VI CONGRESO NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO
& IX SIMPOSIO NACIONAL MARINO COSTERO

Ecoasfalto CUNIZAB: valorización de PET y polietileno reciclados para pavimentos resilientes ante el cambio climático en Izabal, Guatemala

Lic. MSc. Mario Salazar

Centro Universitario de Izabal (CUNIZAB), Universidad de San Carlos de Guatemala

15-10-2026

Pregunta central: ¿puede un residuo ser parte de la adaptación?

¿Es técnicamente viable incorporar PET y polietileno reciclados en una mezcla asfáltica para un pavimento capaz de responder a condiciones climáticas más exigentes?

Problema 1: residuos plásticos

PET y polietileno llegan a playas y cauces de Izabal.

Disposición inadecuada y quema a cielo abierto.

Problema 2: vías vulnerables

Lluvia, humedad y calor aceleran baches, desprendimiento y deformaciones.

Mayor costo de mantenimiento.

Respuesta

Ecoasfalto

residuo convertido en insumo de infraestructura

Izabal concentra presiones climáticas que deterioran los pavimentos

Presión climática	Mecanismo de daño en el pavimento
Lluvias intensas y prolongadas	Infiltración, pérdida de soporte y formación de baches
Humedad relativa alta	Desprendimiento entre asfalto y agregados (stripping)
Temperaturas elevadas	Ablandamiento del ligante y ahuellamiento
Eventos extremos	Encharcamiento y deterioro acelerado

Presión adicional: llegada constante de residuos plásticos a la costa del Caribe guatemalteco.

Indicadores de Puerto Barrios

Precipitación anual	[1500 mm]
Temperatura media	[34 °C]
Humedad relativa	[60 %]

Datos de INSIVUMEH

PET Molido



El proyecto: un tramo piloto de pavimento flexible en el CUNIZAB

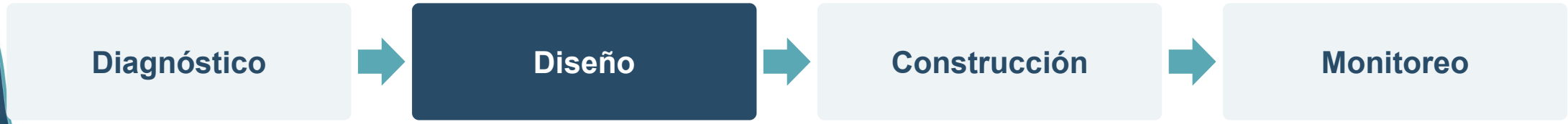
Qué Pavimento con mezcla asfáltica modificada con plástico reciclado

Dónde Área de parqueo del CUNIZAB, Puerto Barrios, Izabal

Escala Tramo piloto dividido en 3 zonas de diseño;

Alcance Diseño técnico (geotecnia, tránsito, estructura) y plan de validación

Ruta del proyecto



Objetivos: validar una alternativa circular de pavimento

Objetivo general

Evaluar la viabilidad del uso de PET y polietileno reciclados en una mezcla asfáltica para un pavimento flexible resiliente en el CUNIZAB.

1

Diseñar

la estructura del pavimento con criterios AASHTO.

2

Dosificar

el plástico reciclado como agregado en la dosificación.

3

Definir

indicadores y criterios de aceptación: ausencia de deformaciones y desprendimiento del PET incorporado en la mezcla asfáltica.

4

Monitorear

el desempeño del tramo ante condiciones de humedad, variaciones térmicas y cargas de tránsito.

Metodología: del sitio al diseño de la mezcla

01

Estudio de suelos:

Caracterización geotécnica del suelo.

Clasificación de suelos

02

Estudios a realizar

Ensayos a Suelo natural, Sub rasante, Sub base y a Base.

CBR y Proctor, Granulometría

03

Tránsito

Análisis del tránsito vehicular y estimación de cargas para el diseño del pavimento.

Ejes equivalentes

04

Estructura

Diseño y dosificación de mezcla asfáltica a utilizar.

AASHTO

05

Ejecución

Dosificación de bitumen asfaltico, agregados pétreos (grueso, fino) y PET triturado, control de calidad y supervisión.

Tipo D + PET + PEBD

El diseño se apoya en datos medidos en el sitio y no en supuestos genéricos; la mezcla se define sobre una estructura verificada.


PERENCO
ECO-ASFALTO PERENCO AC-30E
PET antes
PET después
TIPO A
TIPO B
TIPO C
PETE
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
PERENCO
LMP
CONSTRUCTORA CODICO
SERPIN

La mezcla Ecoasfalto: 2% de plástico reciclado en una mezcla tipo D

1.5%

PET reciclado

0.5%

Polietileno de baja densidad (PEBD)

6 cm

Capa de rodadura

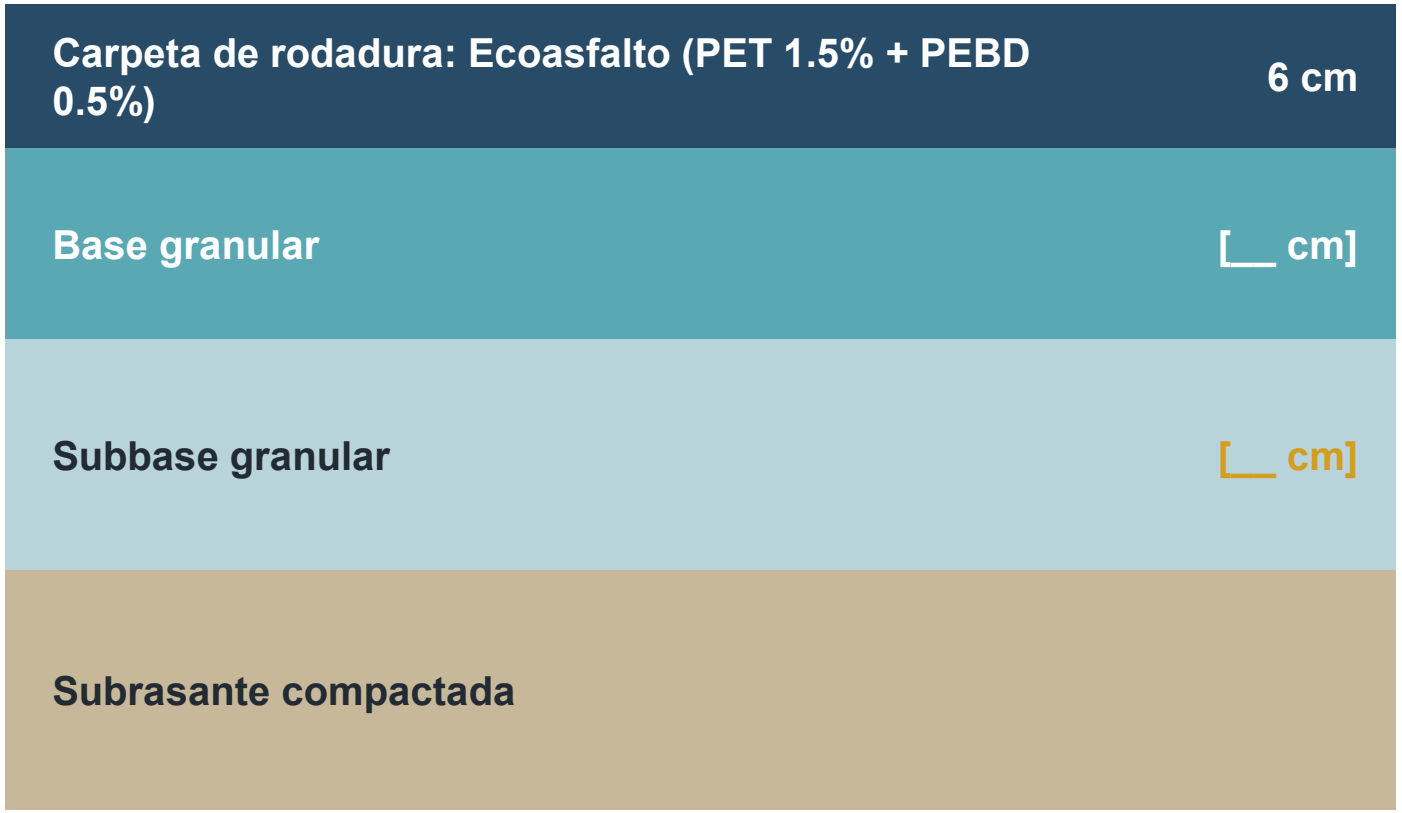
Tipo D

Mezcla en caliente, granulometría densa

Procesamiento del plástico

Acopio y separación → **Lavado y secado** → **Trituración [tamaño: __ mm]** → **Incorporación [vía seca/húmeda]**

Estructura del pavimento propuesto



Esquema no a escala. Ajustar espesores por zona según el informe técnico.

Lectura del corte

La carpeta con plástico recibe directamente lluvia, calor y cargas.

Base y subbase distribuyen las cargas hacia el suelo.

La suma de los aportes de cada capa da el número estructural (SN).

Parámetros de diseño: criterios de la mezcla

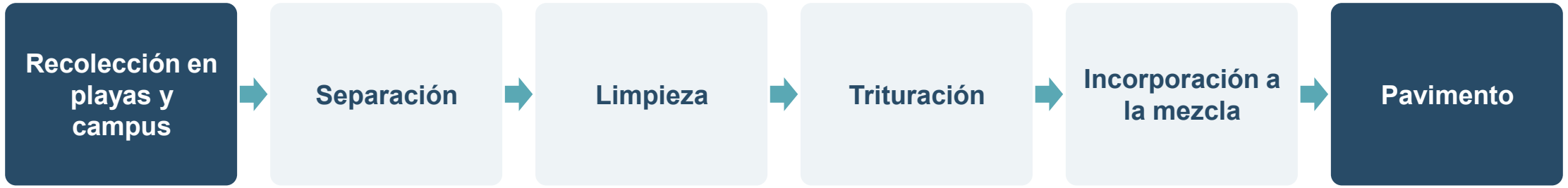
Indicador	Criterio de referencia	Estado
Módulo resiliente (Recuperación ante cargas repetidas)	≥ 2,400 MPa a 21 °C y 10 Hz	**Pendiente**
Estabilidad Marshall (Resistencia a deformación bajo carga)	≥ 1,800 lb	**Pendiente**
Resistencia a tensión retenida (TSR) (Resistencia conservada tras humedad)	≥ 75%	**Pendiente**
Deformación permanente	≤ 12.5 mm tras 25,000 ciclos a 50 °C	**Pendiente**
Fatiga y deflexión	**[Según especificación]**	**Pendiente**
Rugosidad (IRI) y permeabilidad	**[Según especificación]**	**Pendiente**

Los resultados Marshall disponibles corresponden a otras dosificaciones; no se atribuyen a la mezcla final.

Cada amenaza climática tiene un ensayo que la evalúa

Amenaza	Mecanismo de daño	Ensayo	Pregunta que responde
Lluvia y humedad	Desprendimiento por agua	➡ **TSR y permeabilidad**	¿Resiste la acción del agua?
Calor	Ahuellamiento	➡ **Deformación a 50 °C**	¿Mantiene su forma con altas temperaturas?
Cargas repetidas	Fisuración por fatiga	➡ **Fatiga y deflexión**	¿Soporta el tránsito acumulado?
Deterioro general	Pérdida de serviciabilidad	➡ **Rugosidad (IRI)**	¿Sigue siendo funcional?

Economía circular: del residuo plástico al pavimento



Indicadores cuantificables

Indicador	Valor
Plástico incorporado por m²	[25 kg/m²]
Plástico por tonelada de mezcla	[1000 kg/t]
Total recuperado en el tramo piloto	[1000 kg]
Botellas PET equivalentes (≈ 20–25 g c/u)	[44000 botellas]

Ejemplo ilustrativo: 100 m²

100 m² × 0.06 m ≈ 14.1 t de mezcla

2% sobre la mezcla: ≈ 280 kg

2% sobre el ligante: ≈ 17 kg

Confirmar la base del porcentaje.

Aporte a la adaptación: infraestructura evaluada para el clima que viene

Infraestructura universitaria resiliente

Adaptación

- Evaluación de desempeño del pavimento ante la humedad, altas temperaturas y cargas vehiculares.
- Considerando los efectos de la variabilidad climática sobre la infraestructura universitaria.

Mitigación

- Menos disposición inadecuada y quema de plástico.
- Posible reducción del mantenimiento (a cuantificar).

Capacidades locales

- Formación de estudiantes e investigación aplicada.
- Evidencia replicable para la región Caribe.

Hipótesis: el ecoasfalto ofrece un desempeño igual o superior ante el clima local. Se verificará en el tramo piloto. Vínculos: PANCC y ODS 9, 11, 12 y 13.

Plan de monitoreo: el tramo piloto como laboratorio a escala real

Actividad	Frecuencia	Aspectos a controlar
Evaluación Inicial	Al finalizar la construcción.	Estado superficial, fotografías, fisuras y deformaciones iniciales.
Inspección visual	Mensual durante los primeros 6 meses; luego trimestral.	Fisuras, baches, desprendimientos y deterioro superficial.
Control de deformaciones	Semestral	Profundidad de ahuellamiento y cambios visibles en la superficie
Registro de eventos climáticos	Despues de lluvias intensas.	Encharcamientos, drenaje superficial y daños posteriores al evento.
Registro fotográfico y con dron	Semestral	Evaluación del deterioro, cobertura fotográfica y comparación temporal.

24–36 meses

Período propuesto de seguimiento, sujeto a las condiciones de uso, disponibilidad de recursos y duración de la investigación.

Recomendado

Comparar el tramo experimental con PET frente a un testigo de asfalto convencional testigo.

Limitaciones y condiciones para escalar

Limitación o riesgo	Acción de control
Validación experimental limitada	Documentar el diseño de mezcla y establecer los ensayos de laboratorio requeridos para una futura validación.
Variabilidad del PET reciclado	Definir criterios de selección, limpieza, prodcedencia y tamaño de la partícula.
Posible liberación de partículas por desgaste	Registras desprendimientos y desgaste superficial; evaluar el muestreo especializado si existen recursos.
Emisiones durante fabricación	Controlar y registrar las temperaturas de calentamiento y mezclado conforme al procedimiento técnico establecido.
Desempeño y reciclabilidad a largo plazo	Dar seguimiento al deterioro y documentar las posibilidades de fresado y reutilización futura.
Costos frente a la mezcla convencional	Comparar costos de materiales, procesamiento, colocación y mantenimiento por metro cuadrado.

Madurez tecnológica

Escalamiento

Validación

Tramo piloto

Diseño actual

Ajustar según el estado real

Conclusiones y siguientes pasos

2%

de plástico reciclado (0.5% PEBD + 1.5% PET) en la carpeta de rodadura

3.22–3.25

SN propuesto, superior al requerido (2.33–3.03) en las 3 zonas

4

amenazas climáticas vinculadas a ensayos medibles

3

aportes: adaptación, mitigación y capacidades locales

Siguientes pasos

Ensayos de la mezcla final → **Construcción y monitoreo** → **Publicación de resultados** → **Alianzas con municipalidades**



Organizado por:

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

SGCCC
Sistema Guatemalteco de Ciencias del Cambio Climático

Alianza Intersectorial Marino Costera GT
#UnidosXNuestrosOcéanos

DEFENSORES DE LA NATURALEZA

Galileo UNIVERSIDAD

ICC
Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático

FUNDAECO

Gobierno Municipal Puerto Barrios

MAR FUND

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

VI CNCC
Plataforma Impulsora Local Izabal

Con el apoyo de:

CATIE
Solutions for Inclusive Green Development
Soluciones para el Desarrollo Verde Inclusivo

DEFENSORES
DE LA NATURALEZA

FUNDAECO

France
FFEM
FONDS
FRANÇAIS POUR
L'ENVIRONNEMENT
MONDIAL

ICC
Instituto Privado de Investigación
sobre Cambio Climático

Gobierno
Municipal
Puerto Barrios

MAR
FUND

UICN

WWF

¡Muchas gracias!

Mario Estuardo Salazar Rodríguez

CUNIZAB, Instituto de Investigaciones del Caribe de Izabal

msalazar@cunizab.edu.gt

www.cunizab.edu.gt

VI CONGRESO NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO
& IX SIMPOSIO NACIONAL MARINO COSTERO

Con el aval de:

2021 2030 Decenio de las Naciones Unidas de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible