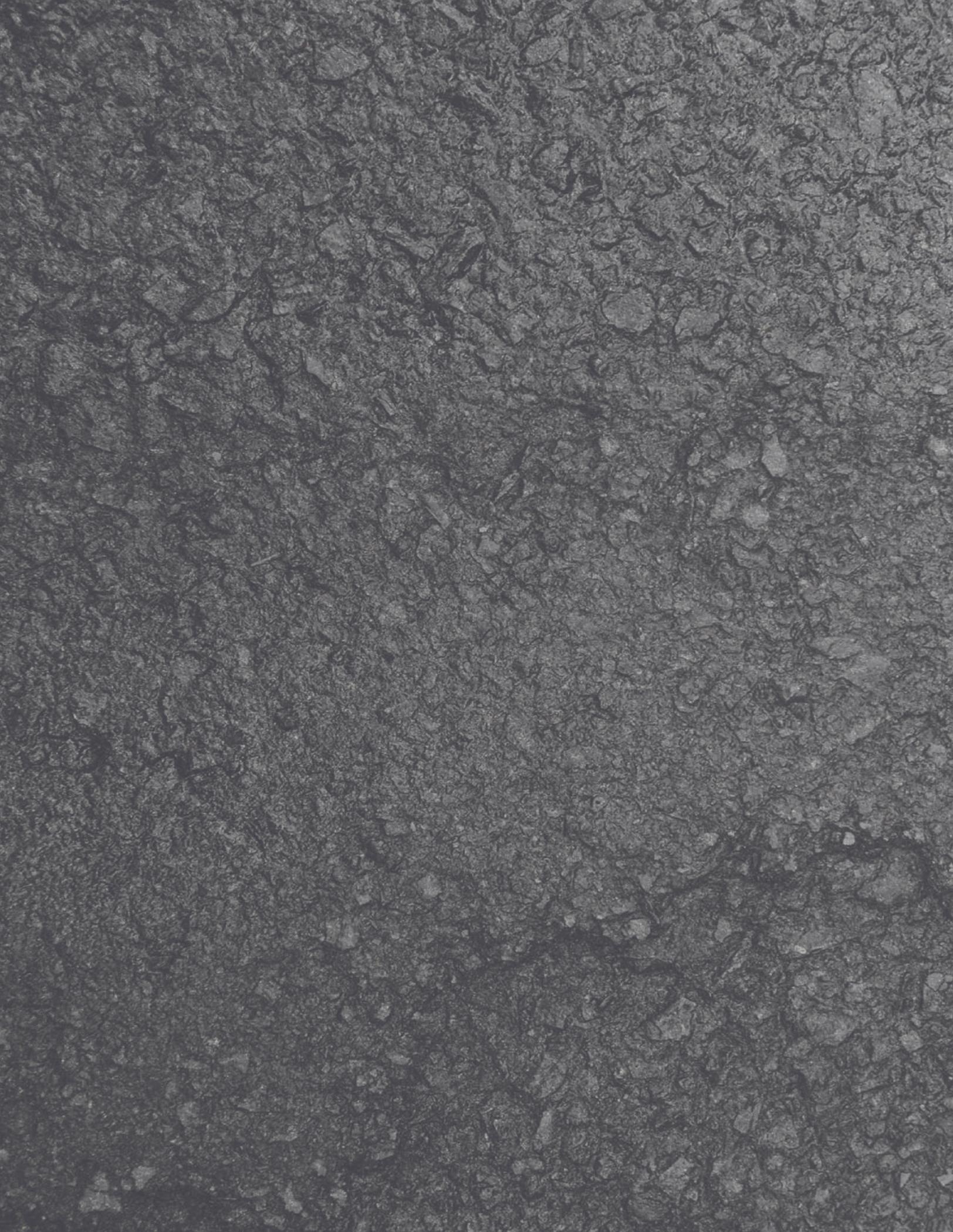


MANUAL

INCORPORACIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS AL ASFALTO



Cunizab
Centro Universitario de Izabal
Universidad de San Carlos de Guatemala



CONSULTOR PARA LA ELABORACIÓN DEL MANUAL DE INCORPORACIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS AL ASFALTO

Componente del proyecto piloto:

“PREVENCIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS PARA REDUCIR SU IMPACTO EN EL MAR CARIBE DE GUATEMALA A TRAVÉS DE MÉTODOS INNOVADORES CON LA PARTICIPACIÓN DEL SECTOR DE ACADEMIA, SECTOR PRIVADO Y COMUNIDAD”,
en el marco del proyecto regional caribe circular.

Sistematización de los procesos que se ejecutaron en el proyecto de CUNIZAB para la incorporación de residuos plasticos al asfalto.

Informe de contrato -CSUCA no. 03-2022 Contrato administrativo de servicios profesionales a favor de Mario Alfonso Cruz Tenas.

Puerto Barrios, enero del 2023.

INDICE

Introducción.....	5
Antecedentes.....	7
Glosario.....	9
Marco Teórico.....	10
Descripción de proceso (flujograma).....	17
Metodología.....	18
Ensayos a muestra asfáltica, suelo y diseño de pavimento.....	20
Diseño de estructura de pavimento.....	28
Diseño estructural de pavimento.....	32
Conclusiones y recomendaciones de resultados de los laboratorios de suelos y diseño estructural del pavimento.....	38
Equipo utilizado para la preparación de materiales y colocación de asfalto al parqueo del CUNIZAB.....	41
Tabla de proporciones para mezcla asfáltica en caliente con 0.5% PE + 1.5% PET61.....	46
Ejercicio de validación practica (estacionamiento motocicletas).....	48
Bibliografía.....	53

INTRODUCCIÓN

El asfalto modificado es un campo que se encuentra en constante evolución, impulsado por la necesidad de abordar un problema global apremiante: la acumulación de desechos plásticos en nuestras playas y entornos naturales. Este manual aborda de manera crucial esta problemática, proporcionando una solución innovadora y sostenible que tiene un impacto directo en la preservación de nuestro medio ambiente.

El crecimiento desenfrenado de la producción de plásticos ha llevado a una crisis ambiental. Millones de toneladas de plástico terminan en nuestros océanos y playas cada año, amenazando la vida marina y afectando negativamente nuestro ecosistema. La contaminación por plástico es un problema urgente que requiere medidas efectivas.

En este contexto, la creación y promoción del “manual de ecoasfalto” se presenta como una guía alternativa ingeniosa para la aplicación de asfalto en carreteras, parqueos, para bacheo etc. Este manual tiene como objetivo principal proporcionar información detallada sobre cómo convertir estos desechos plásticos en un recurso valioso mezclado con asfalto y sostenible en la industria de la construcción. La necesidad de abordar esta problemática no puede subestimarse, y el asfalto modificado con plástico representa una alternativa que puede mitigar la contaminación y ofrecer un camino hacia el futuro más limpio y sostenible.

En el contexto del estudio realizado, se analizaron mezclas en caliente, las cuales son ampliamente utilizadas en pavimentos flexibles. Estas mezclas se componen de tres elementos fundamentales: los agregados (pétreos), como la arena, el pedrín y el plástico; el bitumen (AC-30) y los aditivos. En este estudio, se trabajó con agregados provenientes de la cantera Cayuga y plástico proveniente del centro de acopio de la comunidad de El Quetzalito, los cuales fueron triturados en la planta Perenco Piedras

Negras, ubicada en Puerto Barrios, Izabal. El bitumen (AC-30) fue suministrado por Perenco Guatemala Limited y los aditivos fueron cuidadosamente seleccionados para evitar contaminar la mezcla asfáltica.

El “ecoasfalto” podría coadyuvar a resolver el problema de la acumulación de plásticos y micro plásticos en el mar y las playas del caribe guatemalteco, sino que también ofrece una serie de beneficios significativos: el plástico además que es 100% reciclable, es que es resistente, inerte y liviano además la disminución de los gases de efecto invernadero.

Este material no solo es más respetuoso con el medio ambiente, sino que también mejora la calidad y durabilidad de las carreteras la reducción de los costos de construcción de carreteras. El asfalto modificado con plástico es un material más económico y sostenible en comparación con opciones tradicionales como el concreto o el asfalto convencional. La adición de plástico brinda una capa adicional de protección y resistencia, lo que prolonga la vida útil de las vías y reduce los costos de mantenimiento. Además, el ecoasfalto es una opción económica y sostenible en comparación con las alternativas tradicionales, lo que promueve prácticas más responsables en la industria de la construcción.

Este manual se presenta como una herramienta valiosa para abordar de manera sistematizada las experiencias acumuladas durante el diseño y la ejecución de proyectos que involucran cambios y nuevas metodologías en la utilización de desechos plásticos en las mezclas asfálticas los problemas ambientales más apremiantes de nuestra época al tiempo que brinda soluciones prácticas y sostenibles. La implementación del ecoasfalto no solo contribuye a la preservación del planeta, sino que también ofrece beneficios técnicos, económicos y ambientales significativos para profesionales y comunidades en todo el mundo.

ANTECEDENTES

Dentro de los Antecedentes del proyecto en los Términos de Referencia se indica que se dirige a la "Prevención de residuos plásticos en los mares de Centroamérica y el Caribe (Caribe Circular)" es implementado por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, en coordinación con la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA) y con la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente (SEMA) del Estado de Quintana Roo, México. Está financiado por la Unión Europea (UE) y el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania.

Según lo publicado en La Cadena Global de Televisión de China, (CGTN) de fecha 30 de abril del año 2022: "Toneladas de desechos por las crecidas del río Motagua contaminan el Golfo de Honduras". Indicando al menos 5.000 toneladas de desechos sólidos que son arrastradas y depositadas al mar cada invierno por las aguas del río Motagua, que sirve de límite entre Honduras y Guatemala.

Ante lo cual se hace necesario poner en marcha programas de manejo de desechos mediante procesos viables, efectivos y seguros como el reciclaje de polímeros como el PET y HDPE. Uno de ellos es la utilización de máquinas recicladoras en áreas de difícil acceso que reducen la rentabilidad para la venta de polímeros reciclados.

GLOSARIO

Agregado

Material granular duro de composición mineralógica como la arena, la grava, la escoria o la roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

Ahuellamiento

Surcos que se desarrollan en el pavimento, en los carriles de las ruedas. Puede ser resultado de una consolidación por movimiento lateral de una o más capas del pavimento bajo efectos del tráfico o, pueden ser generados por un desplazamiento de la superficie misma del pavimento. Ocurren como resultado del movimiento plástico de una mezcla que tiene muy poca estabilidad para resistir el tráfico.

Asfalto

Material cementante, de color entre carmelito oscuro y negro, en el cual los constituyentes predominantes son bitúmenes que aparecen en la naturaleza o se obtienen en el procesamiento del petróleo. El asfalto es un constituyente, en proporciones variables, de la mayoría de los petróleos crudos.

Asfalto Modificado

Producto resultante de la incorporación en el asfalto de un modificado polímero o de hule molido.

Bitumen

Sustancia cementante de color negro (sólida, semi-sólida o viscosa), natural o fabricada, compuesta principalmente de hidrocarburos de alto peso molecular, siendo típicos los asfaltos, las breas o alquitranes, los betunes y las asfaltitas.

Cemento Asfáltico

Un asfalto con flujo o sin flujo, especialmente preparado en asfáltico cuanto a calidad y consistencia para ser usado directamente en la producción de pavimentos asfáltico.

Compactación

Acto de comprimir un volumen dado de material en un volumen más pequeño. Generalmente la compactación se logra usando los rodillos o compactadores neumáticos.

Consistencia

Describe el grado de fluidez o plasticidad de un cemento asfáltico a determinada temperatura. Varía con la temperatura: Es necesario usar una temperatura patrón cuando se está comparando la consistencia de un cemento asfáltico con XIII la de otro. La temperatura utilizada para este propósito es 60°C (140°F).

Deformación

Cualquier cambio que presente un pavimento respecto a su forma original.

Densidad

Grado de solidez que puede alcanzarse en una mezcla dada. Está limitada por la eliminación total de los vacíos que se encuentran entre las partículas de la mezcla.

Estabilidad

Capacidad de una mezcla asfáltica de resistir deformación bajo las cargas impuestas. La estabilidad está en función de la cohesión y la fricción interna del material.

Fatiga trapezoidal

Debilitamiento de un material debido a cargas repetidas que siguen un perfil trapezoidal. Una carga trapezoidal se incrementa linealmente, se mantiene constante por un tiempo y luego disminuye linealmente, representando una forma trapezoidal cuando se grafica contra el tiempo.

Flexibilidad

Capacidad del pavimento asfáltico de ajustarse a los asentamientos en la fundación.

Impermeabilidad

Capacidad de un pavimento asfáltico de resistir el paso de aire y agua dentro o a través del mismo.

Mezcla asfáltica en caliente

Mezclas de planta que deben ser colocadas y compactadas en caliente a temperaturas elevadas.

Polímero

Sustancia que consiste en grandes moléculas formadas por muchas unidades pequeñas que se repiten

Tamiz

Aparato de aberturas cuadradas, utilizado para separar tamaños de material.

Viscosidad

Medida de la resistencia al flujo. Método usado para medir la consistencia del asfalto.

AASHTO

American Association of State Highway and Transportation Officials

ASTM

American Society for Testing and Materials



MARCO REFERENCIAL

MEZCLAS ASFÁLTICAS

Los productos asfálticos utilizados en pavimentos se obtienen principalmente a través de la destilación del petróleo crudo. Estos asfaltos pueden tener un origen natural o industrial. Son materiales que se utilizan para unir los agregados pétreos y formar las mezclas asfálticas, y desempeñan un papel crucial al proporcionar resistencia mecánica bajo cargas estáticas, monotónicas y/o cíclicas, así como impermeabilidad y durabilidad a la capa asfáltica. Existen diversos tipos de asfaltos que se emplean en la fabricación de mezclas asfálticas. Algunos de ellos son:

- Cemento asfáltico.
- Emulsiones asfálticas.
- Asfaltos rebajados.
- Asfaltos modificados y multigrados.
- Asfaltos espumados.
- Crudos pesados.
- Asfaltitos o asfaltos naturales.

El cemento asfáltico también conocido como CA o AC (Asphalt Cement por sus siglas en inglés), es el principal componente utilizado en la construcción de carreteras asfálticas. Este sistema de construcción implica la elaboración en planta, en caliente, de una mezcla precisa de materiales pétreos, polvo mineral, cemento asfáltico y aditivos, con el objetivo de obtener un producto de alta resistencia y durabilidad. Esta mezcla se puede aplicar de inmediato en la carretera, ya sea en una o varias capas, según lo indicado en los planos y las especificaciones técnicas, con el fin de proporcionar las características deseadas de resistencia y textura a las capas de soporte o superficie.

El uso del cemento asfáltico garantiza la obtención de un producto con características de calidad uniformes, que cumple con los estándares requeridos para el desarrollo de una carretera segura y duradera. Este material se puede tender y compactar de manera eficiente en la carretera durante el proceso de construcción, lo que permite su rápida puesta en servicio.

La clasificación del cemento asfáltico por Desempeño (PG - Performance Grade), es el sistema de clasificación del cemento asfáltico basado en las temperaturas máxima y mínima de trabajo a las que se desempeñará la mezcla asfáltica. Dicha clasificación se indica en la norma AASHTO MP-1. Esta clasificación tiende a substituir a las anteriores en las que se clasificaba por penetración o viscosidad.

La producción del asfalto, consiste en la obtención y explotación de canteras y bancos; la trituración de piedra o grava, combinándolas con arena de río y/o polvo mineral de trituración y material de relleno para formar un material clasificado que cumpla con las especificaciones definidas; así como el apilamiento, almacenamiento y acarreo del material a mezclar; el suministro, transporte, almacenamiento, calentamiento y aplicación del material bituminoso; el acarreo, colocación, tendido, conformación y compactación de la mezcla asfáltica; la regulación del tránsito; así como el control de laboratorio durante todas las operaciones necesarias, para construir el concreto asfáltico en una o varias capas, la cual debe tener el ancho, espesores y proporciones indicadas en los planos y en las disposiciones especiales.

MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FRÍO

La mezcla asfáltica en frío es una mezcla de agregado mineral con o sin relleno mineral, con asfalto emulsionado o rebajado, todo el proceso se lleva a cabo a temperatura ambiente. En general, las mezclas en frío se clasifican dependiendo del ligante que se utilice, la manera de mezclado, por su granulometría, si se utiliza material reciclado y finalmente, por periodo de almacenamiento. La mezcla asfáltica en frío con emulsión es producida con asfalto que ha sido emulsionado en agua antes de mezclarlo con el agregado.

En este estado de emulsión el asfalto es menos viscoso y la mezcla es más fácil de trabajar y compactar. La emulsión romperá luego de que suficiente agua se haya evaporado y la mezcla en frío comienza a tener una buena resistencia. Se utiliza comúnmente como material para bacheo en rutas de bajo tránsito.

MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE (MAC)

Las mezclas asfálticas son combinaciones de agregados pétreos recubiertos uniformemente por cemento asfáltico. Para lograr una mezcla adecuada, tanto los agregados pétreos como el cemento asfáltico deben ser calentados previamente. Esto se hace con el propósito de utilizar agregados secos que promuevan la adherencia entre el asfalto y los agregados, así como para obtener la fluidez y trabajabilidad deseadas del cemento asfáltico. En términos generales, este tipo de mezcla está compuesta por un porcentaje que oscila entre el 93% y 97% de agregados pétreos, y un 3% a 7% de cemento asfáltico con respecto a la masa total de la mezcla. Esta proporción garantiza la adecuada combinación de los materiales para lograr un resultado final óptimo en términos de resistencia y durabilidad de la superficie.

Composición:

1 Agregados Pétreos: (del latín Petreus) es aquel material proveniente de la roca y se utiliza sin apenas sufrir transformaciones, regularmente se encuentran en forma de macizos rocosos o en depósitos no consolidados conteniendo fragmentos de distintos tamaños (arena y gravas). Suelen ser naturales, aunque a veces procesados o manufacturados por el hombre, derivan de la roca o poseen una calidad similar a la de ésta, siendo usados casi exclusivamente en el sector de la construcción.

Los agregados pétreos pueden ser clasificados de la siguiente manera:

- a. Naturales. Localizados en yacimientos naturales o depósitos no consolidados, para utilizarlos sólo es necesario que sean seleccionados, refinados y clasificados por tamaños. (Arena, grava o piedrín).
- b. Artificiales o manufacturados. Se localizan en macizos rocosos, para obtenerlos se emplean procedimientos de voladura con explosivos, posteriormente se limpian (despolvan), trituran y clasifican; Con este proceso se procede a utilizarlos. (Cemento y derivados).
- c. Industriales. Son aquellos que han pasado por diferentes procesos de fabricación, tal como productos de desecho, materiales calcinados, procedentes de demoliciones o algunos que ya han sido manufacturados y mejorados. (Plásticos).

2 Cemento Asfáltico (bitumen) AC-30: El cemento asfáltico (CA) proviene del residuo generado en el proceso de destilación del petróleo crudo. Sus propiedades físico-químicas lo convierten en un excelente material ligante para la fabricación de mezclas asfálticas, las que se componen de CA, agregado pétreo y eventualmente otros materiales, y que son utilizadas masivamente en obras de pavimentación.

El CA se caracteriza por su adherencia, impermeabilidad, flexibilidad, durabilidad, además de su alta resistencia a la mayoría de los ácidos, sales y álcalis.

El AC-30 es un cemento asfáltico que cumple con las especificaciones de la norma internacional ASTM D 3381 – 92. Este actúa como ligante en las mezclas asfálticas en caliente, utilizadas habitualmente en la construcción de pavimentos de alto estándar que deben cumplir con un exigente nivel de servicio y una larga durabilidad.

3 Aditivos: Sirven para mejorar la resistencia de las mezclas al daño por humedad que puede producir el desprendimiento de la capa asfáltica del agregado pétreo. Prolongan la vida útil de los pavimentos, luchando contra las deformaciones permanentes (ahuellamientos), aumentando su resistencia a la fatiga (fisuración), las fugas de hidrocarburos y disminución en la susceptibilidad térmica.

MEZCLAS ASFALTICAS MODIFICADAS

Los asfaltos modificados son el producto de la disolución o incorporación de un aditivo modificador (polímero o no polímero), que son sustancias estables en el tiempo y a cambios de temperatura que se le añaden al material asfáltico para modificar sus propiedades como: susceptibilidad a la temperatura, intervalo de plasticidad, cohesión, respuesta elástica, resistencia al agua y al envejecimiento. Los modificadores aumentan la resistencia de las mezclas asfálticas a la deformación y a los esfuerzos de tensión repetidos como la fatiga; reducen el agrietamiento, la susceptibilidad de las capas asfálticas a las variaciones de la temperatura.

Estos modificadores son adicionados al asfalto antes de mezclarlos con el material pétreo. (Heshmat, 1997). Los ligantes asfálticos tradicionales tienen limitaciones en su respuesta a las cargas

que día a día aumentan su frecuencia y su intensidad, sin olvidar la acción del clima que en muchos proyectos han generado ondulamientos y agrietamientos prematuros.

En consecuencia, es necesario buscar y desarrollar materiales más resistentes que alarguen el periodo de servicio y disminuyan los gastos de conservación. Los ligantes modificados han demostrado capacidad para mejorar el comportamiento de los tradicionales, dando la oportunidad de adecuarlos a unas condiciones específicas de respuesta en los proyectos. (Arenas Lozano, H. L., 2011).

MÉTODO DE DISEÑO MARSHALL

El concepto del método Marshall para diseño de mezclas de pavimentación fue formulado por Bruce Marshall, ingeniero de asfaltos del Departamento de Autopistas del estado de Mississippi. El cuerpo de ingenieros de Estados Unidos, a través de una extensiva investigación y estudios de correlación, mejoró y adició ciertos aspectos al procedimiento de prueba Marshall y desarrollo un criterio de diseño de mezclas. El método original de Marshall, sólo es aplicable a mezclas asfálticas en caliente para pavimentación que contengan agregados con un tamaño máximo de 25 mm (1") o menor.

El método modificado se desarrolló para tamaños máximo arriba de 38 mm (1.5"). Está pensado para diseño en laboratorio y control de campo de mezclas asfálticas en caliente con graduación densa. Debido a que la prueba de estabilidad es de naturaleza empírica, la importancia de los resultados en términos de estimar el

comportamiento en campo se pierde cuando se realizan modificaciones a los procedimientos estándar.

El método Marshall utiliza especímenes de prueba estándar de una altura de 64 mm (2 ½") y 102 mm (4") de diámetro. Se preparan mediante un procedimiento específico para calentar, mezclar y compactar mezclas de asfalto-agregado. (ASTM D1559). Los dos aspectos principales del método de diseño son, la densidad-análisis de vacíos y la prueba de estabilidad y flujo de los especímenes compactados.

La estabilidad del espécimen de prueba es la máxima resistencia en N (lb) que un espécimen estándar desarrollará a 60° C cuando es ensayado. El valor de flujo es el movimiento total o deformación, en unidades de 0.25 mm (1/100") que ocurre en el espécimen entre estar sin carga y el punto máximo de carga durante la prueba de estabilidad.

Granulometría: La metodología Marshall utiliza una gráfica semilogarítmica para definir la granulometría permitida, en la cual en la ordenada se encuentran el porcentaje de material que pasa cierta malla, y en la abscisa las aberturas de las mallas en mm, graficadas en forma logarítmica.

La selección de una curva granulométrica para el diseño de una mezcla asfáltica cerrada o densa, está en función de dos parámetros: el tamaño máximo nominal del agregado y el de las líneas de control (superior e inferior), Las líneas de control son puntos de paso obligado para la curva granulométrica.

Especificaciones de la Metodología: La selección del contenido óptimo de asfalto depende de muchos criterios. Un punto inicial para el diseño es escoger el porcentaje de asfalto para el promedio de los límites de vacíos de aire, el cual es 4%. Todas las propiedades medidas y calculadas bajo este contenido de asfalto deberán ser evaluadas comparándolas con los criterios para el diseño de mezclas (Tabla 1.1). Si todos los criterios se cumplen, entonces se tendrá el diseño preliminar de la mezcla asfáltica, en caso de que un criterio no se cumpla, se necesitará hacer ajustes, o rediseñar la mezcla.

Criterio de diseño de mezclas Marshall

MÉTODO MARSHALL	TRÁFICO LIGERO		TRÁFICO MEDIO		TRÁFICO PESADO	
	CARPETA Y BASE		CARPETA Y BASE		CARPETA Y BASE	
CRITERIO DE MEZCLA	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
Compactación, número de golpes en cada uno de los especímenes	35		50		75	
Estabilidad (N) (L)	3336		5338		8006	
	750		1200		1800	
Flujo, (0.25 mm) (0.01 in)	8	18	8	16	8	14
Porcentaje de vacíos	3	5	3	5	3	5
Porcentaje de vacíos en los agregados minerales	Ver tabla 2.2					
Porcentaje de vacíos rellenos de asfalto	70	80	65	78	65	75

Tabla No. 1. Aspectos del diseño volumétrico de mezclas asfálticas. Secretaría de Comunicaciones y Transportes Instituto Mexicano del Transporte.

Mínimo porcentaje de vacíos de agregado mineral (VMA)

MÁXIMO TAMAÑO DE PARTÍCULA NOMINAL		PORCENTAJE MÍNIMO VMA		
		PORCENTAJE DISEÑO VACÍOS DE AIRE		
mm	in	3.0	4.0	5.0
1.18	No. 16	21.5	22.5	23.5
2.36	No. 8	19.0	20.0	21.0
4.75	No. 6	16.0	17.0	18.0
9.5	3/8	14.0	15.0	16.0
12.5	1/2	13.0	14.0	15.0
19	3/4	12.0	13.0	14.0
25	1.0	11.0	12.0	13.0
37.5	1.5	10.0	11.0	12.0

Tabla 2. Aspectos del diseño volumétrico de mezclas asfálticas. Secretaría de Comunicaciones y Transportes Instituto Mexicano del Transporte.

Evaluación y ajustes de una mezcla de diseño: Cuando se desarrolla una mezcla de diseño, es frecuentemente necesario hacer varias mezclas de prueba para encontrar una que cumpla con todos los criterios de diseño. Cada una de las mezclas de prueba sirve como una guía para evaluar y ajustar las pruebas siguientes. Para diseño de mezclas preliminares o exploratorias, es aconsejable comenzar con una graduación de agregado que se acerque a la media de los límites establecidos. Las mezclas de prueba iniciales sirven para establecer la fórmula de trabajo y verificar que la graduación de agregado dentro de los límites especificados puede ser reproducida en una planta mezcladora.

Cuando las mezclas de pruebas iniciales fallan con los criterios de diseño en cualquier contenido de asfalto seleccionado, será necesario modificar o, en algunos casos, rediseñar la mezcla. Para corregir una deficiencia, la manera más fácil de rediseñar una mezcla es cambiar la graduación de los agregados ajustando los porcentajes utilizados. Frecuentemente este ajuste es suficiente para cumplir con las especificaciones. Si el ajuste de los porcentajes no es suficiente, se deberán realizar serias consideraciones. Existen lineamientos generales para ajustar las mezclas de prueba, aunque estas sugerencias no funcionan en todos los casos:

1 Vacíos bajos y estabilidad baja: Los vacíos pueden incrementarse en diferentes formas. Como un acercamiento general para lograr vacíos altos en el agregado mineral (en consecuencia, proveer de suficientes espacios, para una adecuada cantidad de asfalto y vacíos de aire), la graduación del agregado debe ajustarse mediante la adición de más agregado grueso o fino.

Si el contenido de asfalto es más alto de lo normal y el exceso no es necesario para reemplazar el absorbido por el agregado, entonces el contenido de asfalto deberá reducirse a fin de incrementar el porcentaje de vacíos, proveyendo un adecuado VMA. Se deberá recordar que disminuir el porcentaje de asfalto podrá tender a bajar la durabilidad del pavimento. Demasiada reducción en el contenido de asfalto puede ocasionar fracturación, oxidación acelerada e incremento de la permeabilidad. Si los ajustes anteriores no producen una mezcla estable, el agregado tendrá que cambiarse.

Es también posible mejorar la estabilidad e incrementar el contenido de vacíos en el agregado de la mezcla, mediante el incremento del agregado grueso o reducción de la cantidad de material que pasa la malla No. 200. Con la incorporación de arena procesada, el contenido de vacíos puede mejorarse sin sacrificar la estabilidad de la mezcla.

2 Vacíos bajos y estabilidad satisfactoria: Bajos contenidos de vacíos pueden eventualmente resultar en inestabilidad debido a flujo plástico o después de que el pavimento ha sido expuesto al tránsito por un periodo de tiempo ante la reorientación de las partículas y compactación adicional.

Por su parte, insuficientes vacíos pueden ser producto de la cantidad requerida de asfalto para obtener una durabilidad alta en mezclas finas; sin embargo, la estabilidad es inicialmente satisfactoria por el tránsito específico. Una degradación de agregado pobre durante la producción de la mezcla y/o bajo la acción de tránsito puede ocasionar subsecuentemente inestabilidad y flujo si el contenido de vacíos de la mezcla no es suficiente. Por estas razones, mezclas con vacíos bajos tendrán que ajustarse por uno de los métodos dados, en el inciso anterior sin importar que la estabilidad inicial sea satisfactoria.

3 Vacíos satisfactorios y estabilidad baja: La baja estabilidad cuando los vacíos y la graduación del agregado son satisfactorios, puede indicar algunas deficiencias en el agregado. Se deberán tomar consideraciones para mejorar la forma de la partícula de los agregados utilizando material producto de trituración o incrementando el porcentaje de agregado grueso en la mezcla o posiblemente aumentando el tamaño máximo del agregado. Partículas de agregado con textura rugosa y superficies menos redondeadas, presentan más estabilidad cuando se mantiene o incrementa el volumen de vacíos.

4 Vacíos altos y estabilidad satisfactoria: Altos contenidos de vacíos se asocian frecuentemente con mezclas con alta permeabilidad; al permitir la circulación de aire y agua a través del pavimento pueden ocasionar endurecimiento prematuro del asfalto, desprendimiento del agregado, o posible desprendimiento del asfalto en el agregado. Aun cuando la estabilidad es satisfactoria, se deberán realizar ajustes para reducir los vacíos. Pequeñas reducciones se lograrán mediante la adición de polvo mineral a la mezcla. Podría ser necesario seleccionar o combinar agregados para lograr una graduación, la cual deberá estar cerca de la curva de máxima densidad.

5 Vacíos altos y estabilidad baja: Se deberán tomar en cuenta dos pasos para este tipo de condiciones; el primero es ajustar el volumen de vacíos mediante los métodos discutidos en los puntos anteriores; y en el segundo, si los ajustes no mejoran la estabilidad, deberá hacer una consideración de la calidad de los materiales, conforme en el numeral 1 y 2.

POLIETILENO

Este polímero no tiene una alta compatibilidad con el asfalto ni le confiere propiedades espectaculares, pero se usa ya que es un componente de bajo costo y soluciona un problema ecológico, al poder disponer de los desechos de este material en las carreteras.

Los asfaltos modificados con este tipo de polímero termoplástico cuando son añadidos en bajas proporciones poseen las siguientes propiedades:

- Buena resistencia al calor.
- Buena resistencia al envejecimiento.
- Baja viscosidad. En el plano mecánico:
- La resistencia Marshall aumenta de 2 a 2.5 veces a 25°C mientras que a 0°C y -2.5°C es prácticamente igual a la de un asfalto convencional.
- Buena flexibilidad a baja temperatura.
- Cuando es utilizado en concentraciones de 7% aumenta la rigidez del asfalto a temperaturas elevadas.
- Buena resistencia a deformaciones permanentes.

PLÁSTICO

Plástico es el nombre genérico y común que se le da a una serie de sustancias de estructura molecular y características físico-químicas semejantes, cuya característica fundamental es contar con elasticidad y flexibilidad durante un intervalo de temperaturas, permitiendo así su moldeado y adaptación a diversas formas. Este nombre proviene de su eminente plasticidad, es decir, su facilidad para adquirir ciertas formas.

La mayoría de los plásticos son, concretamente, materiales sintéticos y derivados del petróleo, obtenidos mediante procesos de polimerización, es decir, procesos de síntesis de largas cadenas de átomos de carbono, que dan origen a una sustancia orgánica maleable en caliente y resistente al frío. También existen plásticos que no son derivados del petróleo, como los plásticos derivados del almidón, la celulosa y ciertas bacterias. Este material es

sumamente versátil gracias a su liviandad, tacto agradable y resistencia tanto a la degradación biológica como a la ambiental (excepto por la exposición prolongada a rayos UV en algunos casos).

Estas propiedades son difíciles de conseguir con otros materiales, y hacen del plástico al mismo tiempo una bendición y un problema, ya que a la par de ser el material sintético más útil y eficaz de la historia humana, es también la principal fuente de contaminación sólida del planeta (desechos). Por suerte, el plástico es reciclable, aunque su producción es mucho más barata y sencilla que su reutilización.

Al ser sometidos al calor directo, la mayoría de los plásticos desprenden gases ricos en dioxinas y furanos, hidrocarburos cancerígenos y compuestos capaces de sofocar a los seres vivos, además de ocasionar un daño atmosférico tremendo.

PROCESO Y MATERIALES PARA LA PRODUCCIÓN DEL ASFALTO MODIFICADO

Proceso del plástico:

Primero se realizó la recolección del plástico por medio de redes y bardas artesanales instaladas en el río Motagua y la bahía de Amatique, siguiendo con la clasificación y limpieza del plástico en centro de acopio en el Quetzalito, Izabal.

Ya que se encuentra limpio se procede a transformarlo en materia primera para segundo uso mediante una planta trituradora; seguido en una planta industrial se mezcla el asfalto y el plástico proveniente de la planta de reciclaje con los demás componentes como lo es el bitumen. Por último, el asfalto ya modificado se mezcla con los agregados pétreos (arena y piedrín) para proceder a ser aplicado.

Arena:

La arena es extraída del río motagua, posterior a esto se le realiza un lavado en una lavadora de arena de gusano, la cual filtra y remueve el polvo de las piedras junto con otras impurezas mínimas, mejorando la calidad de esta.

Piedrín:

El piedrín se obtiene mediante un proceso de extracción de piedra en cantera a cielo abierto. Este consiste en extraer la roca de la tierra, se tritura para producir agregados, que luego se tamizan en los tamaños necesarios para su uso inmediato o para su procesamiento posterior.

Cemento asfáltico AC-30:

El cemento asfáltico (AC-30) es provisto por Perenco Guatemala Limited. Este es fabricado a partir de los fondos de la destilación al vacío de hidrocarburos naturales. El cual se somete a un proceso industrial para lograr el cumplimiento de especificaciones y obtener una característica de viscosidad absoluta comprendida entre 2400 y 2600 Poises, a 60°C.

Planta de producción de asfalto:

Es el conjunto de elementos mecánicos dispuestos de manera que produzcan concreto asfáltico con todas las especificaciones requeridas, es decir, que contenga los sistemas que permitan calibrar la dosificación de agregados, cemento asfáltico y la temperatura necesaria para su mezclado.

En este proceso se hizo uso de una planta de producción continua, el sistema de esta consiste en los siguientes pasos: dosificación de agregados, homogeneización, secado, inyección de asfalto, mezclado, elevación, almacenamiento y carga a camión.

Ejemplo de una planta de una planta de producción de asfalto:

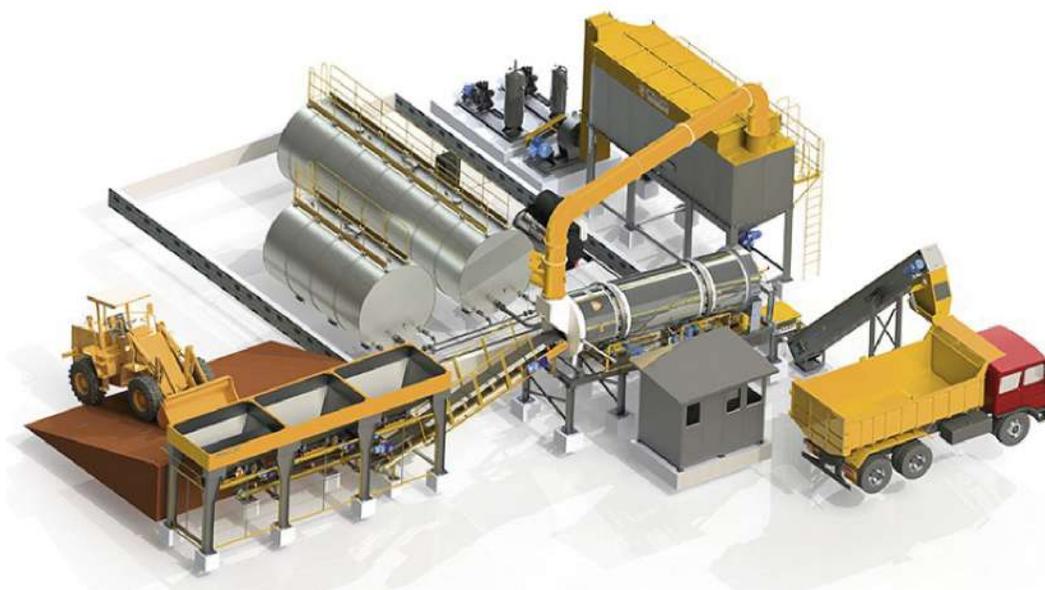


Figura 1. Fuente: <https://cowdinsa.com/productos/roadbuilding-2/usinas-de-asfalto/plantas-asfalto-60-80-tph/>. Planta producción de asfalto (imagen).



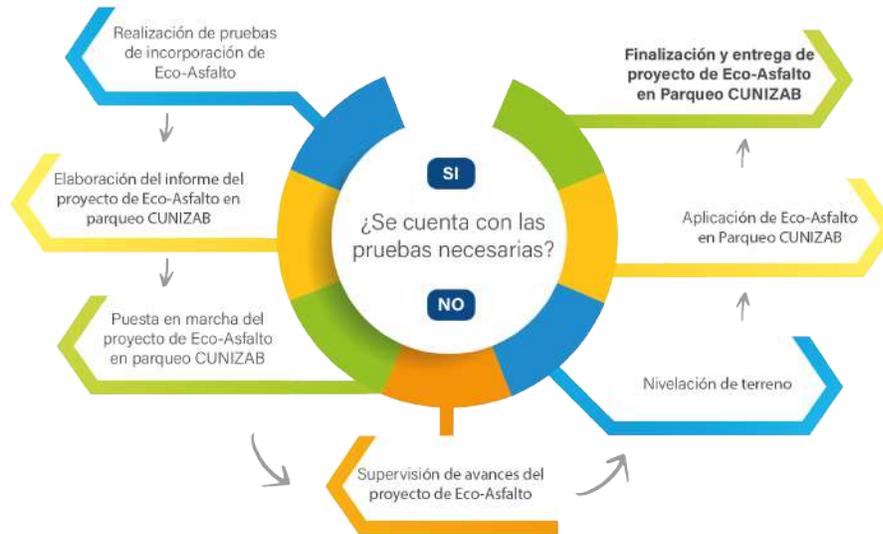
DESCRIPCIÓN DE PROCESO

- FLUJOGRAMA -

Selección del Proyecto "Eco-Asfalto en Parqueo del Centro Universitario de Izabal - CUNIZAB-"

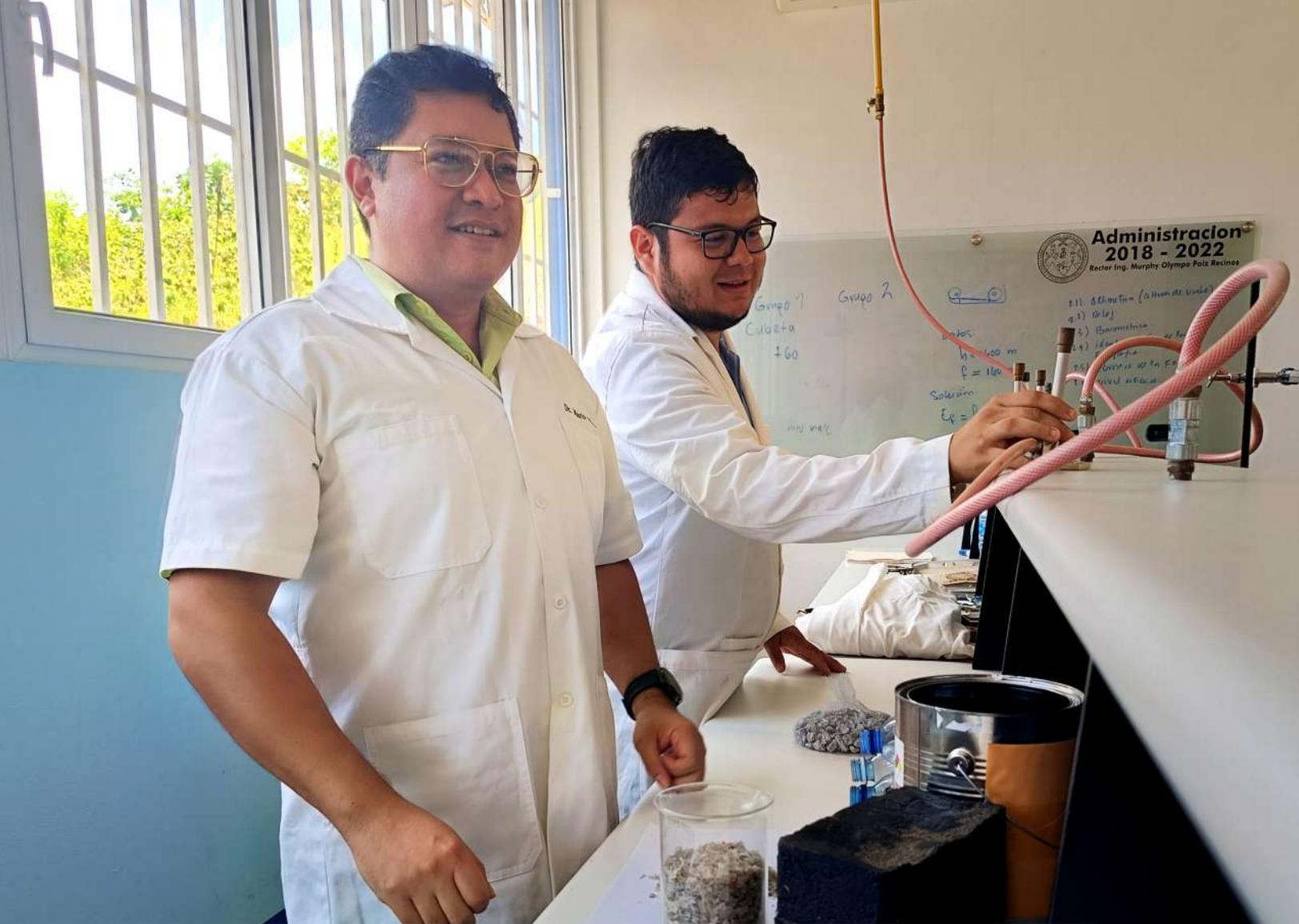


Aprobación del proyecto Eco-Asfalto en parqueo CUNIZAB



METODOLOGÍA

OBJETIVO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	ACTORES
Definir las características principales que presentan los asfaltos modificados.	Mediante sitios web investigar y determinar cuáles son las principales características que se encuentran en los asfaltos modificados con polímeros.	Los sitios web permiten encontrar información importante sobre las características que desarrollan el uso de asfaltos modificados con polímeros.	Estudios Investigaciones Trabajos de grado Tesis Monografías de diferentes instituciones educativas o fuentes informativas verificadas.
Identificar la importancia del uso de asfaltos modificados en este tipo de proyectos.	Realizar una investigación sobre otros proyectos donde se haya hecho uso de este tipo de asfaltos y que resultados y beneficios se han obtenido.	Las diferentes fuentes de información permitirán identificar los proyectos con aplicación en asfaltos modificados con polímeros.	Estudios Investigaciones Trabajos de grado Tesis Monografías de diferentes instituciones educativas o fuentes informativas verificadas.
Definir las ventajas de los polímeros en la modificación de las mezclas asfálticas frente a las convencionales.	Mediante el análisis de las características obtenidas en los proyectos, redactarlas ventajas que se presentan en el uso de asfaltos modificados con polímeros frente a asfaltos convencionales.	La comparación entre los diferentes proyectos y los múltiples datos encontrados permitirá generar un concepto claro del aporte de los asfaltos modificados con polímeros en los proyectos.	Estudios Investigaciones Trabajos de grado Tesis Monografías de diferentes instituciones educativas o fuentes informativas verificadas.



ENSAYOS A MUESTRA ASFÁLTICA, SUELO Y DISEÑO DE PAVIMENTO

ENSAYOS A LAS MUESTRAS ASFÁLTICAS

En el método Marshall se llevan a cabo tres tipos de pruebas para conocer tanto sus características volumétricas como mecánicas.

1 Determinación de la gravedad específica: La prueba de gravedad específica puede desarrollarse tan pronto como el espécimen se haya enfriado en un cuarto de temperatura. Esta prueba se desarrolla de acuerdo con la Norma ASTM D1188, gravedad específica de mezclas asfálticas compactadas empleando parafina; o ASTM D2726, gravedad específica de mezclas asfálticas compactadas utilizando superficies saturadas de especímenes secos.

Para determinar cuál norma se debe utilizar, se realizarán pruebas de absorción a la mezcla asfáltica compactada; si la absorción es mayor al 2%, se utiliza la Norma ASTM D1188, en caso contrario, se recurre a la Norma ASTM D2726.

2 Prueba de estabilidad y flujo: Después de que la gravedad específica se ha determinado, se desarrolla la prueba de estabilidad y flujo, que consiste en sumergir el espécimen en un baño María a $60\text{ }^{\circ}\text{C} + 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($140\text{ }^{\circ}\text{F} + 1.8\text{ }^{\circ}\text{F}$) de 30 a 40 minutos antes de la prueba.

Con el equipo de prueba listo, se removerá el espécimen de prueba del baño María y cuidadosamente se secará la superficie. Colocándolo y centrándolo en la mordaza inferior, se procederá a colocar la mordaza superior y se centrará completamente en el aparato de carga.

Posteriormente se aplica la carga de prueba al espécimen a una deformación constante de

51mm (5") por minuto, hasta que ocurra la falla. El punto de falla está definido por la lectura de carga máxima obtenida. El número total de Newtons (lb) requeridos para que se produzca la falla del espécimen deberá registrarse como el valor de estabilidad Marshall.

Mientras que la prueba de estabilidad está en proceso, si no se utiliza un equipo de registro automático se deberá mantener el medidor de flujo sobre la barra guía y cuando la carga empiece a disminuir habrá que tomar la lectura y registrarla como el valor de flujo final. La diferencia entre el valor de flujo final e inicial expresado en unidades de 0.25 mm (1/100 ") será el valor del flujo Marshall.

3 Análisis de densidad y vacíos: Después de completar las pruebas de estabilidad y flujo, se realiza el análisis de densidad y vacíos para cada serie de especímenes de prueba. Resulta conveniente determinar la gravedad específica teórica máxima (ASTM D2041) para al menos dos contenidos de asfalto, preferentemente aquellos que estén cerca del contenido óptimo de asfalto. Un valor promedio de la gravedad específica efectiva del total del agregado se calculará de estos valores.

Utilizando la gravedad específica y la gravedad específica efectiva del total del agregado; el promedio de las gravedades específicas de las mezclas compactadas; la gravedad específica del asfalto y la gravedad específica teórica máxima de la mezcla asfáltica, se calcula el porcentaje de asfalto absorbido en peso del agregado seco, porcentaje de vacíos (Va); porcentaje de vacíos llenados con asfalto (VFA) y el porcentaje de vacíos en el agregado mineral (VMA).



Figura 2. Serpin. Análisis y Diseño de la Estructura de Pavimento pag. 3.

ZONAS DE EVALUACIÓN (EXPLOTACIONES A CIELO ABIERTO)	
Calicata 1	zona 1
Calicata 2	zona 2
Calicata 3	zona 3

Tabla 4. Elaboración propia.

RESULTADOS DE LABORATORIO DE SUELOS

Normativa aplicada

AASHTO T 27: Determinación del análisis granulométrico de los suelos (Método mecánico). La variedad en el tamaño de la partícula de los suelos, casi es ilimitada; por definición, los granos mayores son los que se pueden mover con la mano, mientras que los más finos son tan pequeños que no se pueden apreciar con un microscopio corriente.

Debido a ello es que se realiza el Análisis granulométrico que tiene por objeto determinar el tamaño de las partículas o granos que constituyen un suelo y fijar, en el porcentaje de su peso total, la cantidad de granos de distinto tamaño que el mismo contiene.

AASHTO T 89 – T 90: Método estándar de prueba para determinación de Límite Líquido de Suelos. El límite líquido de un suelo es que el contenido de agua, como se determina de acuerdo con el siguiente procedimiento, en el que el suelo pasa de un plástico a un estado líquido.

AASHTO T 99: Proctor Estándar, este método describe el procedimiento método, para la determinación de la relación entre el contenido de humedad y la densidad de los suelos compactados en un molde de tamaño dado, con un pisón de 2.5 kg (5.5 lb) que cae de una altura de 305 mm (12 pulg).

AASHTO T 176: Equivalente de arena, este método indica, bajo condiciones estándar, las proporciones relativas de arcillas, finos plásticos y polvo presente en suelos granulares y agregados finos que pasan el tamiz N° 4 (4.75mm). Competencias Técnicas de Laboratorista en Mezclas Asfálticas.

AASHTO T 193: Determinación del CBR índice de soporte de california, este método busca determinar la relación de soporte de california (p (cbr)) de un suelo que está sometido a esfuerzos cortantes, además evaluar la calidad relativa del suelo para sub rasante, sub-base y base.

AASHTO T 96: Desgaste de Los Angeles, este método determina el desgaste por abrasión mecánica de agregados menores a 1-1/2", utilizando la máquina de "Los Angeles".

AASHTO T 104: Método estándar de prueba de solidez de agregados mediante el uso de sulfato de sodio o sulfato de magnesio, determina la solidez de los agregados cuando están sujetos a la acción del desgaste en concreto u otras aplicaciones, además da información útil para juzgar la solidez de los agregados cuando no hay disponible información en los registros de servicios de los materiales expuestos a condiciones de desgaste reales.

E	Límites de Atterberg AASHTO T-89 Y AASHTO T-90		Clasificación AASHTO	PROCTOR AASHTO T-180		Valor Soporte California, CBR (90%) AASHTO T-193	Valor Soporte California, CBR (95%) AASHTO T-193	
	Límite Líquido (%)	Índice de Plasticidad (%)		Densidad Seca Máxima (Kg/m ³)	Humedad Óptima (%)			
Balasto Zona 1	33.80	N/L	N/P	A-1 (0)	2245.00	8.90	40.00	--
Balasto Zona 2	38.90	N/L	N/P	A-1 (0)	2280.00	8.00	26.50	--
Sub rasante Zona 1	1.70	52.45	19.18	A-7 (15)	1888.00	14.50	7.30	--
Sub rasante Zona 2	4.00	39.1	11.11	A-6 (8)	1890.00	15.20	6.00	--
Sub rasante Zona 3	4.10	63.50	27.79	A-7 (14)	1841.00	13.50	3.60	--
Base triturada	55.6	N/L	N/P	A-1 (0)	2253.00	9.50	--	110.00 (lim. 99%)
Material de préstamo	19.30	31.44	6.10	A-2 (0)	2070.00	9.00	--	115.50 (lim. 80%)

Tabla 5. Serpin. Análisis y Diseño de la Estructura de Pavimento pag. 5.

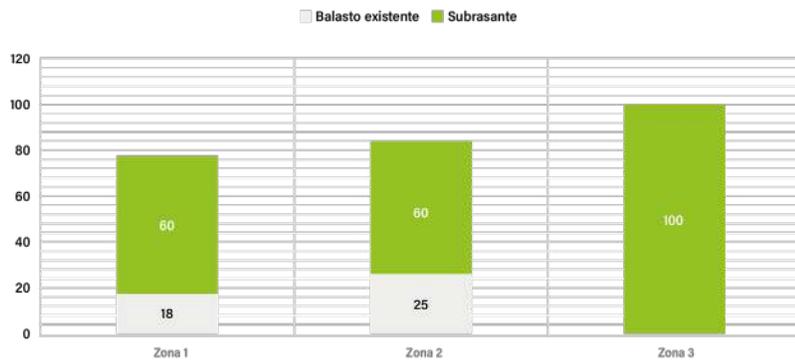


Tabla 6. Serpin. Análisis y Diseño de la Estructura de Pavimento pag. 5.

ESPESORES DE CAPAS - CALICATAS

Parqueo de la Universidad de San Carlos de Guatemala, sede Puerto Barrios Izabal

VALOR SOPORTE CALIFORNIA, CBR AL 90% AASHTO T - 193

Parqueo de la Universidad de San Carlos de Guatemala, sede Puerto Barrios Izabal

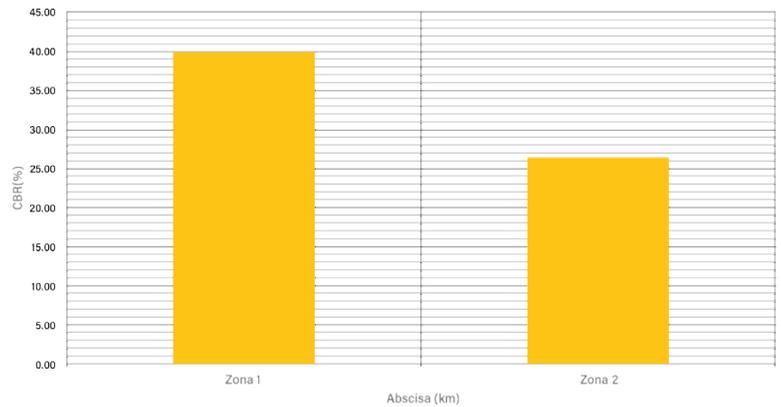


Tabla 7. Serpin. Análisis y Diseño de la Estructura de Pavimento pag. 6.

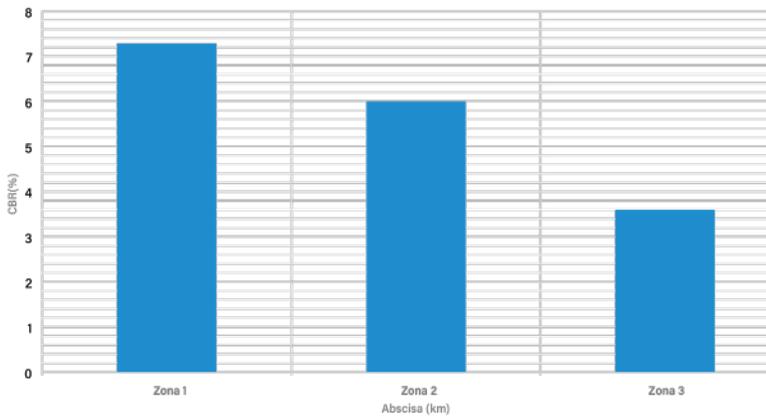


Tabla 8. Serpin. Análisis y Diseño de la Estructura de Pavimento pag. 6.

VALOR SOPORTE CALIFORNIA, CBR AL 90% AASHTO T-193

Parqueo de la Universidad de San Carlos de Guatemala sede Puerto Barrios Izabal

VALOR SOPORTE CALIFORNIA, CBR AL 95% AASHTO T-193

Parqueo de la Universidad de San Carlos de Guatemala, sede Puerto Barrios Izabal

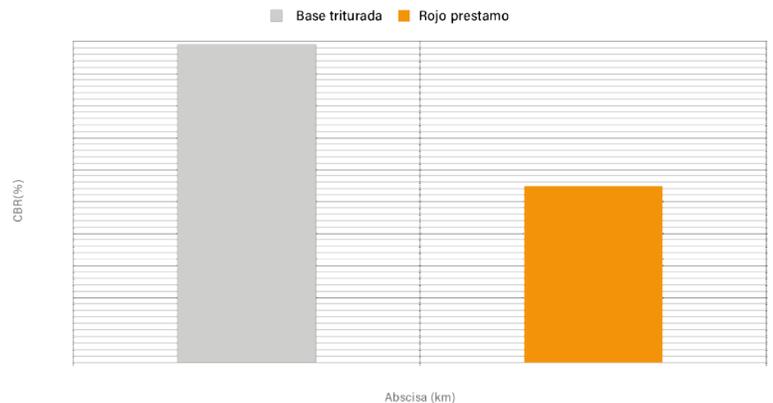


Tabla 9. Serpin. Análisis y Diseño de la Estructura de Pavimento pag. 7.

DISCUSIÓN RESULTADOS VALOR SOPORTE CBR

Se llevaron a cabo los ensayos de CBR para los distintos materiales a utilizar en la estructura de pavimento y para el suelo de sub rasante. Por su característica de densificación en algunos materiales se optó por aplicar el valor al 90 % de compactación y en los materiales que funcionarán como elementos estructurales para la distribución de cargas el valor al 95% de compactación (base triturada y sub base).

ANÁLISIS DE TRÁNSITO

Metodología Aashto

TPDA integrado.
Tasas de crecimiento.
Factores camión.
Proyección de ejes equivalentes.

Análisis de carga

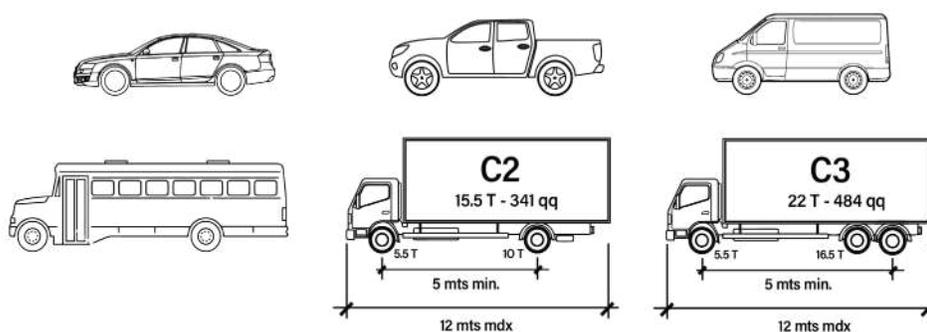


Figura 3. Fuente: Reglamento para el control de pesos y dimensiones de vehículos automotores de carga y combinaciones. Dirección General de Caminos.

Factores de carga

	1. VEHÍCULO LIVIANO		2. PICK UP		3. CAMIÓN C2		4. CAMIÓN C3		9. MICROBÚS		10. BUS	
	Eje 1	Eje 2	Eje 1	Eje 2	Eje 1	Eje 2	Eje 1	Eje 2	Eje 1	Eje 2	Eje 1	Eje 2
Lx (kips)	2	2	2	3.5	12.1	22	12.1	36.4	8.5	8.5	13	32.5
L2x	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2
G	-0.201	-0.201	-0.201	-0.201	-0.201	-0.201	-0.201	-0.201	-0.201	-0.201	-0.201	-0.201
β_{18}	1.221	1.221	1.221	1.221	1.221	1.221	1.221	1.221	1.221	1.221	1.221	1.221
β_x	0.402	0.402	0.402	0.408	0.647	1.921	0.647	1.249	0.487	0.487	0.706	1.001
w	3197167	3197167	3197167	465.897	4.242	0.460	4.242	0.697	15.645	15.645	3.276	1.063
EALF	0.0003	0.0003	0.0003	0.0021	0.2358	2.1749	0.2358	1.4340	0.0639	0.0639	0.3053	0.9411
	EALF	0.00063	EALF	0.00246	EALF	2.41063	EALF	1.66972	EALF	0.12784	EALF	1.24642

CLASIFICACIÓN	VEHÍCULO	FACTOR CAMIÓN
1	Liviano	0.0006
2	Pick-up	0.0025
3	Microbús	0.1278
4	Bus	1.2464
5	Camión C2	2.4106
6	Camión C3	1.6697

RESUMEN PESOS (kips)						
Eje	Vehículo liviano	Pick-up	Camión C2	Camión C3	Microbús	Bus
1	2	2	12.1	12.1	8.5	13
2	2	3.5	22	36.4	8.5	32.5
3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Tabla 10. Serpin. Análisis y Diseño de la Estructura de Pavimento.

PROYECCIÓN DE EJES EQUIVALENTES

ESAL DISEÑO

Fecha: Agosto 2021

Proyecto: Parqueo de la Universidad de San Carlos de Guatemala, sede Puerto Barrios Izabal

Carpeta: Flexible

No. de calzadas: 1

No. de carriles en una dirección: 1

No. de sentidos: 1

Tránsito promedio diario semanal (TPDS)

CLASIFICACIÓN	VEHÍCULO	TPDS
1	Liviano	700
2	Pick-up	50
3	Microbús	25
4	Bus	30
5	Camión C2	12
6	Camión C3	4
7	Camión C4	0
8	Articulado T3-S2	0
9	Articulado T3-S3	0
10	Articulado T3-S2-R4	0

Tránsito promedio diario anual (TPDA)

$$TPDA = \frac{TPDS * s * d}{a}$$

s: semanas al año (52 semanas)
d: días a la semana (7 días)
a: días al año (365 días)

CLASIFICACIÓN	VEHÍCULO	TPDA
1	Liviano	698
2	Pick-up	50
3	Microbús	25
4	Bus	30
5	Camión C2	12
6	Camión C3	4
7	Camión C4	0
8	Articulado T3-S2	0
9	Articulado T3-S3	0
10	Articulado T3-S2-R4	0

TPDA: 819
Vehículos pesados: 71
9%

PROYECCIÓN VEHICULAR

Tasas de crecimiento

AÑOS	LIVIANO	PICK-UP	MICROBUS	BUS	CAMIÓN C2	CAMIÓN C3	CAMIÓN C4	ARTICULADO T3-S2	ARTICULADO T3-S3	ARTICULADO T3-S2-R4
2022 - 2026	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
2027 - 2031	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
2032 - 2036	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
2037 - 2041	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%

Tabla 11. Serpin. Análisis y Diseño de la Estructura de Pavimento.

ESAL

AÑO	LIVIANO	PICK-UP	MICROBUS	BUS	CAMIÓN C2	CAMIÓN C3	CAMIÓN C4	ARTICULADO T3-S2	ARTICULADO T3-S3	ARTICULADO T3-S2-R4
2022	14.38	2.59	1164.13	4620.38	10536.83	2432.77	0	0	0	0
2023	15.10	2.72	1222.34	4851.40	11063.67	2554.41	0	0	0	0
2024	15.86	2.86	1283.46	5093.97	11616.85	2682.13	0	0	0	0
2025	16.65	3.00	1347.63	5348.67	12197.70	2816.24	0	0	0	0
2026	17.48	3.15	1415.01	5616.10	12807.58	2957.05	0	0	0	0
2027	18.36	3.31	1485.76	5896.91	13447.96	3104.90	0	0	0	0
2028	19.28	3.47	1560.05	6191.75	14120.36	3260.15	0	0	0	0
2029	20.24	3.65	1638.05	6501.34	14826.37	3423.16	0	0	0	0
2030	21.25	3.83	1719.95	6826.41	15567.69	3594.32	0	0	0	0
2031	22.32	4.02	1805.95	7167.73	16346.08	3774.03	0	0	0	0
2032	23.43	4.22	1896.25	7526.11	17163.38	3862.73	0	0	0	0
2033	24.60	4.43	1991.06	7902.42	18021.55	4160.87	0	0	0	0
2034	25.83	4.65	2090.61	8297.54	18922.63	4368.91	0	0	0	0
2035	27.12	4.89	2195.15	8712.42	19868.76	4587.36	0	0	0	0
2036	28.48	5.13	2304.90	9148.04	20862.20	4816.73	0	0	0	0
2037	29.90	5.39	2420.15	9605.44	21905.31	5057.56	0	0	0	0
2038	31.40	5.66	2541.16	10085.71	23000.57	5310.44	0	0	0	0
2039	32.97	5.94	2668.21	10590.00	24150.60	5575.96	0	0	0	0
2040	34.62	6.24	2801.62	11119.50	25358.13	5854.76	0	0	0	0
2041	36.35	6.55	2941.71	11675.47	26626.04	6147.50	0	0	0	0

Tabla 12. Serpin. Análisis y Diseño de la Estructura de Pavimento pag. 13.

RESUMEN ESAL		
ESAL para 1 año	2022	18,771
ESAL para 2 años	2023	38,481
ESAL para 3 años	2024	59,176
ESAL para 4 años	2025	80,906
ESAL para 5 años	2026	103,722
ESAL para 6 años	2027	127,679
ESAL para 7 años	2028	152,834
ESAL para 8 años	2029	179,247
ESAL para 9 años	2030	206,981
ESAL para 10 años	2031	236,101
ESAL para 11 años	2032	266,677
ESAL para 12 años	2033	298,782
ESAL para 13 años	2034	332,492
ESAL para 14 años	2035	367,888
ESAL para 15 años	2036	405,053
ESAL para 16 años	2037	444,077
ESAL para 17 años	2038	485,052
ESAL para 18 años	2039	528,076
ESAL para 19 años	2040	573,250
ESAL para 20 años	2041	620,684

AÑO	LIVIANO	PICK-UP	MICROBUS	BUS	CAMIÓN C2	CAMIÓN C3	CAMIÓN C4	ARTICULADO T3-S2	ARTICULADO T3-S3	ARTICULADO T3-S2-R4	TPDA	VEHICULOS PESADOS	
												TPDA	% DEL TOTAL
2022	698	50	25	30	12	4	0	0	0	0	819	71	8.65%
2023	733	52	26	31	13	4	0	0	0	0	860	74	8.65%
2024	770	55	27	33	13	4	0	0	0	0	903	78	8.65%
2025	808	58	29	35	14	5	0	0	0	0	948	82	8.65%
2026	849	61	30	36	15	5	0	0	0	0	995	86	8.65%
2027	891	64	32	38	15	5	0	0	0	0	1045	90	8.65%
2028	935	67	33	40	16	5	0	0	0	0	1097	95	8.65%
2029	982	70	35	42	17	6	0	0	0	0	1152	100	8.65%
2030	1031	74	37	44	18	6	0	0	0	0	1210	105	8.65%
2031	1083	77	39	46	19	6	0	0	0	0	1270	110	8.65%
2032	1137	81	41	49	19	6	0	0	0	0	1334	115	8.65%
2033	1194	85	43	51	20	7	0	0	0	0	1400	121	8.65%
2034	1254	90	45	54	21	7	0	0	0	0	1470	127	8.65%
2035	1316	94	47	56	23	8	0	0	0	0	1544	134	8.65%
2036	1382	99	49	59	24	8	0	0	0	0	1621	140	8.65%
2037	1451	104	52	62	25	8	0	0	0	0	1702	147	8.65%
2038	1524	109	54	65	26	9	0	0	0	0	1787	155	8.65%
2039	1600	114	57	69	27	9	0	0	0	0	1877	162	8.65%
2040	1680	120	60	72	29	10	0	0	0	0	1970	170	8.65%
2041	1764	126	63	76	30	10	0	0	0	0	2069	179	8.65%

ESAL de diseño

NÚMERO DE CALZADAS	NÚMERO DE SENTIDOS	NÚMERO DE CARRILES POR SENTIDO	FACTOR DIRECCIONAL (Fd)	FACTOR CARRIL (Fc)	FACTOR PONDERADO Fd x Fc PARA CARRIL DE DISEÑO
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
		3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Factor carril	1
Factor direccional	1

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de la guía AASHTO 93.

RESUMEN ESAL DE DISEÑO		
ESAL para 1 año	2022	18,771
ESAL para 2 años	2023	38,491
ESAL para 3 años	2024	59,176
ESAL para 4 años	2025	80,906
ESAL para 5 años	2026	103,722
ESAL para 6 años	2027	127,679
ESAL para 7 años	2028	152,834
ESAL para 8 años	2029	179,247
ESAL para 9 años	2030	206,981
ESAL para 10 años	2031	236,101
ESAL para 11 años	2032	266,677
ESAL para 12 años	2033	298,782
ESAL para 13 años	2034	332,492
ESAL para 14 años	2035	367,888
ESAL para 15 años	2036	405,053
ESAL para 16 años	2037	444,077
ESAL para 17 años	2038	485,052
ESAL para 18 años	2039	528,076
ESAL para 19 años	2040	573,250
ESAL para 20 años	2041	620,684

Tabla 13. Serpín. Análisis y Diseño de la Estructura de Pavimento pag. 14.

PERENCO | **ECO-ASFALTO PERENCO AC-30E**

PET antes **PET después**

TIPO A **TIPO B** **TIPO C**

LD POLIETILENO LD DESPUÉS

PE reciclado para parqueo:
28,000 bolsas de supermercado (370 lb)

PET usado en el parqueo:
315,000 botellas de 500 ml (14,500 lb)

COMUNIDAD SAN FRANCISCO DEL MAR

USAC TACINTENANIA

PERENCO

LMP

CONSTRUCTORA CODICO

SERPIN

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

METODOLOGÍA

AASHTO DESIGN GUIDE 2022

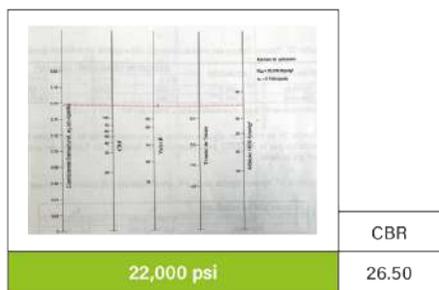
Selección de CBR de diseño
 Conversión de CBR a Mr
 Propuesta de diseño de pavimento

CORRELACIÓN DE CBR - MR

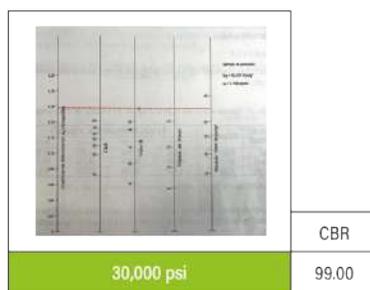
Subrasante

CBR < 10 -- Mr (psi) = 1500 * CBR	CBR	CBR < 10 -- Mr (psi) = 1500 * CBR	CBR	CBR < 10 -- Mr (psi) = 1500 * CBR	CBR
10,950 psi	7.30	9,000 psi	6.00	5,400 psi	3.60

Material de balasto



Base triturada



Material de préstamo (subbase)

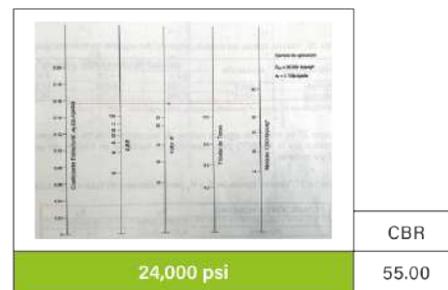


Tabla 14. Serpin. Análisis y Diseño de la Estructura de Pavimento pag. 16.

COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE CAPAS ESTRUCTURALES

Mezcla asfáltica

$a = 0.0052 * E^{0.555}$	E
0.41	2620.69

Base triturada

$a = 0.032 * CBR^{0.32}$	CBR
0.14	99.00

Material de préstamo (subbase)

$a = 0.058 * CBR^{0.19}$	CBR
0.11	26.50

$a = 0.058 * CBR^{0.19}$	CBR
0.12	55.00

Tabla 15. Serpin. Análisis y Diseño de la Estructura de Pavimento pag. 17.

GRAFICA DE MÓDULOS DE RESILENCIA (MR) DE LOS MATERIALES A UTILIZAR EN EL PAVIMENTO Y DEL SUELO DE SUBRASANTE

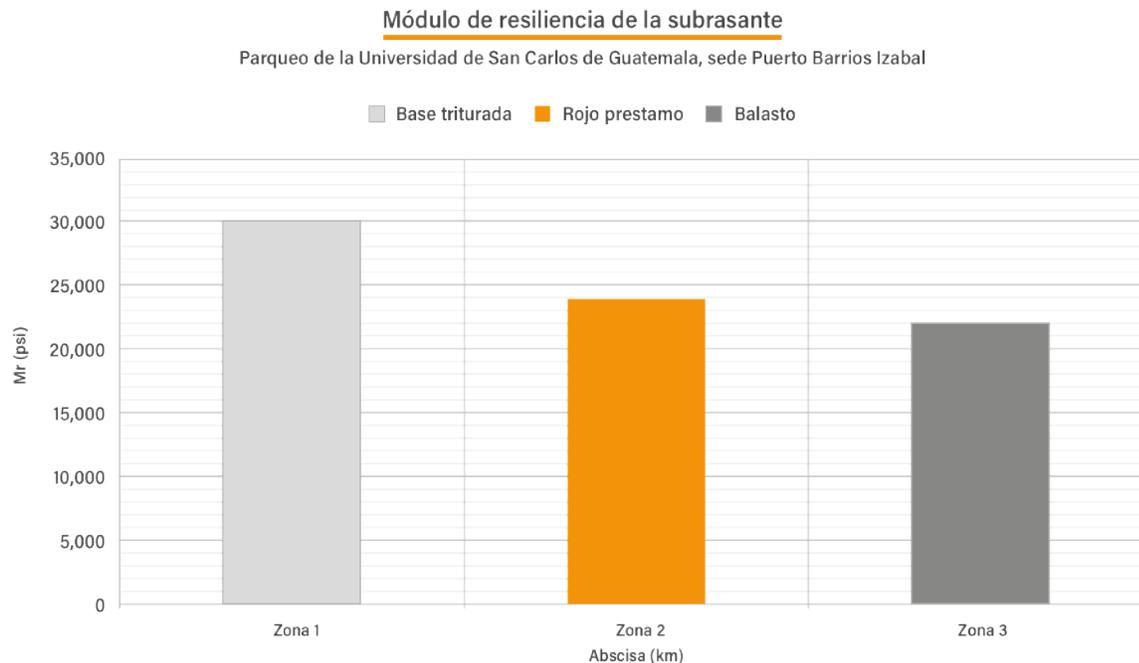
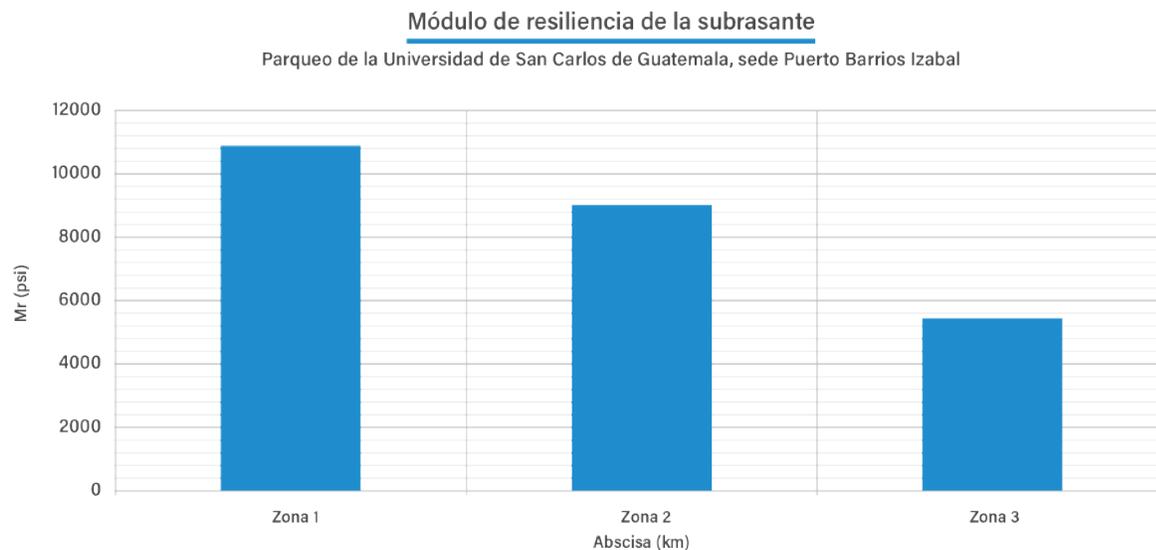


Tabla 16. Serpin. Análisis y Diseño de la Estructura de Pavimento pag. 18.

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE GRANULOMETRÍA Densa TIPO D CON ADICIONES DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD 0.5% Y PET 1.5% (PLÁSTICOS RECICLADOS)

Proyecto: Diseño de mezcla tipo "D" TMN 3/4 (19mm)
Diseño tipo: Mezcla asfáltica en caliente tipo "D" (19mm)

No.	COMBINACIÓN DE AGREGADOS	%
1	Agregado grueso - TMN 3/4"	38
2	Agregado fino - arena mixta	52
3	Agregado fino - arena cribada	10
	Cemento asfáltico - AC-30 Perenco	100

PRUEBAS EFECTUADAS	RESULTADO	ESPECIFICACIONES
%Óptimo de asfalto	5.90	3 a 8
% Asfalto absorbido	0.18	-
% Asfalto efectivo	5.72	-
% Vacíos de aire	4.24	3 a 5
% Vacíos rellenos de asfalto	71.92	65 a 75
% Vacíos de agregado mineral	15.08	>13
Estabilidad Marshall	2510	>1200
Fluencia Marshall	10.5	8 a 14
Relación polvo / asfalto	1.09	0.6 a 1.6
Relación estabilidad /fluencia	239	120 a 275
Gravedad específica bruta de la mezcla	2.4012	-
Grav. específica rice de la mezcla AASHTO T 209 (Gmm)	2.5076	-
Gravedad específica bruta del agregado (Bulk)	2.6609	-
Gravedad específica efectiva del agregado	2.7408	-
Gravedad específica del asfalto	1.064	-
% Absorción de mezcla de agregados	1.19	-

Especificaciones: Según especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes de Guatemala e Instituto de asfaltos MS-2 6a. edición.

PROPIEDAD	MEZCLA PATRÓN	0.5% DE BOLSA Y 0.5% DE PET	0.5% DE BOLSA Y 1% DE PET	1.0% DE BOLSA Y 1.5% DE PET	0.5% DE BOLSA Y 2.0% DE PET
%Óptimo de asfalto	5.90	5.90	5.90	5.90	5.90
% Vacíos de aire	3.97	4.81	4.87	4.94	5.2
% Vacíos rellenos de asfalto	73.71	69.06	68.76	68.99	67.79
% Vacíos de agregado mineral	15.10	15.55	15.61	15.94	16.26
Estabilidad Marshall (lb)	2435	2311	2438	2312	2222
Fluencia Marshall (0.1")	9.3	10.09	13.0	12.2	13.0
Relación estabilidad /fluencia	262	211	188	189	166
Gravedad específica bruta de la mezcla (g/cm ³)	2.4008	2.3756	2.3619	2.3407	2.3202
Gravedad específica máxima RICE de la mezcla (g/cm ³)	2.5000	2.4957	2.4830	2.4624	2.4485

Tabla 17. Serpin. Análisis y Diseño de la Estructura de Pavimento pag. 7.
Para la mezcla asfáltica con adiciones de plástico reciclado se adopta un coeficiente estructural de 0.41 que equivale a un módulo de resiliencia de 385,000 psi.



DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

- 1 Ejecución de una cajuela de 70 cm de espesor, el material de balasto existente deberá separarse para ser reutilizado como relleno estructural previo a la colocación de la capa de sub base.
- 2 Estabilización de la sub rasante existente (arcilla) en 20 cm de espesor, el suelo arcilloso deberá estabilizarse con el 3% de hidróxido de calcio. El estabilizador deberá mejorar las características de cohesión y susceptibilidad a la humedad del suelo.
- 3 Sobre la sub rasante estabilizada, se deberá colocar el material de balasto separado en el primer paso en 19 cm de espesor, este actuará como relleno estructural y separador entre sub rasante y sub base (controlar que el material sea no plástico).
- 4 Colocación de una sub base común de 25 cm de espesor, el material que compondrá la sub base se identifica como el material de préstamo en los resultados anteriores.
- 5 Colocación de una base triturada de 20 cm de espesor, este material deberá cumplir con todos los parámetros de granulometría, valor soporte, límites y compactación de un material triturado.
- 6 Colocación de una capa de mezcla asfáltica en caliente (MAC) de granulometría densa tipo D con adiciones de 0.5% de Polietileno de Baja Densidad y 1.5% de PET en 6 cm de espesor.
- 7 Se debe mantener la misma cota de rasante que presenta el tramo actualmente.

CÁLCULOS ESTRUCTURALES-NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO (SN req)

ZONA 1			ZONA 2			ZONA 3		
ESAL (8.2 Ton.)	298,782	12 años de servicio	ESAL (8.2 Ton.)	298,782	12 años de servicio	ESAL (8.2 Ton.)	298,782	12 años de servicio
Zr	1.03643	Desviación estándar	Zr	1.03643	Desviación estándar	Zr	1.03643	Desviación estándar
%R	85%	Confiabilidad de diseño	%R	85%	Confiabilidad de diseño	%R	85%	Confiabilidad de diseño
So	0.45	Error normal combinado	So	0.45	Error normal combinado	So	0.45	Error normal combinado
ΔPSI	2.0	Delta de servicio	ΔPSI	2.0	Delta de servicio	ΔPSI	2.0	Delta de servicio
Po	4.0	Servicio inicial	Po	4.0	Servicio inicial	Po	4.0	Servicio inicial
Pt	2.0	Servicio final	Pt	2.0	Servicio final	Pt	2.0	Servicio final
Mr Subrasante (psi)	10,950	Módulo de resiliencia	Mr Subrasante (psi)	9,000.0	Módulo de resiliencia	Mr Subrasante (psi)	5,400.0	Módulo de resiliencia
SN requerido	2.33	Valor estructural requerido	SN requerido	2.51	Valor estructural requerido	SN requerido	3.03	Valor estructural requerido

Tabla 18. Serpin. Análisis y Diseño de la Estructura de Pavimento pag. 21.

CALCULO NÚMERO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO

ZONA 1	Aporte (a)	Espesor h (cm)	Coefficiente de drenaje (d)	SN por capa	ZONA 2	Aporte (a)	Espesor h (cm)	Coefficiente de drenaje (d)	SN por capa	ZONA 3	Aporte (a)	Espesor h (cm)	Coefficiente de drenaje (d)	SN por capa			
MAC tipo D + 0.5% PE + 1.5% PET	0.41	6	1.0	0.969	MAC tipo D + 0.5% PE + 1.5% PET	0.41	6	1.0	0.969	MAC tipo D + 0.5% PE + 1.5% PET	0.41	6	1.0	0.969			
Base triturada	0.14	20	0.90	0.987	Base triturada	0.14	20	0.90	0.987	Base triturada	0.14	20	0.90	0.987			
Subbase común	0.12	25	0.70	0.856	Subbase común	0.12	25	0.70	0.856	Subbase común	0.12	25	0.70	0.856			
Relleno estructural (reutilización de Balasto)	0.12	19	0.50	0.437	Relleno estructural (reutilización de Balasto)	0.11	19	0.50	0.404	Relleno estructural (reutilización de Balasto)	0.11	19	0.50	0.421			
				SN total	3.25					SN total	3.22					SN total	3.23

Tabla 19. Serpin. Análisis y Diseño de la Estructura de Pavimento pag. 22.

RESUMEN SN REQUERIDO vs. SN PAVIMENTO

DESCRIPCIÓN	SN REQUERIDO	SN PAVIMENTO
ZONA 1	2.33	3.25
ZONA 2	2.51	3.22
ZONA 3	3.03	3.23

Tabla 20. Serpin. Análisis y Diseño de la Estructura de Pavimento pag. 22.

RESUMEN DE DISEÑO

Ejecución de Cajuela (cm)	Estabilización de Subrasante Existente con el 3% de HC (cm)	Relleno Estructural (Reutilizar Material de Balasto) (cm)	Subbase Común (material de préstamo)(cm)	Base Triturada (cm)	Mezcla Asfáltica Tipo D con 0.5% PE y 1.5% PET
70	20	19	25	20	6

Tabla 21. Serpin. Análisis y Diseño de la Estructura de Pavimento pag. 22.

SECCIÓN TÍPICA: ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Parqueo de la Universidad de San Carlos de Guatemala, sede Puerto Barrios Izabal

12 años de servicio al 85% de confiabilidad

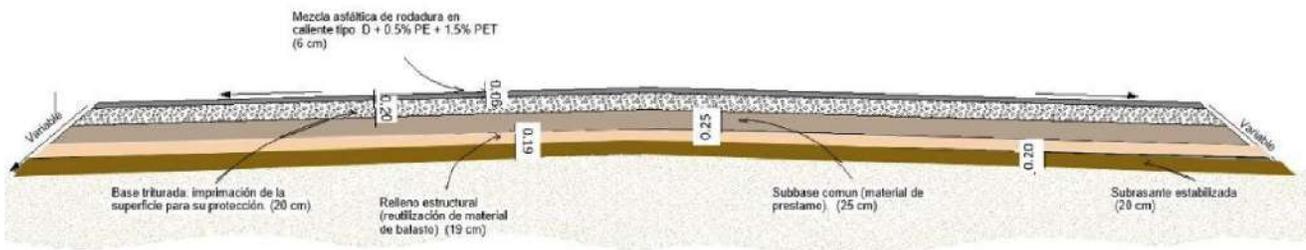


Figura 4. Serpin. Análisis y Diseño de la Estructura de Pavimento pag. 23.

CONTROLES DE CALIDAD NORMATIVA

- **ASTM D 6927:** Método de Prueba Estándar para Estabilidad Marshall y Flujo de Mezclas de Asfalto, este método de prueba cubre la medición de la resistencia al flujo plástico de muestras cilíndricas de 102 mm (4 pulg.). De mezcla de pavimento de asfalto cargadas en una dirección perpendicular al eje cilíndrico por medio del aparato Marshall. Este método de prueba se utiliza con mezclas asfálticas densas y graduadas preparadas con cemento asfáltico (modificad y no modificado), asfalto reducido, alquitrán y caucho alquitranado con un tamaño máximo de agregado de hasta 1 pulg. (25 mm) de tamaño (pasando 1 pulg. (25 mm) tamiz).
- **ASTM D 8237:** Método de prueba estándar para determinar la falla por fatiga de mezclas de asfalto y agregados con el dispositivo de fatiga de viga de cuatro puntos, se ha utilizado para estimar la vida de fatiga de las capas de pavimento de mezcla asfáltica bajo cargas de tráfico repetidas. Aunque el rendimiento de campo de las mezclas asfálticas se ve afectado por muchos factores (variación del tráfico, tasa de carga y desviación; variación del clima; períodos de descanso entre cargas; envejecimiento, etc.), se puede predecir con mayor precisión cuando se conocen las propiedades de laboratorio junto con una estimación del nivel de deformación inducida en la profundidad de la capa por la carga de las ruedas del tráfico que se desplaza sobre el pavimento.
- **AASHTO T 324:** Rueda de Hamburgo, este método de prueba describe un procedimiento para probar la celosía y la susceptibilidad a la humedad del calor de muestras de pavimento de asfalto (HMA) en el dispositivo de rueda de Hamburgo. El método describe la prueba de HMA compactado y sumergido en un dispositivo con rueda oscilante recíproca. Esta prueba proporciona información sobre la tasa de deformación permanente de un movimiento, carga concentrada. Se diseñó un compactador de laboratorio para preparar muestras de losa. También, el compactador giratorio Super pave (SGC) ha sido diseñado para compactar muestras en el laboratorio. Alternativamente, los núcleos de campo que tienen un diámetro de 150 mm (6 pulgadas), 250 mm (10 pulgadas), o Se pueden probar muestras de losas de 300 mm (12 in) ode sierra cortada.
- El método de prueba se utiliza para determinar la susceptibilidad de falla prematura de HMA debido a la debilidad en la estructura agregada, rigidez inadecuada del aglutinante o daño por humedad. Este método de prueba mide la profundidad de la rutina y el número de pases al fallo.
- Este método de prueba mide el potencial de los efectos de daño por humedad porque los especímenes son sumergidos en agua con temperatura controlada durante la carga.
- Este estándar puede involucrar materiales peligrosos, operaciones y equipos. Este estándar no pretende abordar todas las preocupaciones de seguridad asociadas con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma para establecer prácticas apropiadas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones regulatorias antes del uso.
- **ASTM D 7369:** Método de prueba estándar para determinar el módulo resiliente de mezclas asfálticas mediante prueba de tensión indirecta, el módulo resiliente se puede utilizar en la evaluación de la calidad de los materiales y como entrada para el diseño, evaluación y análisis de pavimentos. Con este método, también se pueden investigar los efectos de la temperatura y la carga sobre el módulo resiliente.
- **ASTM D 6140:** Método de prueba estándar para determinar la retención de asfalto de las telas de pavimentación utilizadas en la pavimentación de asfalto para aplicaciones de ancho completo, Este método de prueba es una prueba índice que cubre un procedimiento para determinar la retención de asfalto para pavimentación de telas. Las telas de pavimentación se utilizan en un sistema de capa intermedia de membrana de tela en pavimentos antes de la colocación de una capa asfáltica.
- **ASTM D 2995:** Practica estándar para estimación de la tasa de aplicación de distribuidores bituminosos, Esta práctica cubre la determinación de la tasa de aplicación transversal y longitudinal y la tasa de aplicación residual de los distribuidores de asfalto en galones por yarda cuadrada (o litros por metro cuadrado).

PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

- **Concreto Asfáltico (MAC) Con Adiciones 0.5% PE y 1.5% PET:** en el diseño se considera un valor mínimo de módulo de elasticidad (o resiliente) de 2,400 MPa a una temperatura de 21 grados centígrados y una frecuencia de ensayo de 10 Hertz, esto equivale a un módulo dinámico mínimo de 4,000 MPa a la misma temperatura y frecuencia, con estos valores de módulos, se estaría validando el aporte estructural de 0.41 asignado a las capas de concreto asfáltico.

En el caso de aplicar metodología Marshall, la mezcla deberá cumplir con un valor mínimo de 1,800 lb de Estabilidad, parámetros de fluencia entre 8 y 14 (en 0.25 mm (0.01 pulg)), relación Estabilidad / Fluencia (lb./0.01plg.) entre 150 y 275, además, cumplir con las especificaciones técnicas del "manual de diseño para carreteras y puentes de Guatemala (sección 401.03)" y llevar un adecuado control de calidad de temperaturas de producción y compactación.

- **Concreto Asfáltico (MAC) Convencional (Susceptibilidad a la Humedad):** Se requiere un valor de Relación de Esfuerzo de Tensión (TSR) igual o mayor al 75% para una HMA diseñada por método Marshall, esto aplicando el ensayo de cálculo de la resistencia a la tracción indirecta retenida AASHTO T 283.
- **Concreto Asfáltico (MAC) (Susceptibilidad al agrietamiento):** Las mezclas deben cumplir con un mínimo de 350,000 ciclos de fatiga a una temperatura de 20 grados celsius, una amplitud de 400 μm y una frecuencia de 10 hertz. Esto aplicando el ensayo de la viga de cuatro puntos que ensaya los especímenes a flexotracción repetitiva (AASHTO T 321-07). También, se puede aplicar el ensayo de corte inducido en una probeta semi-circular (SCB) para el cálculo de la energía de fractura y el índice de flexibilidad, el valor del índice de flexibilidad (IF) deberá ser superior a 8.
- **Concreto Asfáltico (MAC) (Susceptibilidad a la deformación permanente):** Las mezclas deben cumplir con una deformación máxima de 12.5 mm después de 25,000 ciclos (pasadas) a una temperatura de ensayo de 50 grados Celsius.
- **Riego de imprimación (Interfaz Concreto Asfáltico - Base):** en las zonas o sectores que quede expuesta la capa de base deberá aplicarse un asfalto líquido o una emulsión por medio de riego de presión, con el objetivo de impermeabilizar, proteger y unir las partículas minerales de la superficie, esto favorecerá la adherencia entre la superficie imprimada y la capa inmediata superior. El punto de imprimación

dependerá de las condiciones de textura de la superficie y los tipos de materiales, los valores deben estar entre 0.12 gal/m² y 0.60 gal/m², para conocer el valor se deberán realizar pruebas para que sea absorbida completamente en un periodo de 24 horas (procedimientos en sección 408).

- **Riego de Liga (Interfaz concreto asfáltico - base):** deberá aplicarse una emulsión asfáltica por medio de riego a presión sobre la superficie bituminosa existente, esto ayudará a mejorar condiciones de adherencia entre las dos superficies. La cantidad o el punto de riego deberá estar entre 0.07 y 0.18 gal/m² dependiendo de la resistencia a tracción que tendrán ambas capas en los diferentes puntos de riego (procedimientos en sección 408).
- **Cemento Asfáltico (AC):** deberá de caracterizarse física y reológicamente para determinar su grado de desempeño, por las condiciones del proyecto de clima y tránsito se recomienda como mínimo un cemento asfáltico con clasificación PG 64-22 y una clasificación "high" en el ensayo de Creep de Multi-Esfuerzos Repetitivos (MSCR). (AASHTO T 315-12 y AASHTO T 350 - 14).
- **Base Triturada:** el material deberá cumplir con los parámetros de granulometría, equivalente de arena, límites de consistencia, compactación Proctor, valor soporte CBR y abrasión según las especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes de Guatemala para un material triturado (base): CBR > 90% al 95% de compactación, un índice de plasticidad menor a 6, un límite líquido menor a 25, un equivalente de arena mayor a 30 y un porcentaje de desgaste por abrasión no mayor a 40%.
- **Subbase Común:** el material deberá cumplir con los parámetros de granulometría, equivalente de arena, límites de consistencia, compactación Proctor, valor soporte CBR y abrasión según las especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes de Guatemala para un material triturado (subbase): CBR > 40% al 95% de compactación, un índice de plasticidad menor a 6, un límite líquido menor a 25, un equivalente de arena mayor a 30 y un porcentaje de desgaste por abrasión no mayor a 40%.
- **Material de Relleno:** el material deberá cumplir con los siguientes parámetros, un valor soporte (CBR) mayor o igual a 20% (al 95% de compactación), un Índice de plasticidad (IP) menor o igual a 8% y un Peso unitario seco máximo (PUS Máx.) mayor a 1,700 kg/m³.

PARAMETROS DE CONTROL DE CALIDAD DURANTE LA EJECUCIÓN

PARÁMETROS FUNCIONALES

Fase de Ejecución	Índice Internacional de Rugosidad (IRI)	Profundidad de Textura Estimada (ETD)	Permeabilidad (k) y Coeficiente de Fricción (μ)	
Sobre Capa de Base	< 3.5 m/km	N/A	N/A	N/A
Sobre MAC (rodadura)	< 2.8 m/km	> 0.50 mm	< 12.5 μ m/seg	> 0.40

PARÁMETROS ESTRUCTURALES

Fase de Ejecución	Deflexión Máxima (Dfo) (carga 40 kN)	Módulo de Pavimento (Ep)	Número Estructural Requerido (SNreq)
Sobre Capa de Base	< 1.30 mm	> 100 Mpa	N/A
Sobre MAC (rodadura)	< 0.60 mm	> 120 Mpa	Entre 2.33 y 3.03 (dependiendo de SBH)

Tabla 22. Serpin. Análisis y Diseño de la Estructura de Pavimento pag. 27.

PARAMETROS DE CONTROL DE CALIDAD DURANTE LA EJECUCIÓN

PARÁMETROS FUNCIONALES

Índice Internacional de Rugosidad (IRI)	Profundidad de Textura Estimada (ETD)	Permeabilidad (k)	Coeficiente de Fricción (μ)
< 2.8 m/km	> 0.50 mm	< 12.5 μ m/seg	> 0.40

PARÁMETROS ESTRUCTURALES

Deflexión Máxima (Dfo) (carga 40 kN)	Módulo de Pavimento (Ep)	Número Estructural Requerido (SNreq)
< 0.60 mm	> 120 Mpa	Entre 2.33 y 3.03 dependiendo de SBH)

Tabla 23. Serpin. Análisis y Diseño de la Estructura de Pavimento pag. 27.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

DE RESULTADOS DE LOS LABORATORIOS DE SUELOS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

● Tres (3) zonas de evaluación

Se llevaron a cabo tres pozos a cielo abierto para determinar las características geotécnicas de la subrasante en el sitio. También, se caracterizó el material de terracería existente que se propuso como un relleno estructural para fomentar la reutilización del mismo.

El resultado del valor soporte CBR fueron aplicados en los cálculos de diseño estructural del pavimento adoptando correlaciones para la determinación de los módulos de resiliencia. El análisis del Mr de diseño se complementó con los resultados de límites de consistencia, granulometría, clasificación, humedad óptima, densidad seca máxima y equivalente de arena.

● Resultados de Laboratorio de Suelos

Suelo de subrasante: se clasifica como un suelo A-6 o A-7 (arcilla de media a alta plasticidad) según nomenclatura AASHTO, el índice de plasticidad varía entre 11 y 27% y el límite líquido entre 39 y 63%. Presenta equivalentes de arena menores a 5%, PUS Max entre 1841 y 1890 kg/m³ y un valor soporte CBR entre 3.60 y 7.30%. Se recomienda la estabilización química de la subrasante por sus características geotécnicas y susceptibilidad a la humedad.

Material de Balasto Existente: es un material que no presenta límites de consistencia se clasifica según AASHTO como un A-1, presenta un equivalente de arena promedio de 36%, un PUS máx de 2,260 kg/m³ y un valor soporte CBR entre 26 y 40%. Este material es reutilizado como relleno estructural con un coeficiente de aporte de 0.10.

● Análisis de Materiales para aplicación en Sub base y Base

Material para Sub base Común (préstamo): material que presenta un índice de plasticidad de 6.10%, un límite líquido de 31% y se clasifica según AASHTO como un A-2 (0). Presenta un peso unitario seco máximo de 2,070 kg/m³, un equivalente de arena de 19% y un valor soporte CBR de 80% que equivale a un coeficiente de aporte estructural de 0.12.

Material para Base Triturada: material que no presenta límites de consistencia clasificado por AASHTO como un A-1, presenta un PUS max de 2,253 kg/m³, un equivalente de arena de 56% y un Valor Soporte CBR de 99% que equivale a un coeficiente de aporte estructural de 0.14.

● Criterios de diseño

Se aplican correlaciones para convertir de CBR a módulo de resiliencia de sub rasante (Mr) dependiendo del tipo de suelo evaluado. Los valores de CBR al 90% de compactación se adoptan en la sub rasante y en el relleno tomando en cuenta que por las características

de estos materiales la densificación del suelo será complicada. En las capas estructurales de pavimento se adoptan los valores de CBR correspondientes al 95% de compactación.

● Análisis de carga y Proyección de Ejes Equivalentes (ESAL)

En las zonas del parqueo operarán principalmente vehículos livianos, microbuses, buses y eventualmente camiones C2 y C3. Para el cálculo de la proyección de ejes equivalentes se estima un tránsito promedio diario anual (TPDA) de la siguiente forma: 700 vehículos livianos y 50 pickups durante las diferentes jornadas, 25 microbuses, 30 buses, 12 camiones C2 y 4 camiones C3. Se aplica un 5% de tasas de crecimiento anual para los 12 años de servicio.

Los factores de carga se definen de la siguiente manera: Liviano = 0.0006, Pickup = 0.0025, Microbus = 0.1278, Bus = 1.246, C2 = 2.41 y C3 = 1.67. La proyección de ejes equivalentes a 8.2 toneladas (ESAL) es de 298,728.

● Diseño de la estructura de pavimento

Procedimientos Constructivos:

1. Ejecución de una cajuela de 70 cm de espesor, el material de balasto existente deberá separarse para ser reutilizado como relleno estructural previo a la colocación de la capa de sub base.
2. Estabilización de la sub rasante existente (arcilla) en 20 cm de espesor, el suelo arcilloso deberá estabilizarse con el 3% de hidróxido de calcio. El estabilizador deberá mejorar las características de cohesión y susceptibilidad a la humedad del suelo.
3. Sobre la sub rasante estabilizada, se deberá colocar el material de balasto separado en el primer paso en 19 cm de espesor, este actuará como relleno estructural y separador entre sub rasante y sub base (controlar que el material sea no plástico).
4. Colocación de una sub base común de 25 cm de espesor, el material que compondrá la sub base se identifica como el material de préstamo en los resultados anteriores.
5. Colocación de una base triturada de 20 cm de espesor, este material deberá cumplir con todos los parámetros de granulometría, valor soporte, límites y compactación de un material triturado.
6. Colocación de una capa de mezcla asfáltica en caliente (MAC) de granulometría densa tipo D con adiciones de 0.5% de Polietileno de Baja Densidad y 1.5% de PET en 6 cm de espesor.
7. Se debe mantener la misma cota de rasante que presenta el tramo actualmente.

TABLA RESUMEN DE DISEÑO

Ejecución de Cajuela (cm)	Estabilización de Subrasante Existente con el 3% de HC (cm)	Relleno Estructural (Reutilizar Material de Balasto) (cm)
70	20	19

Subbase Común (material de préstamo)(cm)	Base Triturada (cm)	Mezcla Asfáltica Tipo D con 0.5% PE y 1.5% PET (cm)
25	20	6

Tabla 24. Serpin. Análisis y Diseño de la Estructura de Pavimento pag. 30.

PARÁMETROS DE CONTROL DE CALIDAD Y RECEPCIÓN

Se definen parámetros de control de calidad por desempeño durante las fases de ejecución y recepción. El valor de IRI no deberá ser mayor a 2.8 m/km para la entrega del proyecto, para obtener resultados de esta magnitud el IRI de la base no deberá superar un valor de 3.5%.

DESCRIPCIÓN	ÁREA m ²	VOLUMEN m ³	CANTIDAD TOTAL	UNIDADES
Ejecución de cajuela (70 cm) y separación de material de balasto	5,850	4,095	4,095	m ³
Estabilización de subrasante con 3% de cal (20 cm)	5,850	1,170.00	1,170.00	m ³
Colocación de capa de relleno (reutilizar material de balasto) (19 cm)	5,850	1,111.50	1,111.50	m ³
Colocación de subbase común (material de préstamo) (25 cm)	5,850	1,462.50	1,462.50	m ³
Colocación de base triturada (20 cm)	5,850	1,170.00	1,170.00	m ³
Imprimación de la superficie de base	5,850	N/A	1,463	galones
Riego de liga	5,850	N/A	702	galones
Colocación mezcla asfáltica en caliente convencional tipo D + 0.5% PE + 1.5% PET (6 cm)	5,850	351	860	toneladas

Tabla 25. Serpin. Análisis y Diseño de la Estructura de Pavimento pag. 31.



**EQUIPO UTILIZADO PARA LA
PREPARACIÓN DE MATERIALES
Y COLOCACIÓN DE ASFALTO AL
PARQUEO DEL CUNIZAB**



Figura 5. Fuente: <https://es.b2brazil.com/hotsite/henanlingheng/china-trituradora-de-metal-fabricante-do>. Trituradora de plástico (imagen).



Figura 6. Fuente: Planta Codico Cayuga. Caldera y depósito de Cemento Asfáltico.



Figura 7. Fuente: Planta Codico Cayuga. Bascula.



Figura 8. Fuente: Planta Codico Cayuga. Tolvas de dosificación de agregados pétreos.



Figura 9. Fuente: Planta Codico Cayuga. Laboratorio de Control de calidad.



Figura 10. Fuente: Planta Codico Cayuga. Elevador y silo y almacenamiento (capacidad 200 toneladas métricas)



Figura 11. Fuente: Planta Codico Cayuga. Horno.



Figura 12. Fuente: Planta Codico Cayuga. Centrifuga.



Figura 13. Fuente: Planta Codico Cayuga. Laboratorio de Control de calidad.



Figura 14. Fuente: Planta Codico Cayuga. Briquetas para ensayos.



Figura 15. Fuente: Planta Codico Cayuga. Moldes de Briquetas para ensayos.



Figura 16. Fuente: Planta Codico Cayuga. Prensa Marshall.



Figura 17. Fuente: Planta Codico Cayuga. Agregados para diseño.

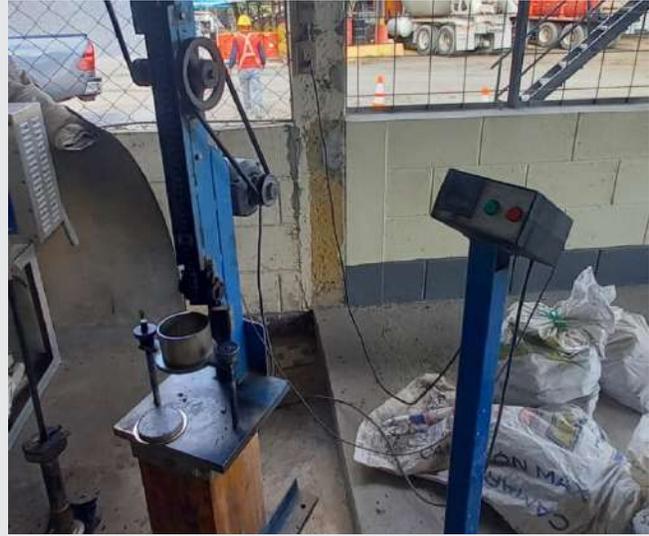


Figura 18. Fuente: Planta Codico Cayuga. Martillo eléctrico de compactación de briquetas.



Figura 19. Fuente: Planta Codico Cayuga. Balanzas granatarias para peso de agregados.



Figura 20. Fuente: Parqueo CUNIZAB. Camión de volteo para acarreo de mezcla asfáltica.



Figura 21. Fuente: Parqueo CUNIZAB. Pavimentadora y colocación de asfalto.



Figura 22. Fuente: Parqueo CUNIZAB. Pavimentadora y colocación de asfalto.



Figura 23. Fuente: Parque CUNIZAB. Aplicación del riego de liga.



Figura 24. Fuente: Parque CUNIZAB. Rodo doble para compactación.



Figura 25. Fuente: Parque CUNIZAB. Rodo neumático para compactación



TABLA DE PROPORCIONES

**PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN
CALIENTE CON 0.5% PE + 1.5% PET**

TABLA DE VALORES/PROPORCIONES PARA LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE 0.5% PE + 1.5% PET

A continuación, se presentan las tablas de valores o proporciones a aproximadas para la colocación de la mezcla asfáltica en caliente convencional tipo D, la cual es una mezcla comercial más gruesa utilizada en Guatemala, dicha mezcla incluye agregados de pedrín triturado de ¾ de pulgada, a esta mezcla se le incluye un 0.5% de Polietileno de Baja densidad y 1.5% de PET, esto tomando en cuenta un espesor de carpeta de rodadura de 6 centímetros.

Se debe considerar que previo a la colocación de la mezcla asfáltica debe de realizarse la imprimación de la superficie de base y el riego de liga de manera convencional.

Se recomienda considerar previo a la aplicación de la mezcla asfáltica la colocación de una sub base de al menos 25 cm de material de préstamo y una ase triturada de 20 cm.

Tabla de valores de dosificación de mezcla asfáltica en caliente para valores de vacíos de aire de entre 3.97% y 5.2%

COMBINACION DE AGREGADOS PROPUESTA

COMPONENTE	PORCENTAJE
Agregado Grueso - TMN 3/4"	0.38
Agregado Fino - Arena Mixta	0.52
Agregado Fino - Arena Cribada	0.10

Tabla 26. Elaboración propia.

PARA 1.0 KILÓMETRO DE PAVIMENTO CON UN ANCHO DE 7.20 m. Y UN ESPESOR DE 0.06 m.

MATERIALES / COMPONENTES	PORCENTAJE DE MEZCLA	VOLUMEN DE MATERIAL A UTILIZAR (m ³)
Combinación de agregados	0.865	373.68
AC-30	0.115	49.68
PE	0.005	2.16
PET	0.015	6.48

Tabla 27. Elaboración propia.

PARA UN ÁREA DE 50 METROS CUADRADOS EN UN PARQUEO DE TRÁFICO LIVIANO

MATERIALES / COMPONENTES	PORCENTAJE DE MEZCLA	VOLUMEN DE MATERIAL A UTILIZAR (galones)
Combinación de agregados	0.865	685.3395
AC-30	0.115	91.1145
PE	0.005	3.9615
PET	0.015	11.8845

Tabla 28. Elaboración propia.

PARA UN ÁREA DE 10 METROS CUADRADOS EN UN PARQUEO JARDÍN

MATERIALES / COMPONENTES	PORCENTAJE DE MEZCLA	VOLUMEN DE MATERIAL A UTILIZAR (galones)
Combinación de agregados	0.865	137.0679
AC-30	0.115	18.2229
PE	0.005	0.7923
PET	0.015	2.3769

Tabla 29. Elaboración propia.



EJERCICIO DE VALIDACIÓN PRACTICA

(ESTACIONAMIENTO MOTOCICLETAS)

ESTACIONAMIENTO VEHICULAR

Cualquier vehículo que viaja en una carretera debe de parquearse por un tiempo relativamente corto o un tiempo mucho más largo, dependiendo de la razón para el estacionamiento. La disposición de las instalaciones de estacionamientos es por lo tanto un elemento esencial del modo de transporte de la carretera. La necesidad de espacios de parqueo es generalmente muy grande en las áreas donde el uso del suelo incluye las áreas de negocios, residenciales, o actividades comerciales.

La utilización creciente del automóvil como servicio personal alimentador del sistema de tránsito ("parquear y seguir") también ha aumentado la demanda para los espacios del estacionamiento. En áreas de alta densidad, donde los espacios son muy costosos, el espacio proporcionado para los automóviles tiene que ser dividido generalmente entre los espacios asignados para su movimiento y los espacios asignados para el estacionamiento.

El abastecimiento del espacio adecuado de estacionamiento para resolver la demanda para parquear en el centro de la ciudad puede hacer necesaria la disposición de espacios de estacionamiento a lo largo de las aceras, que reducen la capacidad de las calles y puede afectar

el nivel del servicio de ésta. Este problema enfrenta generalmente a ingeniero del tráfico de la ciudad. La solución no es simple, puesto que la asignación del espacio disponible dependerá de las metas de la comunidad, a que el ingeniero del tráfico debe tomar en la consideración al intentar solucionar el problema. Los estudios de estacionamiento por lo tanto se utilizan para determinar la demanda, la fuente de instalaciones del estacionamiento en un área, la proyección de la demanda, y opiniones de los varios grupos de interés en cual es la mejor solución posible para el problema. Antes de que discutamos los detalles de los estudios de estacionamiento, es necesario discutir los diversos tipos de instalaciones de estacionamiento.

Derivado de los problemas de transporte colectivo urbano de la Ciudad de Puerto Barrios, se ha agudizado ante una mayor cantidad de vehículos que circulan por sus calles principales. El Departamento de Transito de la Municipalidad de Puerto Barrios, no cuenta con datos estadísticos de la cantidad de motocicletas que circulan por el Municipio. Por lo que para el ejercicio de validación practica piloto, se consideraron datos por EMETRA de la Ciudad de Guatemala y por la Superintendencia de Administración Tributaria -SAT-.

MOTOCICLETAS EN GUATEMALA

Las motocicletas en Guatemala se han convertido gradualmente en el medio de transporte más utilizado para trabajo, recreación y uso diario. Esto debido a varios factores como el tráfico intenso, los volátiles precios de la gasolina y Diesel, las crecientes posibilidades de trabajo en sitios turísticos con los moto-taxi y en Apps de mensajería como Uber Eats, Pedidos Ya y otras más en las áreas urbanas.

Las motocicletas a diferencia de los automóviles son vehículos de bajo mantenimiento que permite al usuario tener la certeza de que nunca tendrá que desembolsar grandes cantidades de dinero en combustible, repuestos, servicios y seguros, contribuyendo a la economía familiar e individual.

Las motocicletas se han vuelto un medio de transporte cada vez más popular. Su tamaño, mínimo gasto de combustible y facilidad para transitar en las calles, hacen de este vehículo el más cómodo y veloz en el ya tradicional tráfico de la ciudad.

Y aunque muchas personas de la población no están convencidas de las oportunidades que este medio de transporte les puede dar, es evidente que su uso ha crecido exponencialmente.

Según el Registro Fiscal de Vehículos de la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT), hasta abril de 2022, en el país circulaban 2 millones 52 mil 874 vehículos de dos ruedas, 90 mil 994 más en comparación con 2021, cuando había 1 millón 961 mil 880, y 323 mil 518 más que en 2020, que reportó 1 millón 729 mil 356. En 2019 circulaban en el país 1 millón 524 mil 121 motos, y en 2018, 1 millón 358 mil 756.

En Guatemala se está dando un crecimiento en el uso de las motos del 10% al 15% anual y según datos de la SAT, se emiten de 22 mil a 35 mil placas mensuales.

El ejercicio de validación practica piloto consiste en desarrollar un proyecto en el estacionamiento de motocicletas del Centro Universitario de Izabal CUNIZAB, tomando en cuenta las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas descritas a continuación:

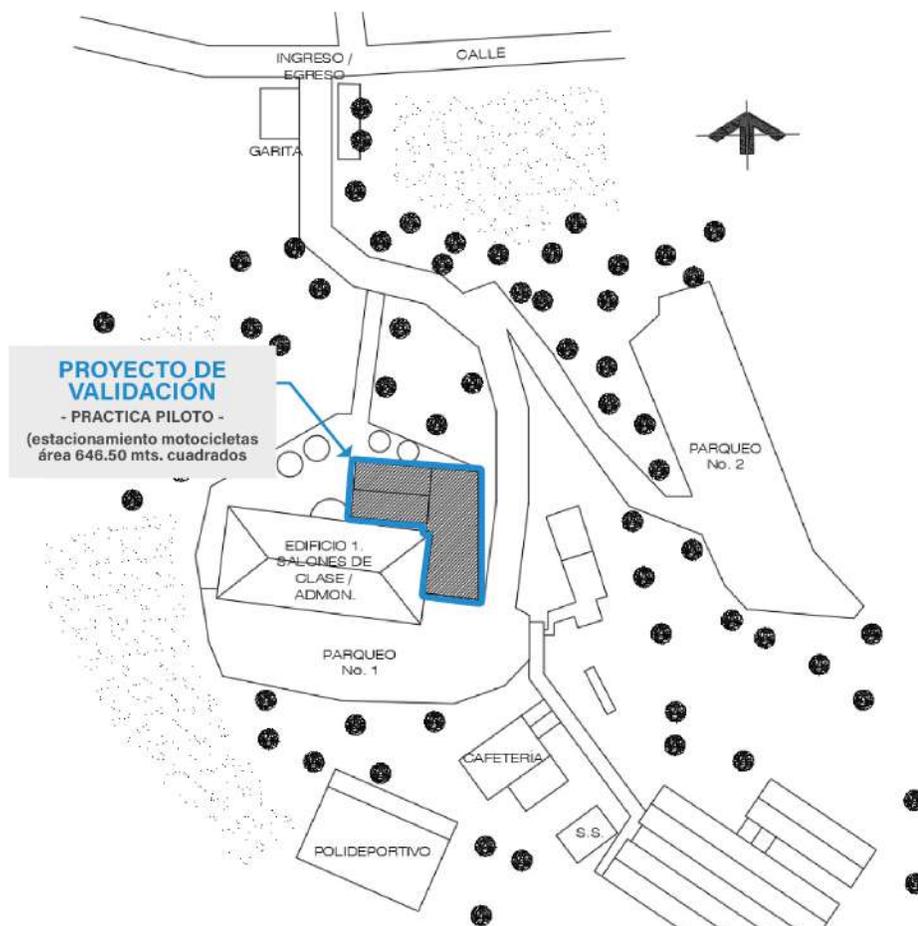


Imagen 26. Elaboración propia. Localización de Proyecto. (Estacionamiento Motocicletas)

CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

El área designada para estacionamiento de motocicletas del Centro Universitario de Izabal, actualmente tiene un área aproximada de 646.50 metros cuadrados. La propuesta da una solución de 101 estacionamientos para motocicletas, mejorando la infraestructura del centro universitario, así como la comodidad y seguridad del estudiante y/o usuario.

La línea de delimitación de cada estacionamiento y de calle de ingreso tendrá que tener un ancho de 10 cms (0.10 metros), de pintura termoplástica con micro esferas de vidrio drop on color amarillo, cada estacionamiento para motocicletas tendrá una dimensión de 1.20 metros por 2.40 metros. Dejando entre línea de estacionamientos una distancia de no menos de 1.90 metros para el ingreso del estacionamiento. Se demarcará una calle de ingreso al estacionamiento de no menos de 3.60 metros para la circulación de las motocicletas, en

la demarcación de la calle se colocarán vialetas blanco/rojo (ojo de gato) en ambos lados de la calle a cada 2.00 metros.

Se demarcará un paso peatonal de 2.00 metros de ancho de pintura termoplástica con micro esferas de vidrio drop on color blanco, las líneas serán de 10 cms. (0.10 metros) de ancho.

Se instalarán 02 rótulos de señales de tráfico restrictivas de metal y tablero de acero galvanizado. Un rotulo de Paso Peatonal en el área designada y un rotulo de Velocidad Máxima 10 KPH sobre la calle de ingreso.

La conformación del perfil de la base del estacionamiento, así como el espesor de pavimento asfáltico se tomó como referencia los estudios de suelos y diseño de mezcla proporcionados por la empresa Serpin.

PRACTICA PILOTO 101 estacionamientos de motos

Dimensiones de cada estacionamiento: 1.20m x 2.40m

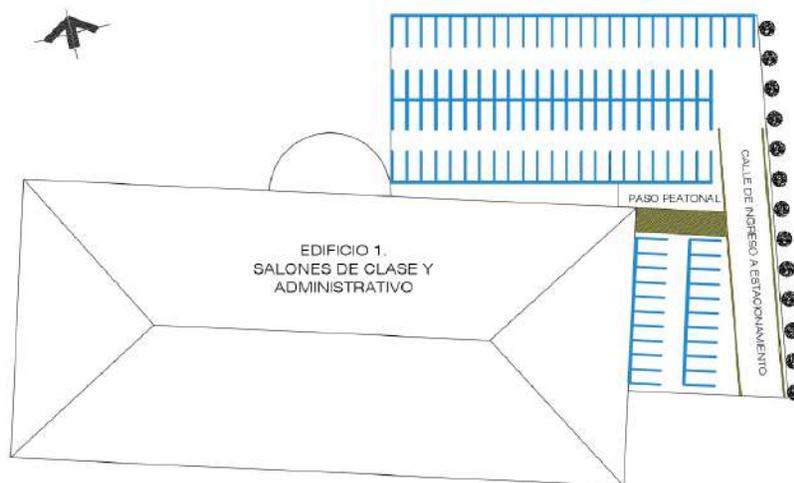


Imagen 27. Elaboración propia. Características del Proyecto. (Estacionamiento Motocicletas).

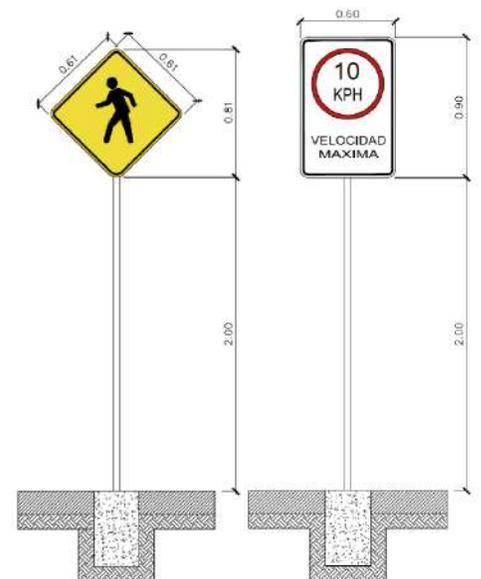


Imagen 28. Elaboración propia. Características de rotulación vertical. (Estacionamiento Motocicletas).

COSTO DEL PROYECTO

A continuación, se desglosan los costos unitarios del proyecto:

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Excavación de 0.70 metros de material no clasificado. Incluye: Extracción de material de desperdicio	M3	452.55	Q 77.70	Q 35,163.14
2	Sustitución de base triturada estabilizada con cemento. espesor promedio 0.20 mts.	M3	129.30	Q 678.60	Q 87,742.98
3	Sustitución de relleno estructural (balastro) de 0.19 mts. de espesor promedio.	M3	122.84	Q 256.00	Q 31,447.04
4	Sustitución de relleno estructural (selecto) de 0.25 metros de espesor promedio.	M3	161.63	Q 256.00	Q 41,377.28
5	Sustitución de base triturada de 0.20 metros de espesor promedio.	M3	129.30	Q 350.75	Q 45,351.98
6	Colocación de mezcla asfáltica modificada con polímeros. 0.5% de polietileno de baja densidad y 1.5% de PET. De 6 cms de espesor promedio.	M2	646.50	Q 200.00	Q129,300.00
7	Suministro y colocación de señales de tráfico restrictivas de metal, tablero de acero galvanizado (Paso Peatonal)	unidad	1.00	Q 1,190.20	Q 1,190.20
8	Suministro y colocación de señales de tráfico restrictivas de metal, tablero de acero galvanizado (Velocidad Máxima 10 KPH)	unidad	1.00	Q 1,190.20	Q 1,190.20
9	Colocación de vialetas amarillo/amarillo (ojo de gato) a cada 2.0 metros.	unidad	24.00	Q 58.00	Q 1,392.00
10	Aplicación de pintura termoplástica para línea continua color amarillo de 0.10 metros más microesferas de vidrio drop on.	ML	433.90	Q 522.00	Q 226,495.80
11	Aplicación de pintura termoplástica para línea continua color blanco de 0.10 metros más microesferas de vidrio drop on.	ML	74.60	Q 522.00	Q 38,941.20
				TOTAL	Q 639,591.82

Total en letras: seiscientos treinta y nueve mil quinientos noventa y un quetzales con 82/100.

BIBLIOGRAFÍA

1. CONAMA (Comisión Nacional de Medio Ambiente) 2009. Guía Metodológica para la estimación de emisiones de fuentes fijas y móviles en el registro de emisiones y transferencia de contaminantes. Chile. p.18-34.
2. Peláez, A (2011). Inversión en infraestructura pública y reducción de la pobreza en América Latina. (en línea), Rio de Janeiro, consultado en agosto 2014, p 90-96. Disponible en: <http://www.kas.de/wf/doc/kas.29022-1522-1-30.pdf?111114153021>
3. Baca, G. (2010) Evaluación de Proyectos. 6 ta. Edición, México, MacGraw Hill, p 20, 21, 22, 40, 276.
4. Bayer. (2014). Bayer está contribuyendo en la construcción de carreteras de alto desempeño. Ciencia para una mejor vida. Consultado en julio de 2014. Disponible en: <http://www.bayer-ca.com/noticias-regionales/?Noticia=99&Action=View>.
5. Besley, S (2009) Fundamentos de administración financiera. 14 a. Edición, México. p 353, 358, 405 y 406.
6. Blanchard, O. (2012) Macroeconomía, 5 ta edición, España, Pearson, p 648.
7. D.G.C. (Dirección General de Caminos) (2001). Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes. Guatemala. p. 411-1 - 411-5
8. CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CL) (2010). Crecimiento, infraestructura y crecimiento sostenible. Consultado en mayo 2013. Disponible en: <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/0/14980/DGE-2234-Cap4.pdf>.
9. Anguas, P. 2005. Análisis comparativo de los métodos Marshall y Superpave para compactación de mezclas asfálticas, México, Disponible en: <http://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt271.pdf>.
10. Avella Cruz, 2007 Asfaltos modificados con polímeros. Guatemala. Ingeniero Civil. Guatemala, Escuela de Ingeniería Civil, USAC. p 63.



El asfalto modificado es un campo que se encuentra en constante evolución, impulsado por la necesidad de abordar un problema global apremiante: la acumulación de desechos plásticos en las playas del Caribe de Guatemala y entornos naturales generó la necesidad de buscar una solución técnica y efectiva para un problema global y en un esfuerzo por abordar esta problemática en el Centro Universitario de Izabal hemos explorado de manera constante la evolución impulsado por la necesidad de abordar la contaminación y acumulación por desechos plásticos en las playas del Caribe. En este contexto, se generó el presente "MANUAL DE ECOASFALTO" el cual tiene como objetivo ser una guía alternativa ingeniosa para la aplicación de asfalto en carreteras, parqueos, para bacheo etc.

El Ecoasfalto se aborda desde el análisis científico y desarrollado desde el enfoque técnico utilizando datos y métodos de aplicación que demuestran la viabilidad de la utilización del ECOASFALTO que busca transformar los desafíos medioambientales en oportunidades.

Este manual tiene como objetivo principal proporcionar información detallada sobre cómo convertir estos desechos plásticos en un recurso valioso mezclado con asfalto y sostenible en la industria de la construcción. La necesidad de abordar esta problemática no puede subestimarse, y el asfalto modificado con plástico representa una alternativa que puede mitigar la contaminación y ofrecer un camino hacia el futuro más limpio y sostenible.

En el contexto del estudio realizado, se analizaron mezclas en caliente, las cuales son ampliamente utilizadas en pavimentos flexibles. Estas mezclas se componen de tres elementos fundamentales: los agregados (pétreos), como la arena, el pedrín y el plástico; el bitumen (AC-30) y los aditivos. En este estudio, se trabajó con agregados provenientes de la cantera Cayuga y plástico proveniente del centro de acopio de la comunidad de El Quetzalito, los cuales fueron triturados en la planta PERENCO Piedras Negras, ubicada en Puerto Barrios, Izabal. El bitumen (AC-30) fue suministrado por PERENCO Guatemala Limited y los aditivos fueron cuidadosamente seleccionados para evitar contaminar la mezcla asfáltica.

El "ECOASFALTO" es una opción económica y sostenible, en comparación con las alternativas tradicionales, lo que promueve prácticas más responsables en la industria de la construcción además coadyuvaría a resolver el problema de la acumulación de plásticos y micro plásticos en el mar y las playas del caribe guatemalteco, también ofrece una serie de beneficios significativos la reutilización de los desechos plástico además que es 100% reciclable, resistente, inerte y liviano además la disminución de los gases de efecto invernadero.

Este material no solo es más respetuoso con el medio ambiente, sino que también mejora la calidad y durabilidad de las carreteras la reducción de los costos de construcción de carreteras. El asfalto modificado con plástico es un material más económico y sostenible en comparación con opciones tradicionales como el concreto o el asfalto convencional. La adición de plástico brinda una capa adicional de protección y resistencia, lo que prolonga la vida útil de las vías y reduce los costos de mantenimiento.

Este manual se presenta como una herramienta valiosa para abordar de manera sistematizada las experiencias acumuladas durante el diseño y la ejecución de proyectos que involucran cambios, nuevas metodologías y la utilización de tecnología para la reutilización de desechos plásticos en las mezclas asfálticas brindando soluciones prácticas y sostenibles. La implementación del ECOASFALTO no solo contribuye a la preservación del planeta, sino que también ofrece beneficios técnicos, económicos y ambientales significativos para profesionales y comunidades en todo el mundo.



Implementado por:



En coordinación con:

