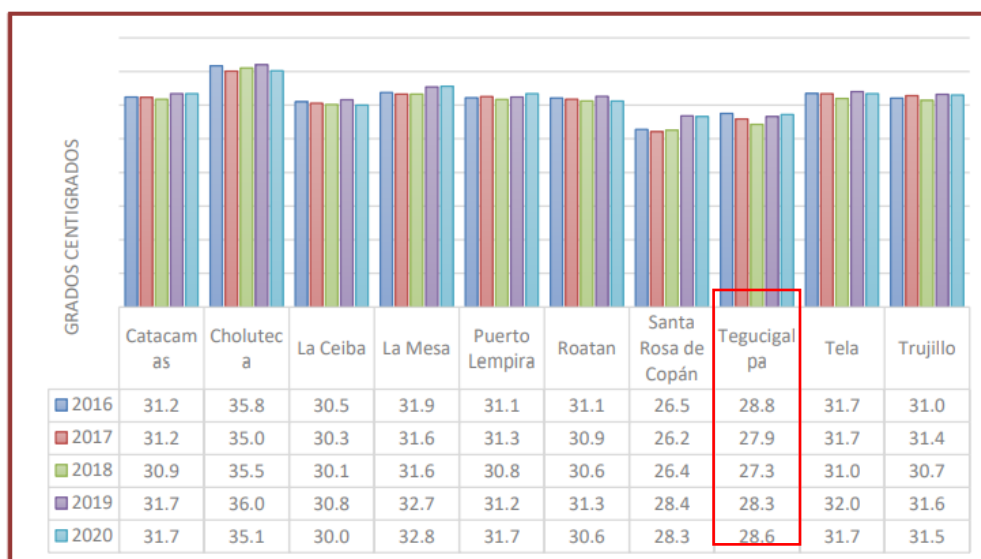


Gráfico 6 - Temperatura promedio 2016 - 2020

Fuente: Instituto Nacional de Estadística Boletín Temperatura Honduras-(2016-2020.pdf, s. f.)

El municipio del Distrito Central registró una temperatura máxima entre marzo, abril y mayo de 29°C a 30°C con un promedio de temperatura de 24°C.

Tabla 11 - Promedio de temperatura 2022

| | | | | | | | | | | | | |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Promedio | ene. | feb. | mar. | abr. | may. | jun. | jul. | ago. | sep. | oct. | nov. | dic. |
| Máxima | 26 °C | 27 °C | 29 °C | 30 °C | 29 °C | 28 °C | 28 °C | 28 °C | 28 °C | 27 °C | 26 °C | 25 °C |
| Temp. | 20 °C | 21 °C | 22 °C | 24 °C | 24 °C | 23 °C | 22 °C | 23 °C | 22 °C | 22 °C | 21 °C | 20 °C |
| Mínima | 15 °C | 15 °C | 16 °C | 18 °C | 19 °C | 19 °C | 18 °C | 18 °C | 18 °C | 18 °C | 17 °C | 16 °C |

Fuente: El clima en Tegucigalpa, el tiempo por mes, temperatura promedio (Honduras) - Weather Spark, s. f.)

4.4.3.2 Tráfico vehicular

El tránsito promedio Diario (T.P.D) se define como el volumen de vehículos que circula por el tramo en un tiempo determinado, esta demanda puede variar durante la hora del día. Este se determinó realizando un conteo de vehículos en una hora

Tabla 12 - Conteo de vehículos

| | | Turismo | Pick-up | Buses | Camión C-2 | Camión C-3 | Rastra T3-S2 | Sub Total |
|------------------------------|---------|---------|---------|-------|------------|------------|--------------|-----------|
| Cantidad de vehículos toma 1 | 8:10 AM | 1615 | 168 | 11 | 49 | 13 | 7 | 1907 |
| Cantidad de vehículos toma 2 | 9:10 AM | 1160 | 250 | 30 | 75 | 11 | 10 | 1566 |

| | Turismo | Pick-up | Buses | Camión C-2 | Camión C-3 | Rastra T3-S2 | Total |
|----------|---------|---------|-------|------------|------------|--------------|-------|
| Promedio | 1388 | 209 | 21 | 62 | 12 | 9 | 1737 |

4.4.3.3 Cálculo de Tránsito promedio diario proyectado (ESAL)

Se determinó el peso de los ejes equivalentes de los vehículos identificados en el conteo, presentados en Tabla 13 para posteriormente determinar el ESAL (hoy).

Tabla 13 - Ejes equivalentes

| EJES | | | | | | |
|----------------|----------------|------------------------|--------------|----------------------|-----------------------|------------|
| Vehículos | Sencillo (Ton) | Sencillo trasero (Ton) | Tándem (Ton) | Tándem Trasero (Ton) | Suma peso bruto (Ton) | Dato (ton) |
| Turismo | 0.7203 | 0.9947 | | | 1.715 | 1.715 |
| Pick up | 1.26714 | 1.74986 | | | 3.017 | 3.017 |
| Buses | 9.60736 | 7.54864 | | | 17.156 | 17.156 |
| Camión C-2 | 6.125 | 11.375 | | | 17.5 | 17.5 |
| camión C-3 | 6.5 | | 19.5 | | 26 | 26 |
| Rastra T3 - S2 | 5.88 | | 18.06 | 18.06 | 42 | 42 |

Con los datos obtenidos del peso de los ejes equivalentes y aplicando la Ecuación 6 - Factor equivalente de cargase determinó el dato de ESAL (hoy), tomando en consideración que el mayor tráfico vehicular se produce durante 16 horas al día para el cálculo del conteo.

Tabla 14 - Cálculo de ESAL (hoy)

| ESAL | | | | |
|----------------|--------|--------|-------------------|------------------|
| Vehículos | Conteo | fs | ft | ESAL |
| Turismo | 22200 | 0.0001 | 0.0000 | 2.0659 |
| Pick up | 3344 | 0.0012 | 0.0000 | 3.9530 |
| Buses | 328 | 2.7287 | 0.0000 | 895.0121 |
| Camión C-2 | 992 | 4.6304 | 0.0000 | 4593.3263 |
| Camión C-3 | 192 | 0.3515 | 4.1673 | 867.6194 |
| Rastra T3 - S2 | 136 | 0.2239 | 5.9015 | 833.0529 |
| | | | ESAL (HOY) | 7195.0297 |

El cálculo de ESAL vida útil se realizó utilizando la Ecuación 7, donde se consideraron los factores establecidos en la Tabla 8 para el FD y en la Tabla 9 FC considerando que se trata de una autopista de dos carriles en una dirección.

El factor de proyección de vida útil se determinó mediante la Ecuación 8 se consideró una tasa de crecimiento anual del 8% y el periodo de diseño de 20 años.

Con cada uno de los parámetros anteriormente descritos y aplicando la Ecuación 7 se obtuvo el correspondiente al ESAL (vida útil) presentado en la Tabla 15.

Tabla 15 - ESAL Vida útil

| Datos | |
|------------------------|-----------------------|
| Carriles por dirección | 2 |
| Tasa % | 8% |
| Periodo de diseño | 20 |
| ESAL | 7195.0297 |
| C | 45.7620 |
| FD | 0.5000 |
| FC | 0.9 |
| ESAL Vida Útil | 54,080,740.143 |

4.4.3.4 Método AASHTO

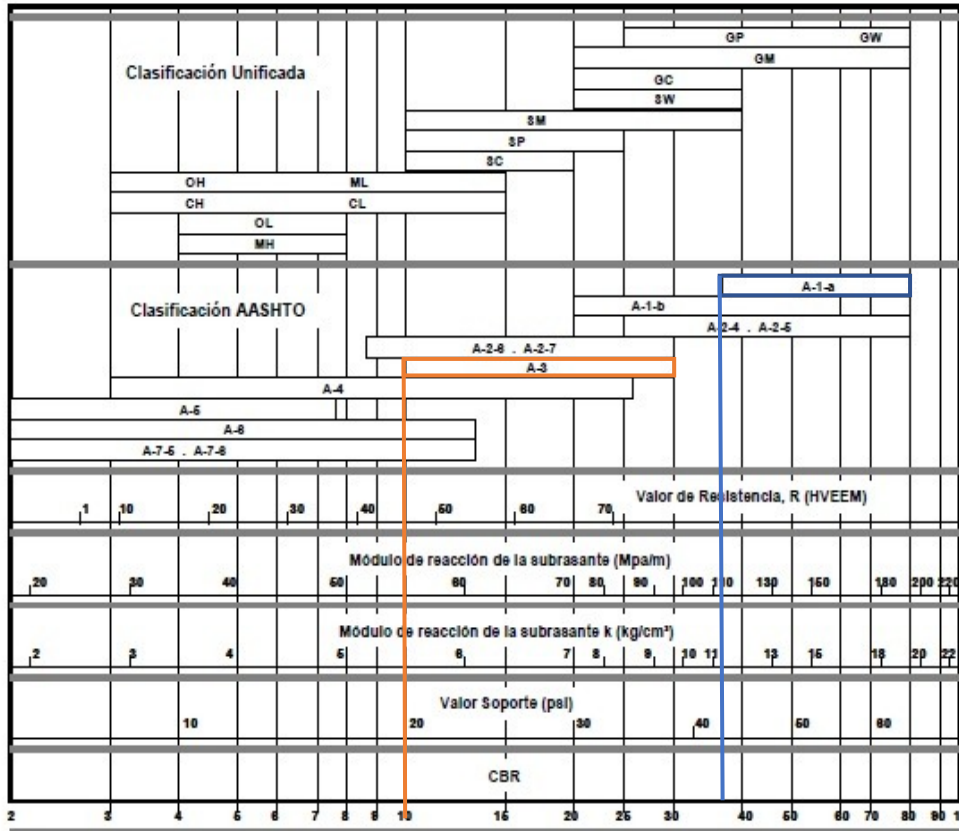
Se aplica la Ecuación 1 del método AASHTO, con los parámetros de una confiabilidad del 50% ya que no se complementan con los estudios de suelos requeridos y está basado únicamente en investigación y correlación de datos.

Tabla 16 - Datos Método AASHTO

| | |
|-----------------|-----------|
| ESAL | 5.41E+07 |
| CBR Base | 10 |
| CBR Subbase | 39 |
| CBR Subrasante | 35 |
| Confiabilidad | 50 |
| SO | 0.4 |
| Zr | 0 |
| Δ PSI | 1.7 |
| Mr (Subrasante) | 15200 |

Se utilizó la Tabla 3 para realizar la correlación de ensayos y así obtener los CBR de la capa de la base y de la capa de la subrasante. Preliminarmente se determinó el tipo de suelo que posee la zona de estudio seleccionada y mediante el sistema de clasificación de la AASHTO se obtuvo que el suelo de la base pertenece a la categoría A-3 y el de la subrasante pertenece a la categoría A-1-a.

Tabla 17 Selección datos de CBR



Posteriormente haciendo uso de la Tabla 3 se realizó la correlación y se determinó un valor de CBR de la base de 10 y CBR para la subrasante de 35.

Una vez obtenidos los valores de CBR se procede a realizar la sustitución de los valores en la ecuación del método AASHTO despejando para encontrar el coeficiente estructural de la subrasante.

$$\text{Log}(5.41E07) = 0 * 0.4 + 9.36 * \text{Log}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}\left(\frac{1.7}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \text{Log}(15200) - 8.07$$

$$SN = 4.0939217$$

4.4.3.5 Diseño de Rehabilitación

Una vez encontrado el valor de SN para subrasante se aplicó la Ecuación 2 para determinar el espesor de base nueva de la estructura de pavimento.

$$SN = \text{Carpeta nueva} + \text{Base nueva} + \text{Base existente} + \text{Subbase existente}$$

Para carpeta nueva se consideró una estabilidad Marshall de 1800 lb y se determinó un coeficiente estructural de 0.42.

1. Coeficiente estructural para la carpeta asfáltica y módulo de resiliencia.

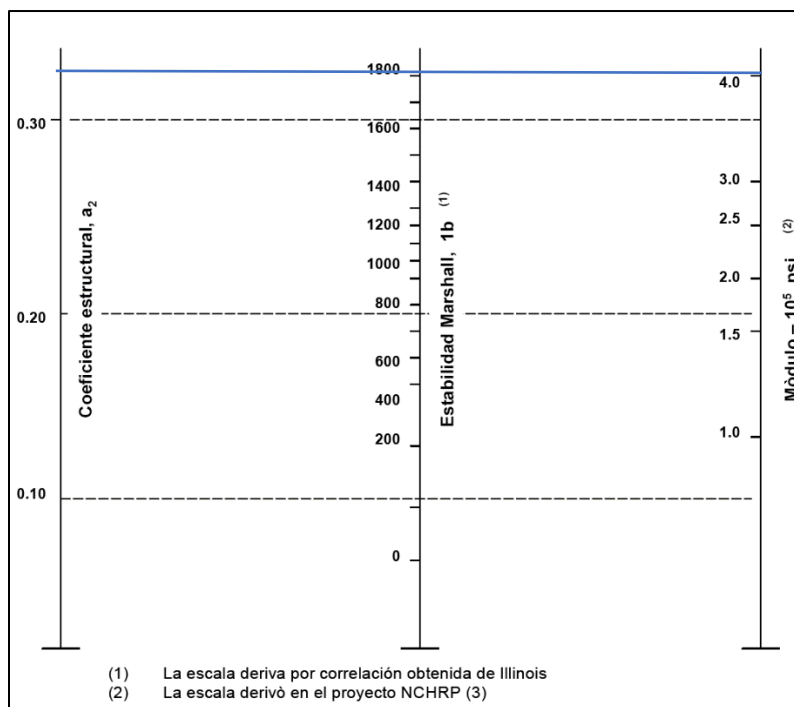


Gráfico 17 - Selección del coeficiente estructural de la capa de concreto asfáltica

Para la base nueva del pavimento se consideró que el CBR esperado del material para la base sea de 80 y se determinó un coeficiente estructural de 0.13.

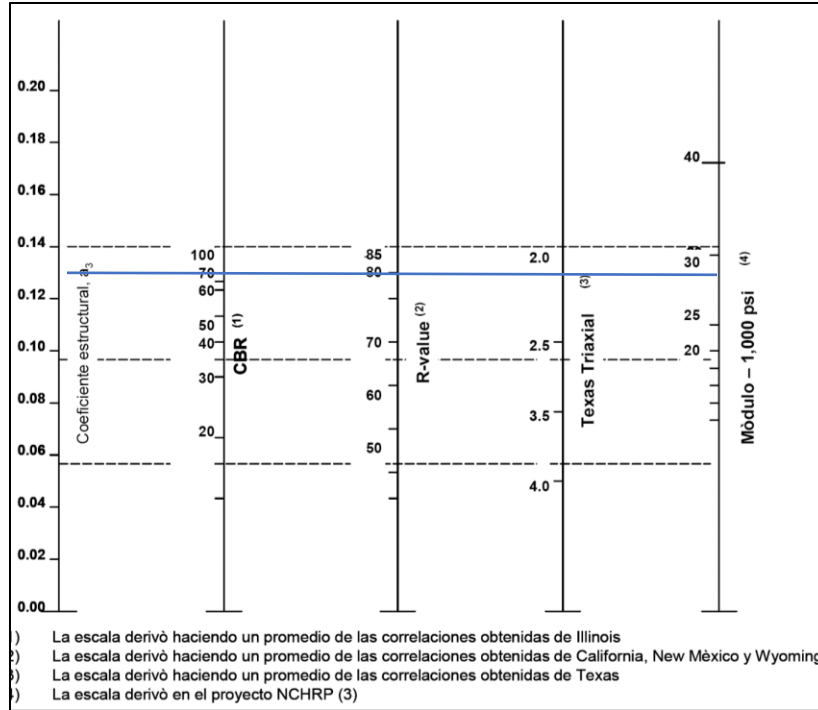


Gráfico 18 - Selección del coeficiente estructural de la capa de base

Para la base nueva se consideró que el según los datos meteorológicos con un porcentaje de 7% de lluvias el drenaje de la base se considera como excelente con un valor de 1.20.

Tabla 18 Selección de coeficientes de drenaje para la base nueva

| Valores de m (coeficiente de drenaje) | | | | |
|---------------------------------------|--|-----------|-----------|-------------|
| Características del drenaje | Porcentaje del tiempo durante el año que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación | | | |
| | Menos de 1 % | 1-5 % | 5-25 % | Más de 25 % |
| Excelente | 1.40-1.35 | 1.35-1.30 | 1.30-1.20 | 1.20 |
| Bueno | 1.35-1.25 | 1.25-1.15 | 1.15-1.00 | 1.00 |
| Regular | 1.25-1.15 | 1.15-1.05 | 1.00-0.80 | 0.80 |
| Pobre | 1.15-1.05 | 1.05-0.80 | 0.80-0.60 | 0.60 |
| Muy malo | 1.05-0.95 | 0.95-0.75 | 0.75-0.40 | 0.40 |

Se propuso un espesor de carpeta asfáltica de 15 cm, en la Tabla 34 se resumen los datos para las capas de las nuevas estructuras.

Tabla 19 - Datos carpeta nueva

| | | |
|------------------|--------------|------|
| CARPETA NUEVA | a carpeta | 0.42 |
| | e carpeta | 15 |
| | a base nueva | 0.13 |
| | m base nueva | 1.2 |

El espesor de la base de 20 cm y de la subbase de 15cm, se determinó el coeficiente estructural a determinado con la Tabla 20 tomando en consideración la severidad de la condición del material, con un valor de a para la base de 0.07 y para la subbase de 0.05.

Tabla 20 - Coeficiente sugerido para capas existentes de pavimentos flexibles

| MATERIAL | SURFACE CONDITION | COEFFICIENT |
|--------------------------|---|--------------|
| AC Surface | Little or no alligator cracking and/or only low-severity transverse cracking | 0.35 to 0.40 |
| | < 10 percent low-severity alligator cracking and/or < 5 percent medium- and high-severity transverse cracking | 0.25 to 0.35 |
| | > 10 percent low-severity alligator cracking and/or < 10 percent medium-severity alligator cracking and/or > 5-10 percent medium- and high-severity transverse cracking | 0.20 to 0.30 |
| | > 10 percent medium-severity alligator cracking and/or < 10 percent high-severity alligator cracking and/or > 10 percent medium- and high-severity transverse cracking | 0.14 to 0.20 |
| | > 10 percent high-severity alligator cracking and/or > 10 percent high-severity transverse cracking | 0.08 to 0.15 |
| | | |
| Stabilized Base | Little or no alligator cracking and/or only low-severity transverse cracking | 0.20 to 0.35 |
| | < 10 percent low-severity alligator cracking and/or < 5 percent medium- and high-severity transverse cracking | 0.15 to 0.25 |
| | > 10 percent low-severity alligator cracking and/or < 10 percent medium-severity alligator cracking and/or > 5-10 percent medium- and high-severity transverse cracking | 0.15 to 0.20 |
| | > 10 percent medium-severity alligator cracking and/or < 10 percent high-severity alligator cracking and/or > 10 percent medium- and high-severity transverse cracking | 0.10 to 0.20 |
| | > 10 percent high-severity alligator cracking and/or > 10 percent high-severity transverse cracking | 0.08 to 0.15 |
| | | |
| Granular Base or Subbase | No evidence of pumping, degradation, or contamination by fines | 0.10 to 0.14 |
| | Some evidence of pumping, degradation, or contamination by fines | 0.00 to 0.10 |

El coeficiente de drenaje para la capa de base existente se considera como bueno con un valor de 1 y como regular para la subbase con un valor de 0.8.

Tabla 21 Selección de coeficientes de drenaje para la capa de base existente

| Características del drenaje | Porcentaje del tiempo durante el año que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación | | | |
|-----------------------------|--|-----------|-----------|-------------|
| | Menos de 1 % | 1-5 % | 5-25 % | Más de 25 % |
| Excelente | 1.40-1.35 | 1.35-1.30 | 1.30-1.20 | 1.20 |
| Bueno | 1.35-1.25 | 1.25-1.15 | 1.15-1.00 | 1.00 |
| Regular | 1.25-1.15 | 1.15-1.05 | 1.00-0.80 | 0.80 |
| Pobre | 1.15-1.05 | 1.05-0.80 | 0.80-0.60 | 0.60 |
| Muy malo | 1.05-0.95 | 0.95-0.75 | 0.75-0.40 | 0.40 |

En la Tabla 22 se resumen los datos recopilados para la carpeta existente.

Tabla 22 - Carpeta existente

| | | |
|-------------------|----------------|------|
| CARPETA EXISTENTE | a base | 0.07 |
| | e base (cm) | 20 |
| | m base | 1 |
| | a subbase | 0.05 |
| | e subbase (cm) | 15 |
| | m subbase | 0.8 |

Una vez obtenidos los valores de las variables necesarias para determinar el coeficiente estructural SN se despejó para encontrar el nuevo espesor de la base requerida para la nueva estructura de pavimento.

$$SN = a_1 e_1 + a_2 e_{base\ nueva} m_2 + a_3 e_3 m_3 + a_4 e_4 m_4$$

$$4.0939217 = \left(0.42 * \frac{15}{2.54}\right) + (0.13 * (e_{base\ nueva}) * 1.2) + \left(0.07 * \frac{20}{2.54} * 1\right) + \left(0.05 * \frac{15}{2.54} * 0.8\right)$$

$$e_{base\ nueva} = 5.29\ in = 13.43\ cm$$

Una vez obtenido este valor se redondea a un múltiplo de 5 más cercana el nuevo espesor de la base sería de 15 cm.

4.4.3.6 Diseño programa PerRoad 4.4

Se realizó el diseño de la estructura de pavimento flexible mediante el programa PerRoad 4.4 con la finalidad de verificar que el diseño de rehabilitación propuesto mediante el método AASHTO 93 optimo.

Con los datos investigados correspondientes a la temperatura y la precipitación pluvial se determinó la duración de las estaciones por semana y las temperaturas promedio registradas por estación.

Tabla 23 - Información por estación del año

| Season | Summer | Fall | Winter | Spring | Spring2 | Current Season |
|-------------------------|--------|------|--------|--------|---------|---|
| Duration (weeks) | 21 | 0 | 9 | 13 | 9 | Summer |
| Mean Air Temperature, F | 85 | 70 | 65 | 70 | 70 | Temperature Correction: <input checked="" type="checkbox"/> |

Posteriormente se ingresaron la cantidad de capas tanto nuevas como existente y el tipo de material para cada una de ellas, el módulo de cada una de ellas y el espesor de careta propuesto, para la relación de Poisson se realizó una consulta a la Tabla 25.

Tabla 24 - Datos generales de las capas de la estructura de pavimento

| | Layer 1 | Layer 2 | Layer 3 | Layer 4 | Layer 5 |
|-------------------|------------|-------------|-----------|-----------|-----------|
| Material Type | AC | Gran Base | Soil | Soil | Soil |
| PG Grade | 70 -22 | | | | |
| Min Modulus (psi) | 50000 | 5000 | 3000 | 3000 | 3000 |
| Modulus (psi) | 277538 | 29000 | 8000 | 15500 | 15200 |
| Max Modulus (psi) | 4000000 | 50000 | 40000 | 40000 | 40000 |
| Poisson's Ratio | 0.35 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 0.45 |
| Min - Max | 0.15 - 0.4 | 0.35 - 0.45 | 0.2 - 0.5 | 0.2 - 0.5 | 0.2 - 0.5 |
| Thickness (in) | 5.91 | 5.91 | 7.87 | 5.91 | Infinite |

Tabla 25 - Relación de Poisson de diversos materiales

| Material | Poisson mínimo | Poisson predeterminado | Máximo Poisson |
|------------------------------|----------------|------------------------|----------------|
| Corriente alterna | .15 | .35 | .4 |
| Aire acondicionado agrietado | .15 | .35 | .4 |
| Pcc | .14 | .18 | .25 |
| Frotar PCC | .14 | 0.2 | .25 |
| C y S PCC | .14 | 0.2 | .25 |
| PCC B y S | .14 | 0.2 | .25 |
| G.B. | .30 | .4 | .45 |
| Suelo | .2 | .45 | .5 |
| Roca | .1 | .15 | .25 |
| Otro | .1 | .35 | .5 |

En los criterios de falla requeridos en el programa únicamente se ingresan para la capa asfáltica y para la subrasante.

Tabla 26 - Criterios de falla

| | Layer 1 | Layer 2 | Layer 3 | Layer 4 | Layer 5 |
|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Material Type | AC | Gran Base | Soil | Soil | Soil |
| PG Grade | 70 -22 | | | | |
| Min Modulus (psi) | 50000 | 5000 | 3000 | 3000 | 3000 |
| Modulus (psi) | 277538 | 29000 | 8000 | 15500 | 15200 |
| Max Modulus (psi) | 4000000 | 50000 | 40000 | 40000 | 40000 |
| Poisson's Ratio | 0.35 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 0.45 |
| Min - Max | 0.15 - 0.4 | 0.35 - 0.45 | 0.2 - 0.5 | 0.2 - 0.5 | 0.2 - 0.5 |
| Thickness (in) | 5.91 | 5.91 | 7.87 | 5.91 | Infinite |
| | Variability | Variability | Variability | Variability | Variability |
| | Performance Criteria | Performance Criteria | Performance Criteria | Performance Criteria | Performance Criteria |
| | Cancel Changes | | | | Accept Changes |

Para la capa asfáltica se ingresa la falla de piel de cocodrilo que se genera por tensión de manera horizontal en la parte inferior de la capa.

Tabla 27 - Criterio de falla para la capa asfáltica

Layer Performance Criteria (Press F1 for Help)

Layer:

Note: The transfer functions are for strain only.

| Position | Criteria | Threshold | Target Percentile | Transfer Function | k1 | k2 |
|--|-------------------|-----------|-------------------|-------------------|----|----|
| <input type="checkbox"/> Top | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Middle | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Bottom | Horizontal Strain | -150 | microstrain | 50 | | |

Note: The following sign convention is used...

Negative = Tension
Positive = Compression
Deflection is Positive Downward

En la subrasante se ingresa la falla por ahuellamiento que se genera por compresión en el terreno natural y se presenta en la capa asfáltica.

Tabla 28 - Criterio de falla para la subrasante

Layer Performance Criteria (Press F1 for Help)

Layer:

Note: The transfer functions are for strain only.

| Position | Criteria | Threshold | Target Percentile | Transfer Function | k1 | k2 |
|---|-----------------|-----------|-------------------|-------------------|----|----|
| <input checked="" type="checkbox"/> Top | Vertical Strain | 200 | microstrain | 50 | | |

Note: The following sign convention is used...

Negative = Tension
Positive = Compression
Deflection is Positive Downward

Al programan se ingresaron los datos de tráfico, se ingresaron los factores FC y FD, la tasa de crecimiento y la cantidad de vehículos transitados en 24 horas.

Tabla 29 - Datos de transito

Loading Conditions (F1 for Help)

| | | | |
|----------------------|-------|--------------------------|------|
| General Traffic Data | | | |
| Two-Way AADT | 41676 | % Trucks | 8 |
| Axles Groups / Day | 3244 | % Truck Growth | 4 |
| | | % Trucks in Design Lane | 90 % |
| | | Directional Distribution | 50 % |





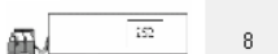
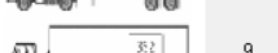




Input Load Spectra by Vehicle Type

Se ingresaron la cantidad de vehículos por cada tipo y el porcentaje que representan en 24 horas.

Tabla 30 - Distribución de vehículos

Vehicle Type Distribution (Press F1 for Help)

Roadway Functional Classification: Urban Other Freeways and Expressways

| Vehicle Classification | % AADTT | Average Number of Axles Per Vehicle | | |
|--|---------|-------------------------------------|--------|--------|
| | | Single | Tandem | Tridem |
|  4 | 15 | 1.62 | 0.39 | 0 |
|  5 | 44 | 2 | 0 | 0 |
|  6 | 26 | 1.02 | 0.99 | 0 |
|  7 | 0 | 1 | 0.26 | 0.83 |
|  8 | 9 | 2.38 | 0.67 | 0 |
|  9 | 6 | 1.13 | 1.93 | 0 |
|  10 | 0 | 1.19 | 1.09 | 0.89 |
|  11 | 0 | 4.29 | 0.26 | 0.06 |
|  12 | 0 | 3.52 | 1.14 | 0.06 |
|  13 | 0 | 2.15 | 2.13 | 0.35 |
| Total | 100 | | | |

Cancel Changes Accept Changes

Con todos los datos ingresados se realiza la revisión de los espesores de diseño propuestos mediante el método AASHTO.

Tabla 31 - Revisión de espesores

| Thickness Design | | Reliability Analysis | | | | |
|----------------------------|---------|----------------------|---------|---------|----------|------------------------|
| Number of Pavement Layers: | 5 | | | | | |
| | Layer 1 | Layer 2 | Layer 3 | Layer 4 | Layer 5 | |
| Material | AC | Gran Base | Soil | Soil | Soil | Set Monte Carlo Cycles |
| Thickness, in. | 5.91 | 5.91 | 7.87 | 5.91 | Infinite | Perform Analysis |

4.4.4 COSTO DEL PROYECTO

El cálculo del costo total del proyecto se realizó mediante la elaboración de fichas unitarias para cada una de las actividades requeridas para el diseño de la rehabilitación.

Tabla 32 - Actividades

| Actividad | Unidad |
|------------------------------------|--------|
| Trazado y marcado | m |
| Demolición de estructura actual | m3 |
| Acarreo de material de desperdicio | m3 |
| Base Granular | m3 |
| Imprimación asfáltica | m2 |
| Carpeta asfáltica | m3 |
| Señalización vial | m |

Para cada uno de los precios unitario y rendimientos se consultó la revista de la Cámara Hondureña de la Industria de la Construcción, el resto de las fichas se encuentra en el Anexo 2.

Tabla 33 - Ficha unitaria de costo para la carpeta asfáltica

| |
|-----------------------|
| FICHA UNITARIA |
|-----------------------|

| | |
|------------------|-----------------------------------|
| Codigo | AC 106 |
| Actividad | Carpeta asfáltica E= 5.91" |
| Unidad | m3 |

| Materiales | | | | | | | |
|-------------------|---------------|-----------------|---------------|--------------------|--------------------|------------------------|--------------|
| Item | Codigo | Concepto | Unidad | Rendimiento | Desperdicio | Precio Unitario | Total |
| 1 | AS_IA | Asfalto | m3 | 0.115 | 5 | L1,404.39 | L169.58 |
| Sub - Total | | | | | | | L169.58 |

| Equipo | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------------------|---------------|--------------------|--------------------|------------------------|--------------|
| Item | Codigo | Concepto | Unidad | Rendimiento | Desperdicio | Precio Unitario | Total |
| 2 | HM_AC | Herramientas menor | h | 5 | | L6.00 | L6.00 |
| 3 | EA_AC | Extendedora asfáltico | h | 0.001 | | L1,343.19 | L1.34 |
| 4 | RC_AC | Rodillo compactador liso | h | 0.001 | | L1,700.00 | L1.70 |
| 5 | CN_AC | Compactador de neumatico | h | 0.0021 | | L2,052.00 | L4.31 |
| Sub - Total | | | | | | | L13.36 |

| Mano de obra | | | | | | | |
|---------------------|---------------|------------------------------|---------------|--------------------|--------------------|------------------------|--------------|
| Item | Codigo | Concepto | Unidad | Rendimiento | Desperdicio | Precio Unitario | Total |
| | AB_AC | Albañil | Jrd | 0.333 | | L500.00 | L166.50 |
| 6 | AY_AC | Ayudante de obra | Jrd | 0.333 | | L350.00 | L116.55 |
| | ORC_AC | Operador rodillo compactador | Jrd | 0.0039 | | L450.00 | L1.76 |
| 7 | OCN_AC | erador compactador de neumát | Jrd | 0.0039 | | L450.00 | L1.76 |
| Sub - Total | | | | | | | L120.06 |





| | |
|-------------------------|---------|
| Costo Directo | L303.00 |
| Costos Indirectos (15%) | L45.45 |
| Sub - total | L348.44 |
| Utilidad | L34.84 |
| Costos Unitarios | L383.29 |

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

5.1 CLASIFICACIÓN DE FALLAS

Mediante la recolección fotográfica realizada en la visita de campo se determinaron las fallas presentes en la longitud del tramo seleccionado, posteriormente utilizando el manual de la SHRP donde se presentan los diagramas de nivel de gravedad: alto, moderado y bajo, se logró clasificar cada una de las fallas y el nivel de gravedad que se presentan en Tabla 34 dando como resultado que la mayoría de las fallas presentan un alto nivel de gravedad.

Tabla 34 - Clasificación de fallas

| Fotografía | Tipo de falla | Nivel de falla | | |
|---|----------------------------|----------------|----------|------|
| | | Alto | Moderado | Bajo |
|  | Bache | x | | |
| | Agrietamiento por bloque | | x | |
| | Deterioro del parche | x | | |
| | | | | |
|  | Deterioro del parche | x | | |
| | Agrietamiento por fatiga | x | | |
| | | | | |
| | | | | |
|  | Agrietamiento por bloque | | x | |
| | Agrietamiento por fatiga | | | x |
| | | | | |
| | | | | |
|  | Bache | x | | |
| | Agrietamiento longitudinal | x | | |
| | Agrietamiento por bloque | | | x |
| | | | | |
|  | Bache | x | | |
| | Piel de cocodrilo | x | | |
| | Fisura transversales | | x | |
| | Agrietamiento por bloque | x | | |
|  | Bache | x | | |
| | Piel de cocodrilo | x | | |
| | Fisura transversales | | x | |
| | Deterioro del parche | x | | |
| | Agrietamiento por fatiga | x | | |

Nota: Las imágenes en la tabla se encuentran en el Anexo 1.

5.2 DISEÑO DE REHABILITACIÓN

A continuación se presentan los resultados obtenidos para el diseño de la rehabilitación de pavimentos flexibles mediante el Método AASHTO 93, para lo que se determinaron los espesores correspondientes a la capa asfáltica y la base granular del tramo Mega Larach Periférico – Residencial Ciudad Jardín, estos espesores fueron determinados mediante la correlación de ensayos y datos de estudios existentes para los materiales de la base, subbase y subrasante de la estructura actual de pavimento, la propuesta de los espesores para la nueva capa de base y capa asfáltica se realizaron en base a las mejores condiciones de materiales, tomando en cuenta estas consideraciones se presenta la nueva estructura de pavimento en la Tabla 35.

Tabla 35 - Estructura de pavimento

| | | |
|----------------------------|-------------------|----|
| Espesores Nueva Estructura | e carpeta (cm) | 15 |
| | e base nueva (cm) | 15 |
| | e base (cm) | 20 |
| | e subbase (cm) | 15 |

Para que la estructura de pavimento cumpla con su periodo de servicio siendo capaz de soportar las cargas y factores meteorológicos a los que se encontrará sometida se deberá realizar la rehabilitación del pavimento con una capa asfáltica de 15 cm y una capa de base granular de 15 cm como se muestra en la Ilustración 49.

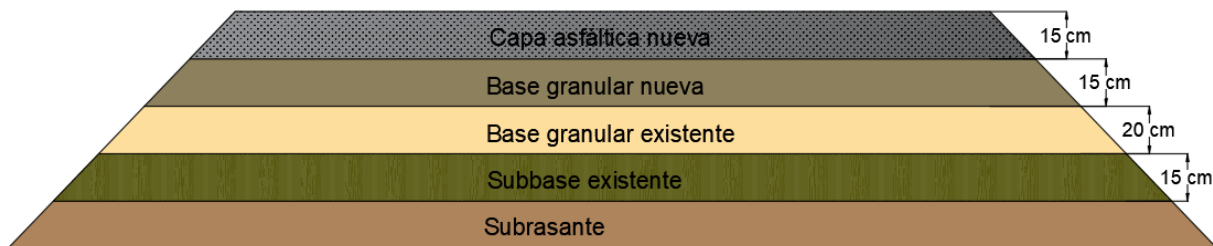


Ilustración 49 - Estructura de pavimento propuesta

Para la revisión de la factibilidad del diseño mediante el programa PerRoad 4.4, mediante iteraciones realizadas por el programa, se determinó que la propuesta de espesores realizada mediante el método AASHTO la estructura será capaz de soportar las cargas y las condiciones meteorológicas esperadas, con un percentil esperado de 50%, en este caso el percentil obtenido fue de 63.46% para la capa asfáltica lo cual indica que el pavimento no debería fallar durante su periodo de servicio

Output & Design Module (F1 for Help)

Thickness Design

Number of Pavement Layers:

| | Layer 1 | Layer 2 | Layer 3 | Layer 4 | Layer 5 |
|----------------|---------|-----------|---------|---------|----------|
| Material | AC | Gran Base | Soil | Soil | Soil |
| Thickness, in. | 5.91 | 5.91 | 7.87 | 5.91 | Infinite |

Reliability Analysis

Perpetual Pavement Design Results: Conventional Design with Transfer Functions

| Layer | Location | Criteria | Threshold | Units | Percent Below Critical | Damage/Million Axle | Years to D=0.1 | Years to D=1.0 |
|-------|----------|----------|-----------|-------|------------------------|---------------------|----------------|----------------|
| | | | | | | | | |

Perpetual Pavement Design Results: Percentile Responses

| Layer | Location | Criteria | Units | Target Value | Target Percentile | Actual Percentile | Pass/Fail? |
|-------|----------|-------------------|---------|--------------|-------------------|-------------------|------------|
| 1 | Bot | Horizontal Str... | micr... | -150. | 50. | 64.38 | Pass |
| 5 | Top | Vertical Strain | micr... | 200. | 50. | 100. | Pass |

Ilustración 50 - Resultados PerRoad 4.

5.3 COSTO DEL PROYECTO

Para la rehabilitación de un 1 km de pavimento flexible, considerando una carpeta asfáltica nueva de 15 cm y una base granular nueva de 15 cm, detallando cada una de las actividades a realizar con su respectivo precio unitario se determinó un costo directo para la obra de L 5,892,709.50.

Tabla 36 - Costo por kilometro

| Costo por kilometro | | | |
|----------------------------------|----------------|-----------------|----------------------|
| Actividades Preliminares | | | |
| Actividad | Unidad | Cantidad | Total |
| Trazado y Marcado | m | 1000 | L154,807.54 |
| Demolición de pavimento | m | 1000 | L517,226.78 |
| Acarreo de material | m ³ | 1050 | L522,135.90 |
| Actividades constructivas | | | |
| Actividad | Unidad | Cantidad | Total |
| Base Granular | m ³ | 1050 | L1,457,814.48 |
| Imprimación asfáltica | m ² | 7000 | L2,634,181.35 |
| Carpeta asfáltica | m ³ | 1050 | L402,453.75 |
| Señalización | m | 1000 | L204,089.70 |
| COSTO DIRECTO | | | L5,892,709.50 |

Nota: Los precios unitarios utilizados para elaborar las fichas de costo fueron consultados en la Camara Hondureña de la Industria de la Construcción.

VI. CONCLUSIONES

Con el desarrollo de esta investigación se ha determinado que para el tramo desde Mega Larach Periférico hasta la Residencial Ciudad Jardín el tipo de intervención requerida es una rehabilitación de su estructura de pavimento, para lo que se ha considerado como criterio la cantidad de fallas presentes en el tramo. Una vez que se ha determinado el tipo de intervención se ha propuesto el diseño de una nueva estructura de pavimento compuesta por una nueva carpeta asfáltica con un espesor de 15 cm y 15 cm de base granular. A partir de este diseño se ha determinado el costo de L5,892,709.50 por kilómetro

1. Como parte de la fase de clasificación y determinación del nivel de deterioro de la estructura de pavimento flexible se han realizado visitas de campo en el tramo ubicado en el anillo periférico, desde Mega Larach Periférico hasta la Residencial Ciudad Jardín, se ha concluido que la estructura posee fallas en la carpeta asfáltica, que requieren de una rehabilitación de acuerdo con lo que establece el Manual de Identificación de Fatiga Departamento de Transporte de Estados Unidos (SHRP)
2. Debido al deterioro presente en la carpeta asfáltica del pavimento se ha concluido que la reparación que se le puede brindar al pavimento sería una rehabilitación, la cual consistiría en la remoción de la carpeta asfáltica. Para este diseño se ha determinado utilizar el Método AASHTO 93 como metodología de diseño de pavimentos flexibles ya que este determina los espesores de capas que son requeridos para brindar la serviciabilidad adecuada para el pavimento del tramo de estudio, también debido a que es una de las metodologías más utilizadas por los datos que recopila a la hora de elaborar un diseño y brindar mayor confiabilidad en sus resultados, se ha determinado que el pavimento deberá tener una estructura compuesta de una capa asfáltica de 15 cm y una base granular de 15 cm, sobre las demás capas del pavimento existente con espesores de base granular de 20 cm y subbase de 15 cm.
3. El método AASHTO 93 requiere de variables de diseño definidas a través de estudios de campo o investigación, en este caso como ser el estudio de tráfico, estudios de suelo, recopilación de datos meteorológicos, para generar datos de correlación con los parámetros propuesto por el método y poder aplicarlo. Para esta investigación se ha realizado una

correlación de datos a partir del tipo de suelo de la subrasante y de la base granular para determinar el CBR, la base granular según el método AASHTO es del tipo de suelo A-3 con un CBR de 10 y para la subrasante se ha determinado según un ensayo realizado por terceros que el tipo de suelo presente es un A-1-a con un CBR de 35.

4. Para calcular el costo del proyecto se han determinado las actividades preliminares y constructivas requeridas para ejecutar la rehabilitación de la estructura de pavimento del tramo de estudio, este costo se ha calculado para ejecutar la rehabilitación hasta de 1 km del tramo con el fin de tener una mejor proyección de costos para tramos que requieran este tipo de rehabilitación en el futuro.

VII. RECOMENDACIONES

1. Por las fallas encontradas en la estructura de pavimento y por la variabilidad de las mismas se recomienda que las entidades encargadas realicen visitas de campo y recorridos de manera periódica que sirvan para evaluar la condición de la estructura de pavimento para que en el caso de que se presente algún tipo de deterioro poder brindar el mantenimiento adecuado en el tiempo óptimo, de forma que se logre evitar la propagación del daño de este y que se provoque la pérdida de la serviciabilidad de la estructura.
2. Realizar mantenimientos rutinarios adecuados ya que el tramo de estudio es parte de una vía de comunicación de alto tránsito expuesta a diversas acciones de cargas a lo largo de su periodo de diseño.
3. Realizar las pruebas de laboratorio necesarias para el diseño de la nueva estructura de pavimento, en el caso de la presente investigación realizar el ensayo de CBR para aumentar la confiabilidad en los datos y una mejor precisión en la determinación de los espesores de las capas de la estructura de pavimento.
4. Calcular las fichas de costos unitarios verificando los precios actuales de materiales, equipos y mano de obra, tomando como base los precios establecidos por la Cámara Hondureña de la Industria de la Construcción.
5. Realizar trabajo de investigación de la mano con el ente encargado de ejecutar los diferentes mantenimientos con el fin de conocer el cronograma de actividades realizadas o próximas a realizar, para verificar si las obras realizadas en la vía presentan una solución factible a la resolución del problema.

VIII. APLICABILIDAD / IMPLEMENTACIÓN

La determinación del diseño de la rehabilitación de la capa asfáltica y de la base granular del tramo es una solución eficiente para la resolución de la problemática presentada que se ha desarrollado bajo los criterios de investigación realizados mediante la correlación de datos, pero se pueden presentar la opción de una rehabilitación total de la estructura de pavimento, en caso de que se dé continuidad a esta investigación y diseño se deberán de considerar realizar los estudios correspondientes para evaluar de manera técnica las variables de diseño aplicadas en el método AASHTO de manera que se realice un estudio más asertivo y tener una mayor presión en la obtención de datos, tomando en consideración de igual manera los aspectos geométricos del tramo y generar una comparación en el aspecto del costo total de una rehabilitación completa o una parcial como es el caso de la presente investigación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Jugo, A. (2005). *Manual de Mantenimiento y Rehabilitación de Pavimentos Flexibles* . Caracas .
2. Montejo, A. (2006). *ingeniería de Pavimentos. Evaluación estructural, obras de mejoramiento y nuevas tecnologías*. Bogotá: Stella Valbuena.
3. Organización de las Naciones Unidas. (2014, julio). *Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas*. Retrieved from Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas: https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml#:~:text=El%2028%20de%20julio%20de,de%20todos%20los%20derechos%20humanos.
4. Poder Judicial de Honduras. (2017, abril 6). *Secretaria de Derechos Humanos, Justicia, Gobernalización y Descentralización*. Retrieved from Secretaria de Derechos Humanos, Justicia, Gobernalización y Descentralización: <https://www.ohchr.org/sites/default/files/Documents/Issues/Water/ServiceRegulation/States/Honduras5.pdf>
5. Rico Rodriguez, A. T. (2012). *Pavimentos Flexibles. Problemática, Metodolgías de Diseño y Tendencias* . Queretero.
6. Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la Investigación*. México D.F.: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V.

7. SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURA Y TRANSPORTE. (2014). *Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes*. Madrid.
8. Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (2010). *MANUAL CENTROAMERICANO DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS*. Guatemala.
9. Secretaria de Obras Públicas Transporte y Vivienda. (1996). *Diseño de Pavimentos y Mantenimientos de Camino*, Tomo IV. Honduras.
10. Servicio Autonomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados . (n.d.).
11. SIECA. (2010). *Catalogo Centroamericano de Daños a Pavimentos Viales*.
12. Tapia Garcia, M. (2013). *Pavimentos*. Ciudad de México: UNAM.
13. Universidad de Costa Rica. (2015). *Colocación de sobrecapas asfálticas*. San José.
14. Valenzuela, M. (2013). *El asfalto, en la conservación de pavimentos*. Valdivia.
15. Bañón, L., & Beviá García, J. F. (2000). *Manual de carreteras. Volumen I: Elementos y proyecto*. Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A.
<http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/1788>
16. *Boletin-Temperatura-Honduras-2016-2020.pdf*. (s. f.). Recuperado 1 de septiembre de 2022, de <https://www.ine.gob.hn/V3/imag-doc/2021/11/Boletin-Temperatura-Honduras-2016-2020.pdf>
17. *El clima en Tegucigalpa, el tiempo por mes, temperatura promedio (Honduras)—Weather Spark*. (s. f.). Recuperado 23 de agosto de 2022, de

<https://es.weatherspark.com/y/13697/Clima-promedio-en-Tegucigalpa-Honduras-durante-todo-el-a%C3%B1o>

18. Precipitación Pluvia 2016—2020. (s. f.). 6.

19. Reciclado con emulsión asfáltica. (s. f.). IBEF. Recuperado 8 de septiembre de 2022, de <http://ibef.webexpress.fr/es/emulsions-3/tecnicas/reciclado-con-emulsion-asfaltica/>

20. Rondón Quintana, H. A. (2016). Pavimentos: Materiales, construcción y diseño. Ecoe Ediciones. <https://elibro.net/es/ereader/unitechn/70435?page=5>

ANEXOS

Anexo 1 - Recopilación fotográfica



Ilustración 51 - Falla en la estación 0+050



Ilustración 52 - Falla en la estación 0+075



Ilustración 53 - Falla en la estación 0+150



Ilustración 54 - Falla en la estación 0+210



Ilustración 55 - Falla en la estación 0+250



Ilustración 56 Falla en la estación 0+300

Anexo 2 - Fichas Unitarias

Tabla 37 - Ficha unitaria Trazado y marcado

| FICHA UNITARIA | | | | | | | |
|------------------|-------------------|-------------------|--------|-------------|-------------|-----------------|---------|
| Codigo | TM 101 | | | | | | |
| Actividad | Trazado y marcado | | | | | | |
| Unidad | m | | | | | | |
| Materiales | | | | | | | |
| Item | Codigo | Concepto | Unidad | Rendimiento | Desperdicio | Precio Unitario | Total |
| 1 | TP_TM | Topografia | Bolsa | 0.356 | 3 | 125 | L45.84 |
| Sub - Total | | | | | | | L45.84 |
| Equipo | | | | | | | |
| Item | Codigo | Concepto | Unidad | Rendimiento | Desperdicio | Precio Unitario | Total |
| 3 | HM_TM | Herramienta menor | h | 5 | | 5.8275 | 5.8275 |
| Sub - Total | | | | | | | 5.8275 |
| Mano de obra | | | | | | | |
| Item | Codigo | Concepto | Unidad | Rendimiento | Desperdicio | Precio Unitario | Total |
| 5 | AY_DR | Ayudante de obra | Jrd | 0.333 | | L350.00 | L116.55 |
| Sub - Total | | | | | | | L116.55 |
| Costo Directo | | | | | | | L122.38 |
| Utilidad | | | | | | | L12.24 |
| Costos Unitarios | | | | | | | L134.62 |

Tabla 38 - Ficha unitaria Demolición de pavimento flexible

| FICHA UNITARIA | | | | | | | |
|------------------|----------------------------------|---------------------------------------|--------|-------------|-------------|-----------------|---------|
| Codigo | DPF 102 | | | | | | |
| Actividad | Demolición de pavimento flexible | | | | | | |
| Unidad | m | | | | | | |
| Materiales | | | | | | | |
| Item | Codigo | Concepto | Unidad | Rendimiento | Desperdicio | Precio Unitario | Total |
| 1 | DEI_DR | Diesel | gal | 0.2101 | 5 | L113.89 | L25.12 |
| Sub - Total | | | | | | | L25.12 |
| Equipo | | | | | | | |
| Item | Codigo | Concepto | Unidad | Rendimiento | Desperdicio | Precio Unitario | Total |
| 2 | E_DR | Retroexcavadora con martillo rompedor | h | 0.067 | | L1,241.16 | L83.16 |
| Sub - Total | | | | | | | L83.16 |
| Mano de obra | | | | | | | |
| Item | Codigo | Concepto | Unidad | Rendimiento | Desperdicio | Precio Unitario | Total |
| 3 | ALB_DR | Albañil | Jrd | 0.333 | | L550.00 | L183.15 |
| 4 | AY_DR | Ayudante de obra | Jrd | 0.333 | | L350.00 | L116.55 |
| 5 | OR_DR | Operador de la retroexcavadora | Jrd | 0.0021 | | L425.00 | L0.89 |
| Sub - Total | | | | | | | L300.59 |
| Costo Directo | | | | | | | L408.87 |
| Utilidad | | | | | | | L40.89 |
| Costos Unitarios | | | | | | | L449.76 |

Tabla 39 - Ficha unitaria de Limpieza

FICHA UNITARIA

| | |
|------------------|-----------------|
| Codigo | LM 103 |
| Actividad | Limpieza |
| Unidad | m |

| Materiales | | | | | | | |
|-------------|--------|----------|--------|-------------|-------------|-----------------|-------|
| Item | Codigo | Concepto | Unidad | Rendimiento | Desperdicio | Precio Unitario | Total |
| | | | | | | | L0.00 |
| Sub - Total | | | | | | | L0.00 |

| Equipo | | | | | | | |
|-------------|--------|----------|--------|-------------|-------------|-----------------|--------|
| Item | Codigo | Concepto | Unidad | Rendimiento | Desperdicio | Precio Unitario | Total |
| 2 | V_LM | Volqueta | h | 0.067 | | L1,241.16 | L83.16 |
| Sub - Total | | | | | | | L83.16 |

| Mano de obra | | | | | | | |
|--------------|--------|-------------------------|--------|-------------|-------------|-----------------|---------|
| Item | Codigo | Concepto | Unidad | Rendimiento | Desperdicio | Precio Unitario | Total |
| 3 | ALB_LM | Albañil | Jrd | 0.333 | | L550.00 | L183.15 |
| 4 | AY_LM | Ayudante de obra | Jrd | 0.333 | | L350.00 | L116.55 |
| 5 | OV_LM | Operador de la volqueta | Jrd | 0.0021 | | L425.00 | L0.89 |
| Sub - Total | | | | | | | L300.59 |

| | |
|------------------|---------|
| Costo Directo | L383.75 |
| Utilidad | L38.38 |
| Costos Unitarios | L422.13 |

Tabla 40 - Ficha unitaria sobre acarreo de material

| FICHA UNITARIA | | | | | | | |
|------------------|--------------------------------|-------------------------|--------|-------------|-------------|-----------------|---------|
| Codigo | AR 104 | | | | | | |
| Actividad | Sobrecarreo de material | | | | | | |
| Unidad | m³ | | | | | | |
| Materiales | | | | | | | |
| Item | Codigo | Concepto | Unidad | Rendimiento | Desperdicio | Precio Unitario | Total |
| 1 | DEL_SAM | Diesel | gal | 0.2101 | 5 | L113.89 | L25.12 |
| Sub - Total | | | | | | | L25.12 |
| Equipo | | | | | | | |
| Item | Codigo | Concepto | Unidad | Rendimiento | Desperdicio | Precio Unitario | Total |
| 2 | HM_SAM | Herramientas menor | h | 5 | | L15.08 | L15.08 |
| 3 | V_SAM | Volqueta | h | 0.0313 | | L1,637.17 | L51.24 |
| Sub - Total | | | | | | | L66.33 |
| Mano de obra | | | | | | | |
| Item | Codigo | Concepto | Unidad | Rendimiento | Desperdicio | Precio Unitario | Total |
| 4 | ALB_SAM | Albañil | Jrd | 0.333 | | L550.00 | L183.15 |
| 5 | AY_SAM | Ayudante de obra | Jrd | 0.333 | | L350.00 | L116.55 |
| 6 | OV_SAM | Operador de la volqueta | Jrd | 0.0039 | | L500.00 | L1.95 |
| Sub - Total | | | | | | | L301.65 |
| Costo Directo | | | | | | | L393.10 |
| Utilidad | | | | | | | L39.31 |
| Costos Unitarios | | | | | | | L432.41 |

Tabla 41 - Ficha unitaria base granular

| |
|-----------------------|
| FICHA UNITARIA |
|-----------------------|

| | |
|------------------|------------------------------|
| Codigo | BG 105 |
| Actividad | Base granular E=5.91" |
| Unidad | m³ |

| Materiales | | | | | | | |
|-------------------|---------------|-----------------------------------|----------------|--------------------|--------------------|------------------------|--------------|
| Item | Codigo | Concepto | Unidad | Rendimiento | Desperdicio | Precio Unitario | Total |
| 1 | MB_BG | Material clasificado para la base | m ³ | 0.356 | 5 | L400.00 | L149.52 |
| 2 | AG_BG | Agua | m ³ | 0.222 | 25 | L140.00 | L38.85 |
| 3 | TP_BG | Topografía | | | | | |
| Sub - Total | | | | | | | L188.37 |

| Equipo | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------------------|---------------|--------------------|--------------------|------------------------|--------------|
| Item | Codigo | Concepto | Unidad | Rendimiento | Desperdicio | Precio Unitario | Total |
| 3 | HM_BG | Herramientas menor | h | 5 | | L15.17 | L15.17 |
| 4 | MNV_BG | Motoniveladora | h | 0.2 | | L2,953.00 | L590.60 |
| 5 | V_BG | Volqueta | h | | | | |
| 6 | RCL_BG | Rodillo compactador liso | h | 0.2 | | L2,052.33 | L410.47 |
| Sub - Total | | | | | | | L605.77 |

| Mano de obra | | | | | | | |
|---------------------|---------------|-----------------------------------|---------------|--------------------|--------------------|------------------------|--------------|
| Item | Codigo | Concepto | Unidad | Rendimiento | Desperdicio | Precio Unitario | Total |
| 7 | ALB_BG | Albañil | Jrd | 0.333 | | L550.00 | L183.15 |
| 8 | AY_BG | Ayudante de obra | Jrd | 0.333 | | L350.00 | L116.55 |
| 9 | OM_BG | Operador de motoniveladora | Jrd | 0.0039 | | L450.00 | L1.76 |
| 10 | OR_BG | Operador rodillo compactador liso | Jrd | 0.0039 | | L500.00 | L1.95 |
| Sub - Total | | | | | | | L303.41 |

| | |
|------------------|-----------|
| Costo Directo | L1,097.55 |
| Utilidad | L109.75 |
| Costos Unitarios | L1,207.30 |

Tabla 42 - Ficha unitaria imprimación asfáltica

| |
|-----------------------|
| FICHA UNITARIA |
|-----------------------|

| | |
|------------------|------------------------------|
| Codigo | IA 106 |
| Actividad | Imprimación asfáltica |
| Unidad | m² |

| Materiales | | | | | | | |
|-------------------|---------------|-----------------|----------------|--------------------|--------------------|------------------------|--------------|
| Item | Codigo | Concepto | Unidad | Rendimiento | Desperdicio | Precio Unitario | Total |
| 1 | AS_IA | Asfalto | m ³ | 0.115 | 5 | L1,404.39 | L169.58 |
| Sub - Total | | | | | | | L169.58 |

| Equipo | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|--------------------|------------------------|--------------|
| Item | Codigo | Concepto | Unidad | Rendimiento | Desperdicio | Precio Unitario | Total |
| 2 | HM_IA | Herramientas menor | h | 5 | | L5.92 | L5.92 |
| 3 | CI_IA | Camión imprimidor | h | 0.0021 | | L1,752.00 | L3.68 |
| Sub - Total | | | | | | | L9.59 |

| Mano de obra | | | | | | | |
|---------------------|---------------|-------------------------------|---------------|--------------------|--------------------|------------------------|--------------|
| Item | Codigo | Concepto | Unidad | Rendimiento | Desperdicio | Precio Unitario | Total |
| 5 | AY_IA | Ayudante de obra | Jrd | 0.333 | | L350.00 | L116.55 |
| 6 | OM_IA | Operador de camión imprimidor | Jrd | 0.0039 | | L450.00 | L1.76 |
| Sub - Total | | | | | | | L118.31 |

| | |
|------------------|---------|
| Costo Directo | L297.48 |
| Utilidad | L29.75 |
| Costos Unitarios | L327.23 |

Tabla 43 - Ficha unitaria carpeta asfáltica

| FICHA UNITARIA | | | | | | | |
|------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------|-------------|-------------|------------------|---------|
| Codigo | AC 107 | | | | | | |
| Actividad | Carpeta asfáltica E= 5.91" | | | | | | |
| Unidad | m ³ | | | | | | |
| Materiales | | | | | | | |
| Item | Codigo | Concepto | Unidad | Rendimiento | Desperdicio | Precio Unitario | Total |
| 1 | AS_AC | Asfalto | m3 | 0.115 | 5 | L1,404.39 | L169.58 |
| 2 | TP_AC | Topografía | | | | | |
| Sub - Total | | | | | | | L169.58 |
| Equipo | | | | | | | |
| Item | Codigo | Concepto | Unidad | Rendimiento | Desperdicio | Precio Unitario | Total |
| 2 | HM_AC | Herramientas menor | h | 5 | | L6.00 | L6.00 |
| 3 | EA_AC | Extendedora asfaltico | h | 0.001 | | L1,343.19 | L1.34 |
| 4 | RC_AC | Rodillo compactador liso | h | 0.001 | | L1,700.00 | L1.70 |
| 5 | CN_AC | Compactador de neumatico | h | 0.0021 | | L2,052.00 | L4.31 |
| Sub - Total | | | | | | | L13.36 |
| Mano de obra | | | | | | | |
| Item | Codigo | Concepto | Unidad | Rendimiento | Desperdicio | Precio Unitario | Total |
| | AB_AC | Albañil | Jrd | 0.333 | | L500.00 | L166.50 |
| 6 | AY_AC | Ayudante de obra | Jrd | 0.333 | | L350.00 | L116.55 |
| | ORC_AC | Operador rodillo compactador | Jrd | 0.0039 | | L450.00 | L1.76 |
| 7 | OCN_AC | Operador compactador de neumático | Jrd | 0.0039 | | L450.00 | L1.76 |
| Sub - Total | | | | | | | L120.06 |
| | | | | | | Costo Directo | L303.00 |
| | | | | | | Utilidad | L30.30 |
| | | | | | | Costos Unitarios | L333.30 |

Tabla 44 - Ficha unitaria señalización

| |
|-----------------------|
| FICHA UNITARIA |
|-----------------------|

| | |
|------------------|---------------------|
| Codigo | SÑ 108 |
| Actividad | Señalización |
| Unidad | m |

| Materiales | | | | | | | |
|-------------------|---------------|-----------------|---------------|--------------------|--------------------|------------------------|--------------|
| Item | Codigo | Concepto | Unidad | Rendimiento | Desperdicio | Precio Unitario | Total |
| 1 | P_SÑ | Pintura | kg | 0.72 | 5 | L47.42 | L35.85 |
| 2 | TP_SÑ | Topografía | | | | | |
| Sub - Total | | | | | | | L35.85 |

| Equipo | | | | | | | |
|---------------|---------------|------------------------------|---------------|--------------------|--------------------|------------------------|--------------|
| Item | Codigo | Concepto | Unidad | Rendimiento | Desperdicio | Precio Unitario | Total |
| 2 | HM_SÑ | Herramientas menor | h | 5 | | L5.83 | L5.83 |
| 3 | BR_SÑ | Barredora remolcada | h | 0.001 | | L235.91 | L0.24 |
| 4 | MM_SÑ | Maquina manual marcas viales | h | 0.005 | | L574.56 | L2.87 |
| Sub - Total | | | | | | | L8.94 |

| Mano de obra | | | | | | | |
|---------------------|---------------|------------------|---------------|--------------------|--------------------|------------------------|--------------|
| Item | Codigo | Concepto | Unidad | Rendimiento | Desperdicio | Precio Unitario | Total |
| 5 | AB_SÑ | Albañil | Jrd | 0.333 | | L500.00 | L166.50 |
| 6 | AY_SÑ | Ayudante de obra | Jrd | 0.333 | | L350.00 | L116.55 |
| Sub - Total | | | | | | | L116.55 |

| | |
|------------------|---------|
| Costo Directo | L161.34 |
| Utilidad | L16.13 |
| Costos Unitarios | L177.47 |

Anexo 3 -Actas de asesoramiento temático

ACTA DE ASESORAMIENTO TÉCNICO

NOMBRE DEL PROYECTO:

Análisis Metodológico del Sistema de Bacheo en el Anillo Periférico desde Mega Larach Y Cía. hasta Residencial Ciudad Jardín.

INTEGRANTES:

| NOMBRE | CUENTA |
|------------------------------|----------|
| Alejandro Meléndez Cantarero | 11811344 |
| Melany Murillo | 11711239 |

| ASESORAMIENTO | | Nº: <u>01</u> |
|-------------------------------|---|------------------------|
| ASESOR: Ing. Luz Marina Funez | | |
| 1. | Revisión del planteamiento del problema. | |
| 2. | Revisión de preguntas de investigación. | |
| 3. | Fuentes bibliográficas para consultar. | |
| 4. | Discusión de temas para el Marco Teórico. | |
| 5. | | |
| 6. | | |
| 7. | | |
| 8. | | |
| 9. | | |
| 10. | | |
| FIRMA DELASESOR | SEIIO | Fecha: <u>8/2/2022</u> |

ACTA DE ASESORAMIENTO TÉCNICO

NOMBRE DEL PROYECTO:

Mantenimiento Correctivo del pavimento del Anillo Periférico del Municipio de Distrito Central, Tramo de Mega Larach Periférico a Residencial Ciudad Jardín, MDC

INTEGRANTES:

| NOMBRE | CUENTA |
|------------------------------|----------|
| Alejandro Meléndez Cantarero | 11811344 |
| Melany Liceth Murillo Osorio | 11711239 |

| ASESORAMIENTO | | Nº: <u>02</u> |
|-------------------------------|------------------------------------|---------------|
| ASESOR: Ing. Luz Marina Funes | | |
| 1. | Consulta de fuentes de información | |
| 2. | Revisión de objetivos | |
| 3. | | |
| 4. | | |
| 5. | | |
| 6. | | |
| 7. | | |
| 8. | | |
| 9. | | |
| 10. | | |
| FIRMA DELASESOR | | SEIIO |
| | | Fecha: _____ |

. ACTA DE ASESORAMIENTO TÉCNICO

NOMBRE DEL PROYECTO:

Mantenimiento Correctivo del pavimento del Anillo Periférico del Municipio de Distrito Central, Tramo de Mega Larach Periférico a Residencial Ciudad Jardín, MDC

INTEGRANTES:

| NOMBRE | CUENTA |
|------------------------------|----------|
| Alejandro Meléndez Cantarero | 11811344 |
| Melany Liceth Murillo Osorio | 11711239 |

| ASESORAMIENTO | Nº: <u>03</u> |
|-------------------------------|------------------|
| ASESOR: Ing. Luz Marina Funes | |
| 1. Definición de Metodología | |
| 2 | Diseño de bacheo |
| 3 | |
| 4 | |
| 5 | |
| 6 | |
| 7 | |
| 8 | |
| 9 | |
| 10 | |
| FIRMA DELASESOR | SEIIO |
| Fecha: <u>15/08/2022</u> | |

. ACTA DE ASESORAMIENTO TÉCNICO

NOMBRE DEL PROYECTO:

Mantenimiento Correctivo del pavimento del Anillo Periférico del Municipio de Distrito Central, Tramo de Mega Larach Periférico a Residencial Ciudad Jardín.

INTEGRANTES:

| NOMBRE | CUENTA |
|------------------------------|----------|
| Alejandro Meléndez Cantarero | 11811344 |
| Melany Liceth Murillo Osorio | 11711239 |

| ASESORAMIENTO | Nº: <u>04</u> |
|-------------------------------|--------------------------|
| ASESOR: Ing. Luz Marina Funes | |
| 1. Definición de Metodología | |
| 2. Discusión de variables | |
| 3. Diseño de bacheo | |
| 4. Visita de campo | |
| 5. | |
| 6. | |
| 7. | |
| 8. | |
| 9. | |
| 10. | |
| FIRMA DELASESOR | SEIIO |
| | Fecha: <u>23/08/2022</u> |

ACTA DE ASESORAMIENTO TÉCNICO

NOMBRE DEL PROYECTO:

Mantenimiento Correctivo del pavimento del Anillo Periférico del Municipio de Distrito Central, Tramo de Mega Larach Periférico a Residencial Ciudad Jardín.

INTEGRANTES:

| NOMBRE | CUENTA |
|------------------------------|----------|
| Alejandro Meléndez Cantarero | 11811344 |
| Melany Liceth Murillo Osorio | 11711239 |

| ASESORAMIENTO | Nº: <u>04</u> |
|-------------------------------|--------------------------|
| ASESOR: Ing. Luz Marina Funes | |
| 1. Definición de Metodología | |
| 2. Discusión de variables | |
| 3. Diseño de bacheo | |
| 4. Visita de campo | |
| 5. | |
| 6. | |
| 7. | |
| 8. | |
| 9. | |
| 10. | |
| FIRMA DELASESOR | SEIIO |
| | Fecha: <u>01/09/2022</u> |

ACTA DE ASESORAMIENTO TÉCNICO

NOMBRE DEL PROYECTO:

Mantenimiento Correctivo del pavimento del Anillo Periférico del Municipio de Distrito Central, Tramo de Mega Larach Periférico a Residencial Ciudad Jardín.

INTEGRANTES:

| NOMBRE | CUENTA |
|------------------------------|----------|
| Alejandro Meléndez Cantarero | 11811344 |
| Melany Liceth Murillo Osorio | 11711239 |

| ASESORAMIENTO | Nº: <u>04</u> |
|-------------------------------|---------------|
| ASESOR: Ing. Luz Marina Funes | |
| 1. Definición de Metodología | |
| 2. Discusión de variables | |
| 3. Diseño de bacheo | |
| 4. Visita de campo | |
| 5. | |
| 6. | |
| 7. | |
| 8. | |
| 9. | |
| 10. | |
| FIRMA DELASESOR | SEIIO |
| Fecha: <u>01/09/2022</u> | |

ACTA DE ASESORAMIENTO TÉCNICO

NOMBRE DEL PROYECTO:

Mantenimiento Correctivo del pavimento del Anillo Periférico del Municipio de Distrito Central, Tramo de Mega Larach Periférico a Residencial Ciudad Jardín.

INTEGRANTES:

| NOMBRE | CUENTA |
|------------------------------|----------|
| Alejandro Meléndez Cantarero | 11811344 |
| Melany Liceth Murillo Osorio | 11711239 |

| ASESORAMIENTO | Nº: <u>05</u> |
|--------------------------------------|---------------|
| ASESOR: Ing. Luz Marina Funez | |
| 1. Discusión del título | |
| 2. Discusión de variables | |
| 3. Diseño de estructura | |
| 4. Revisión general de marco teórico | |
| 5. | |
| 6. | |
| 7. | |
| 8. | |
| 9. | |
| 10. | |
| FIRMA DELASESOR | SEIIO |
| Fecha: <u>06/09/2022</u> | |


ACTA DE ASESORAMIENTO TÉCNICO

NOMBRE DEL PROYECTO:

Rehabilitación de Pavimento del Anillo Periférico, Tramo Mega Larach Periférico
a Residencial ciudad Jardón

INTEGRANTES:

| NOMBRE | CUENTA |
|------------------------------|----------|
| Alejandro Meléndez Cantarero | 11811344 |
| Melany Liceth Murillo Osorio | 11711239 |

| ASESORAMIENTO | Nº: <u>06</u> |
|---|---------------|
| ASESOR: Ing. Dorian Espinoza | |
| 1. Consulta sobre tipo de suelo que se encuentra en el tramo | |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | |
| 5 | |
| 6 | |
| 7 | |
| 8 | |
| 9 | |
| 10 | |
|  FIRMA DEL ASESOR | SEIIO |
| Fecha: <u>12 /09/2022</u> | |

ACTA DE ASESORAMIENTO TÉCNICO

NOMBRE DEL PROYECTO:

Mantenimiento Correctivo del pavimento del Anillo Periférico del Municipio de Distrito Central, Tramo de Mega Larach Periférico a Residencial Ciudad Jardín.

INTEGRANTES:

| NOMBRE | CUENTA |
|------------------------------|----------|
| Alejandro Meléndez Cantarero | 11811344 |
| Melany Liceth Murillo Osorio | 11711239 |

| ASESORAMIENTO | Nº: <u>07</u> |
|--|--------------------------|
| ASESOR: Ing. Luz Marina Funez | |
| 1. Discusión de datos de suelo encontrados | |
| 2 | Planteamiento del diseño |
| 3 | |
| 4 | |
| 5 | |
| 6 | |
| 7 | |
| 8 | |
| 9 | |
| 10 | |
| FIRMA DELASESOR | SEIIO |
| Fecha: <u>15/09/2022</u> | |

ACTA DE ASESORAMIENTO TÉCNICO

NOMBRE DEL PROYECTO:

Mantenimiento Correctivo del pavimento del Anillo Periférico del Municipio de Distrito Central, Tramo de Mega Larach Periférico a Residencial Ciudad Jardín.

INTEGRANTES:

| NOMBRE | CUENTA |
|------------------------------|----------|
| Alejandro Meléndez Cantarero | 11811344 |
| Melany Liceth Murillo Osorio | 11711239 |

| ASESORAMIENTO | Nº: <u>08</u> |
|-------------------------------|---------------|
| ASESOR: Ing. Luz Marina Funez | |
| 1. Discusión del diseño | |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | |
| 5 | |
| 6 | |
| 7 | |
| 8 | |
| 9 | |
| 10 | |
| FIRMA DELASESOR | SEIIO |
| Fecha: <u>15/09/2022</u> | |

ACTA DE ASESORAMIENTO TÉCNICO

NOMBRE DEL PROYECTO:

Mantenimiento Correctivo del pavimento del Anillo Periférico del Municipio de Distrito Central, Tramo de Mega Larach Periférico a Residencial Ciudad Jardín.

INTEGRANTES:

| NOMBRE | CUENTA |
|------------------------------|----------|
| Alejandro Meléndez Cantarero | 11811344 |
| Melany Liceth Murillo Osorio | 11711239 |

| ASESORAMIENTO | Nº: <u>09</u> |
|-------------------------------|---------------------------------|
| ASESOR: Ing. Luz Marina Funez | |
| 1. Discusión del diseño | |
| 2 | Manejo del programa PerRoad 4.4 |
| 3 | |
| 4 | |
| 5 | |
| 6 | |
| 7 | |
| 8 | |
| 9 | |
| 10 | |
| FIRMA DELASESOR | SEIIO |
| Fecha: <u>15/09/2022</u> | |

ACTA DE ASESORAMIENTO TÉCNICO

NOMBRE DEL PROYECTO:

Mantenimiento Correctivo del pavimento del Anillo Periférico del Municipio de Distrito Central, Tramo de Mega Larach Periférico a Residencial Ciudad Jardín.

INTEGRANTES:

| NOMBRE | CUENTA |
|------------------------------|----------|
| Alejandro Meléndez Cantarero | 11811344 |
| Melany Liceth Murillo Osorio | 11711239 |

| ASESORAMIENTO | Nº: <u>10</u> |
|------------------------------------|---------------|
| ASESOR: Ing. Luz Marina Funez | |
| 1. Discusión del diseño | |
| 2. Manejo del programa PerRoad 4.4 | |
| 3 | |
| 4 | |
| 5 | |
| 6 | |
| 7 | |
| 8 | |
| 9 | |
| 10 | |
| FIRMA DELASESOR | SEIIO |
| Fecha: <u>15/09/2022</u> | |

Anexo 4 - Cronograma de actividades

| | |
|--------------|--|
| PROGRAMADO | |
| EN EJECUCIÓN | |
| EJECUTADO | |

Tabla 45 - Actividades semana 1

| ACTIVIDAD | SEMANA 1 | | | | | | |
|---|----------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|
| | LUNES | MARTES | MIÉRCOLES | JUEVES | VIERNES | SÁBADO | DOMINGO |
| Portada | | | | | | | |
| Autorización | | | | | | | |
| Hoja de firmas | | | | | | | |
| Resumen ejecutivo (español) | | | | | | | |
| Índice de contenido | | | | | | | |
| Índice de ilustraciones | | | | | | | |
| Índice de tablas | | | | | | | |
| Índice de ecuaciones | | | | | | | |
| Índice de anexos | | | | | | | |
| Siglas | | | | | | | |
| Glosario | | | | | | | |
| I. Introducción | | | | | | | |
| II. Planteamiento del problema | | | | | | | |
| III. Marco Teórico | | | | | | | |
| IV. Metodología | | | | | | | |
| V. Resultados y análisis | | | | | | | |
| V. Conclusiones | | | | | | | |
| VI. Recomendaciones | | | | | | | |
| Bibliografía | | | | | | | |
| Anexos | | | | | | | |
| ENTREGABLES MEDIO PERIODO | | | | | | | |
| INFORME MEDIO PERIODO (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| PRESENTACIÓN (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| GUIÓN DE LA PRESENTACIÓN (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| ENSAYO CONFERENCIA 1 (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| ENTREGABLES FINALES | | | | | | | |
| ENSAYO CONFERENCIA 2 (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| ENTREGA CALIFICACIÓN CURSO ALFIN (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| PLANOS O PAPER (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| INFORME FINAL (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| PRESENTACIÓN FINAL (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| GUIÓN DE LA PRESENTACIÓN FINAL (EN SEMANA 10) | | | | | | | |

Tabla 46 - Actividades semana 2

| ACTIVIDAD | SEMANA 2 | | | | | | |
|---|----------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|
| | LUNES | MARTES | MIÉRCOLES | JUEVES | VIERNES | SÁBADO | DOMINGO |
| Portada | | | | | | | |
| Autorización | | | | | | | |
| Hoja de firmas | | | | | | | |
| Resumen ejecutivo (español) | | | | | | | |
| Índice de contenido | | | | | | | |
| Índice de ilustraciones | | | | | | | |
| Índice de tablas | | | | | | | |
| Índice de ecuaciones | | | | | | | |
| Índice de anexos | | | | | | | |
| Siglas | | | | | | | |
| Glosario | | | | | | | |
| I. Introducción | | | | | | | |
| II. Planteamiento del problema | | | | | | | |
| III. Marco Teórico | | | | | | | |
| IV. Metodología | | | | | | | |
| V. Resultados y análisis | | | | | | | |
| V. Conclusiones | | | | | | | |
| VI. Recomendaciones | | | | | | | |
| Bibliografía | | | | | | | |
| Anexos | | | | | | | |
| ENTREGABLES MEDIO PERIODO | | | | | | | |
| INFORME MEDIO PERIODO (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| PRESENTACIÓN (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| GUIÓN DE LA PRESENTACIÓN (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| ENSAYO CONFERENCIA 1 (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| ENTREGABLES FINALES | | | | | | | |
| ENSAYO CONFERENCIA 2 (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| ENTREGA CALIFICACIÓN CURSO ALFIN (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| PLANOS O PAPER (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| INFORME FINAL (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| PRESENTACIÓN FINAL (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| GUIÓN DE LA PRESENTACIÓN FINAL (EN SEMANA 10) | | | | | | | |

Tabla 47 - Actividades semana 3

| ACTIVIDAD | SEMANA 3 | | | | | | |
|---|----------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|
| | LUNES | MARTES | MIÉRCOLES | JUEVES | VIERNES | SÁBADO | DOMINGO |
| Portada | | | | | | | |
| Autorización | | | | | | | |
| Hoja de firmas | | | | | | | |
| Resumen ejecutivo (español) | | | | | | | |
| Índice de contenido | | | | | | | |
| Índice de ilustraciones | | | | | | | |
| Índice de tablas | | | | | | | |
| Índice de ecuaciones | | | | | | | |
| Índice de anexos | | | | | | | |
| Siglas | | | | | | | |
| Glosario | | | | | | | |
| I. Introducción | | | | | | | |
| II. Planteamiento del problema | | | | | | | |
| III. Marco Teórico | | | | | | | |
| IV. Metodología | | | | | | | |
| V. Resultados y análisis | | | | | | | |
| V. Conclusiones | | | | | | | |
| VI. Recomendaciones | | | | | | | |
| Bibliografía | | | | | | | |
| Anexos | | | | | | | |
| ENTREGABLES MEDIO PERIODO | | | | | | | |
| INFORME MEDIO PERIODO (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| PRESENTACIÓN (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| GUIÓN DE LA PRESENTACIÓN (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| ENSAYO CONFERENCIA 1 (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| ENTREGABLES FINALES | | | | | | | |
| ENSAYO CONFERENCIA 2 (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| ENTREGA CALIFICACIÓN CURSO ALFIN (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| PLANOS O PAPER (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| INFORME FINAL (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| PRESENTACIÓN FINAL (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| GUIÓN DE LA PRESENTACIÓN FINAL (EN SEMANA 10) | | | | | | | |

Tabla 48 - Actividades semana 4

| ACTIVIDAD | SEMANA 4 | | | | | | |
|---|----------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|
| | LUNES | MARTES | MIÉRCOLES | JUEVES | VIERNES | SÁBADO | DOMINGO |
| Portada | | | | | | | |
| Autorización | | | | | | | |
| Hoja de firmas | | | | | | | |
| Resumen ejecutivo (español) | | | | | | | |
| Índice de contenido | | | | | | | |
| Índice de ilustraciones | | | | | | | |
| Índice de tablas | | | | | | | |
| Índice de ecuaciones | | | | | | | |
| Índice de anexos | | | | | | | |
| Siglas | | | | | | | |
| Glosario | | | | | | | |
| I. Introducción | | | | | | | |
| II. Planteamiento del problema | | | | | | | |
| III. Marco Teórico | | | | | | | |
| IV. Metodología | | | | | | | |
| V. Resultados y análisis | | | | | | | |
| V. Conclusiones | | | | | | | |
| VI. Recomendaciones | | | | | | | |
| Bibliografía | | | | | | | |
| Anexos | | | | | | | |
| ENTREGABLES MEDIO PERIODO | | | | | | | |
| INFORME MEDIO PERIODO (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| PRESENTACIÓN (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| GUIÓN DE LA PRESENTACIÓN (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| ENSAYO CONFERENCIA 1 (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| ENTREGABLES FINALES | | | | | | | |
| ENSAYO CONFERENCIA 2 (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| ENTREGA CALIFICACIÓN CURSO ALFIN (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| PLANOS O PAPER (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| INFORME FINAL (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| PRESENTACIÓN FINAL (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| GUIÓN DE LA PRESENTACIÓN FINAL (EN SEMANA 10) | | | | | | | |

Tabla 49 - Actividades semana 5

| ACTIVIDAD | SEMANA 5 | | | | | | |
|---|----------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|
| | LUNES | MARTES | MIÉRCOLES | JUEVES | VIERNES | SÁBADO | DOMINGO |
| Portada | | | | | | | |
| Autorización | | | | | | | |
| Hoja de firmas | | | | | | | |
| Resumen ejecutivo (español) | | | | | | | |
| Índice de contenido | | | | | | | |
| Índice de ilustraciones | | | | | | | |
| Índice de tablas | | | | | | | |
| Índice de ecuaciones | | | | | | | |
| Índice de anexos | | | | | | | |
| Siglas | | | | | | | |
| Glosario | | | | | | | |
| I. Introducción | | | | | | | |
| II. Planteamiento del problema | | | | | | | |
| III. Marco Teórico | | | | | | | |
| IV. Metodología | | | | | | | |
| V. Resultados y análisis | | | | | | | |
| V. Conclusiones | | | | | | | |
| VI. Recomendaciones | | | | | | | |
| Bibliografía | | | | | | | |
| Anexos | | | | | | | |
| ENTREGABLES MEDIO PERIODO | | | | | | | |
| INFORME MEDIO PERIODO (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| PRESENTACIÓN (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| GUIÓN DE LA PRESENTACIÓN (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| ENSAYO CONFERENCIA 1 (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| ENTREGABLES FINALES | | | | | | | |
| ENSAYO CONFERENCIA 2 (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| ENTREGA CALIFICACIÓN CURSO ALFIN (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| PLANOS O PAPER (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| INFORME FINAL (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| PRESENTACIÓN FINAL (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| GUIÓN DE LA PRESENTACIÓN FINAL (EN SEMANA 10) | | | | | | | |

Tabla 50 - Actividades semana 6

| ACTIVIDAD | SEMANA 6 | | | | | | |
|---|----------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|
| | LUNES | MARTES | MIÉRCOLES | JUEVES | VIERNES | SÁBADO | DOMINGO |
| Portada | | | | | | | |
| Autorización | | | | | | | |
| Hoja de firmas | | | | | | | |
| Resumen ejecutivo (español) | | | | | | | |
| Índice de contenido | | | | | | | |
| Índice de ilustraciones | | | | | | | |
| Índice de tablas | | | | | | | |
| Índice de ecuaciones | | | | | | | |
| Índice de anexos | | | | | | | |
| Siglas | | | | | | | |
| Glosario | | | | | | | |
| I. Introducción | | | | | | | |
| II. Planteamiento del problema | | | | | | | |
| III. Marco Teórico | | | | | | | |
| IV. Metodología | | | | | | | |
| V. Resultados y análisis | | | | | | | |
| V. Conclusiones | | | | | | | |
| VI. Recomendaciones | | | | | | | |
| Bibliografía | | | | | | | |
| Anexos | | | | | | | |
| ENTREGABLES MEDIO PERIODO | | | | | | | |
| INFORME MEDIO PERIODO (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| PRESENTACIÓN (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| GUIÓN DE LA PRESENTACIÓN (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| ENSAYO CONFERENCIA 1 (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| ENTREGABLES FINALES | | | | | | | |
| ENSAYO CONFERENCIA 2 (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| ENTREGA CALIFICACIÓN CURSO ALFIN (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| PLANOS O PAPER (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| INFORME FINAL (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| PRESENTACIÓN FINAL (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| GUIÓN DE LA PRESENTACIÓN FINAL (EN SEMANA 10) | | | | | | | |

Tabla 51 - Actividades semana 7

| ACTIVIDAD | SEMANA 7 | | | | | | |
|---|----------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|
| | LUNES | MARTES | MIÉRCOLES | JUEVES | VIERNES | SÁBADO | DOMINGO |
| Portada | | | | | | | |
| Autorización | | | | | | | |
| Hoja de firmas | | | | | | | |
| Resumen ejecutivo (español) | | | | | | | |
| Índice de contenido | | | | | | | |
| Índice de ilustraciones | | | | | | | |
| Índice de tablas | | | | | | | |
| Índice de ecuaciones | | | | | | | |
| Índice de anexos | | | | | | | |
| Siglas | | | | | | | |
| Glosario | | | | | | | |
| I. Introducción | | | | | | | |
| II. Planteamiento del problema | | | | | | | |
| III. Marco Teórico | | | | | | | |
| IV. Metodología | | | | | | | |
| V. Resultados y análisis | | | | | | | |
| V. Conclusiones | | | | | | | |
| VI. Recomendaciones | | | | | | | |
| Bibliografía | | | | | | | |
| Anexos | | | | | | | |
| ENTREGABLES MEDIO PERIODO | | | | | | | |
| INFORME MEDIO PERIODO (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| PRESENTACIÓN (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| GUIÓN DE LA PRESENTACIÓN (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| ENSAYO CONFERENCIA 1 (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| ENTREGABLES FINALES | | | | | | | |
| ENSAYO CONFERENCIA 2 (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| ENTREGA CALIFICACIÓN CURSO ALFIN (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| PLANOS O PAPER (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| INFORME FINAL (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| PRESENTACIÓN FINAL (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| GUIÓN DE LA PRESENTACIÓN FINAL (EN SEMANA 10) | | | | | | | |

Tabla 52 -Actividades semana 8

| ACTIVIDAD | SEMANA 8 | | | | | | |
|---|----------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|
| | LUNES | MARTES | MIÉRCOLES | JUEVES | VIERNES | SÁBADO | DOMINGO |
| Portada | | | | | | | |
| Autorización | | | | | | | |
| Hoja de firmas | | | | | | | |
| Resumen ejecutivo (español) | | | | | | | |
| Índice de contenido | | | | | | | |
| Índice de ilustraciones | | | | | | | |
| Índice de tablas | | | | | | | |
| Índice de ecuaciones | | | | | | | |
| Índice de anexos | | | | | | | |
| Siglas | | | | | | | |
| Glosario | | | | | | | |
| I. Introducción | | | | | | | |
| II. Planteamiento del problema | | | | | | | |
| III. Marco Teórico | | | | | | | |
| IV. Metodología | | | | | | | |
| V. Resultados y análisis | | | | | | | |
| V. Conclusiones | | | | | | | |
| VI. Recomendaciones | | | | | | | |
| Bibliografía | | | | | | | |
| Anexos | | | | | | | |
| ENTREGABLES MEDIO PERIODO | | | | | | | |
| INFORME MEDIO PERIODO (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| PRESENTACIÓN (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| GUIÓN DE LA PRESENTACIÓN (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| ENSAYO CONFERENCIA 1 (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| ENTREGABLES FINALES | | | | | | | |
| ENSAYO CONFERENCIA 2 (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| ENTREGA CALIFICACIÓN CURSO ALFIN (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| PLANOS O PAPER (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| INFORME FINAL (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| PRESENTACIÓN FINAL (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| GUIÓN DE LA PRESENTACIÓN FINAL (EN SEMANA 10) | | | | | | | |

Tabla 53 - Actividades semana 9

| ACTIVIDAD | SEMANA 9 | | | | | | |
|---|----------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|
| | LUNES | MARTES | MIÉRCOLES | JUEVES | VIERNES | SÁBADO | DOMINGO |
| Portada | | | | | | | |
| Autorización | | | | | | | |
| Hoja de firmas | | | | | | | |
| Resumen ejecutivo (español) | | | | | | | |
| Índice de contenido | | | | | | | |
| Índice de ilustraciones | | | | | | | |
| Índice de tablas | | | | | | | |
| Índice de ecuaciones | | | | | | | |
| Índice de anexos | | | | | | | |
| Siglas | | | | | | | |
| Glosario | | | | | | | |
| I. Introducción | | | | | | | |
| II. Planteamiento del problema | | | | | | | |
| III. Marco Teórico | | | | | | | |
| IV. Metodología | | | | | | | |
| V. Resultados y análisis | | | | | | | |
| V. Conclusiones | | | | | | | |
| VI. Recomendaciones | | | | | | | |
| Bibliografía | | | | | | | |
| Anexos | | | | | | | |
| ENTREGABLES MEDIO PERIODO | | | | | | | |
| INFORME MEDIO PERIODO (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| PRESENTACIÓN (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| GUIÓN DE LA PRESENTACIÓN (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| ENSAYO CONFERENCIA 1 (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| ENTREGABLES FINALES | | | | | | | |
| ENSAYO CONFERENCIA 2 (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| ENTREGA CALIFICACIÓN CURSO ALFIN (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| PLANOS O PAPER (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| INFORME FINAL (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| PRESENTACIÓN FINAL (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| GUIÓN DE LA PRESENTACIÓN FINAL (EN SEMANA 10) | | | | | | | |

Tabla 54 - Actividades semana 10

| ACTIVIDAD | SEMANA 10 | | | | | | |
|---|-----------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|
| | LUNES | MARTES | MIÉRCOLES | JUEVES | VIERNES | SÁBADO | DOMINGO |
| Portada | | | | | | | |
| Autorización | | | | | | | |
| Hoja de firmas | | | | | | | |
| Resumen ejecutivo (español) | | | | | | | |
| Índice de contenido | | | | | | | |
| Índice de ilustraciones | | | | | | | |
| Índice de tablas | | | | | | | |
| Índice de ecuaciones | | | | | | | |
| Índice de anexos | | | | | | | |
| Siglas | | | | | | | |
| Glosario | | | | | | | |
| I. Introducción | | | | | | | |
| II. Planteamiento del problema | | | | | | | |
| III. Marco Teórico | | | | | | | |
| IV. Metodología | | | | | | | |
| V. Resultados y análisis | | | | | | | |
| V. Conclusiones | | | | | | | |
| VI. Recomendaciones | | | | | | | |
| Bibliografía | | | | | | | |
| Anexos | | | | | | | |
| ENTREGABLES MEDIO PERIODO | | | | | | | |
| INFORME MEDIO PERIODO (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| PRESENTACIÓN (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| GUIÓN DE LA PRESENTACIÓN (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| ENSAYO CONFERENCIA 1 (EN SEMANA 5) | | | | | | | |
| ENTREGABLES FINALES | | | | | | | |
| ENSAYO CONFERENCIA 2 (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| ENTREGA CALIFICACIÓN CURSO ALFIN (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| PLANOS O PAPER (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| INFORME FINAL (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| PRESENTACIÓN FINAL (EN SEMANA 10) | | | | | | | |
| GUIÓN DE LA PRESENTACIÓN FINAL (EN SEMANA 10) | | | | | | | |