



17-22 nov 2013

Hotel Casa Santo Domingo Antigua Guatemala
Guatemala, C.A.

www.congresocila.org

Zonificación climática de Costa Rica para la determinación del tipo de ligante asfáltico clasificado por grado de desempeño (PG)

Fabián Elizondo Arrieta
Gustavo Badilla Vargas
Elías Bonilla Miranda
Ellen Rodríguez



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

¿Qué es el LanammeUCR?

LanammeUCR es un laboratorio de la Universidad de Costa Rica dedicado a:

- Investigación aplicada
- Docencia
- Transferencia tecnológica
- Cooperación técnica

• Primer laboratorio del ramo ACREDITADO ISO 17025 – 2002 en la región latinoamericana

• 80 ensayos acreditados



programa de
infraestructura
del transporte

Áreas de Especialidad

- Ingeniería Sísmica y Gestión del Riesgo.
- Ingeniería de Suelos y Rocas (Geotecnia).
- Ingeniería Estructural.
- Ingeniería de Materiales de Construcción.
- Ingeniería Vial (Programa PITRA – Ley 8114 y 8603).

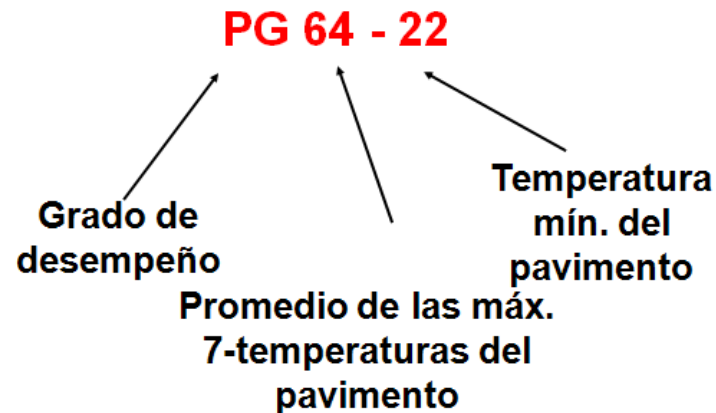


- LEY 7099: Laboratorio nacional de referencia
- LEY 8603: Garantizarla máxima Eficiencia de Inversión Pública en Reconstrucción y Conservación de la Red Vial Costarricense
- LEY 8114: Fiscalización, investigación, transferencia de Tecnología, apoyo a municipios, evaluación de redes viales y puente especificación vial costarricense → **1.0% Impuesto al combustible**



Clasificación del asfaltos mediante el Grado de desempeño

- PG establece un rango de temperaturas dentro de las cuales el asfalto se comporta de manera adecuada. Este rango debe ser cotejado con las temperaturas extremas de la zona donde se ubicará el proyecto y de esta manera definir si el asfalto es apto para ser utilizado en el proyecto.





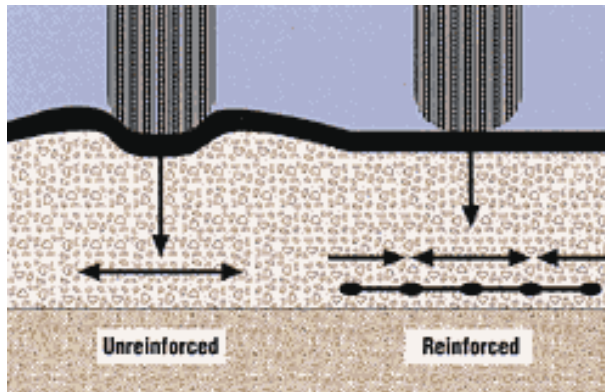
Comportamiento del ligante asfáltico

- Tres características del ligante asfáltico son importantes en el desempeño de una mezcla asfáltica:
 - **Susceptibilidad a la temperatura:** el asfalto es más rígido entre menor sea su temperatura (tiempo de carga).
 - **Viscoelasticidad:** comportamiento viscoso (deformable) y elástico (sólido-recuperable).
 - **Envejecimiento:** Cambia sus propiedades con el tiempo, debido a la pérdida de volátiles y oxidación lo que se traduce como un rigidización del asfalto.



Comportamiento del ligante asfáltico

- **Deformación permanente:**
 - El asfalto es mas susceptible conforme reducimos la consistencia (dureza),
 - La consistencia se reduce
 - Altas temperaturas
 - Bajas velocidades





Comportamiento del ligante asfáltico

- **Fisuramiento por temperatura:**
 - Se producen cuando el pavimento se enfría a temperaturas por debajo de cero grados centígrados, siendo mas críticos en etapas avanzadas cuando el asfalto se encuentra mas rígido debido al envejecimiento





Comportamiento del ligante asfáltico

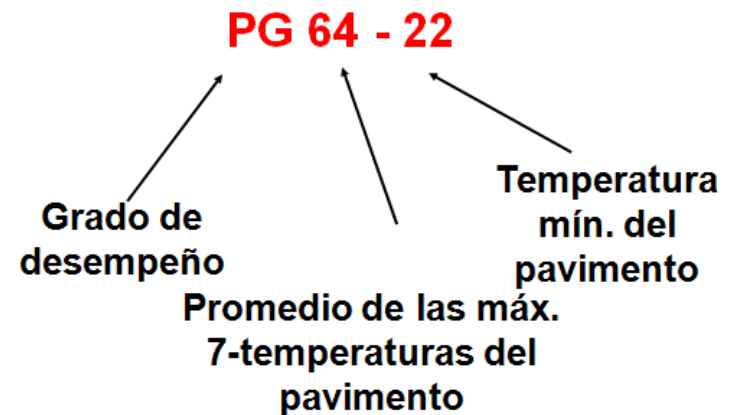
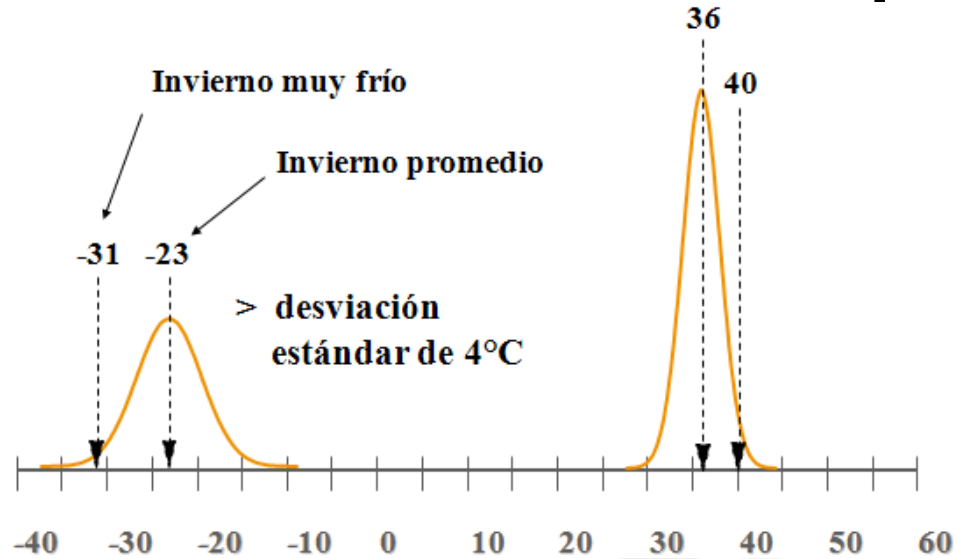
- Fisuramiento por fatiga:

- Las cargas aplicadas producen esfuerzos de tensión en la parte inferior de una capa de mezcla asfáltica.
- La consistencia aumenta
 - Bajas temperaturas
 - Debido al envejecimiento





Clasificación del asfaltos mediante el Grado de desempeño



Objetivo del proyecto

- Establecer una zonificación climática de Costa Rica para la determinación del tipo de ligante asfáltico clasificado por grado de desempeño (PG)



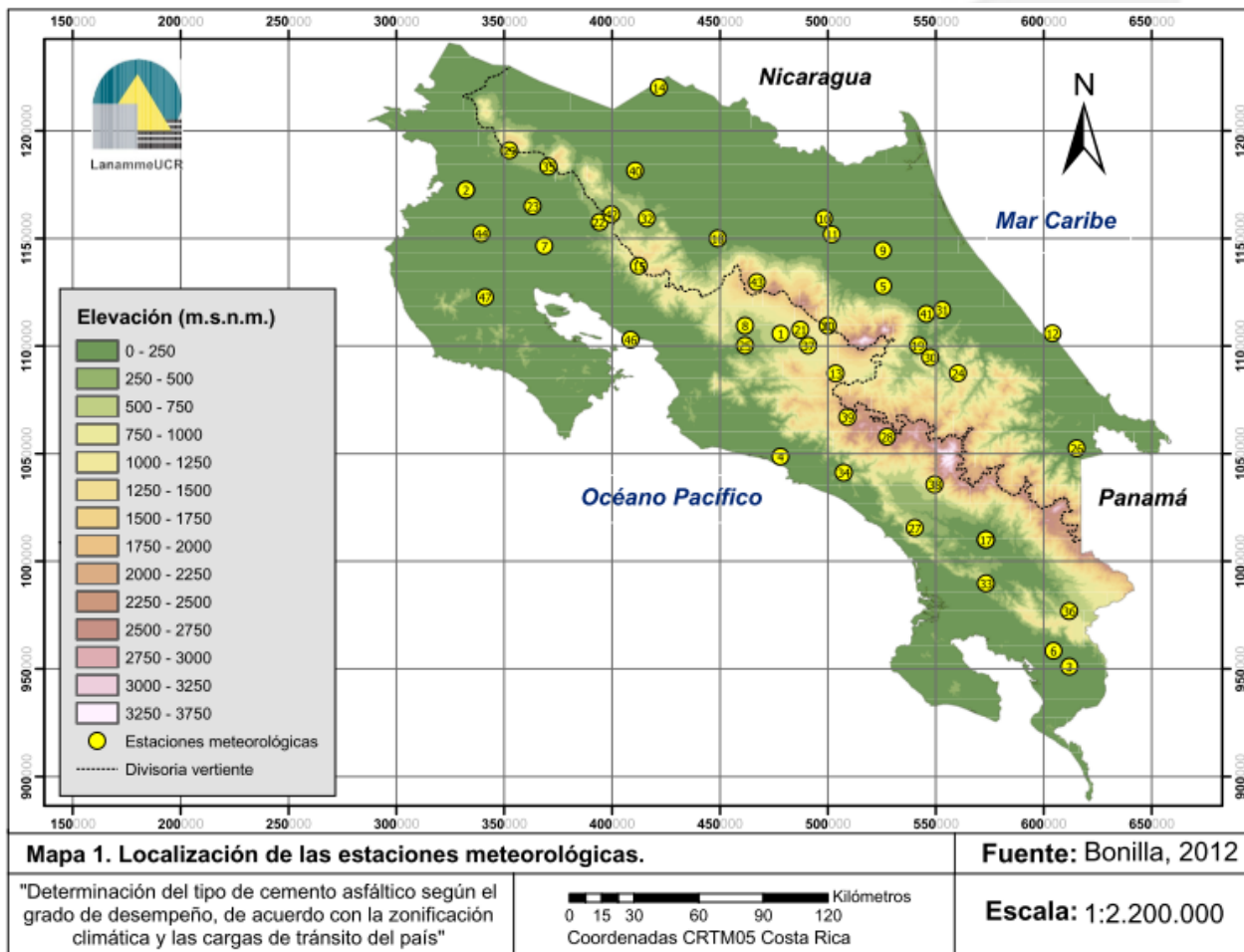


OBTENCIÓN DE LAS TEMPERATURAS DEL AIRE Y DEL PAVIMENTO

- Registro de datos de las estaciones meteorológicas se obtuvieron del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y el Instituto Meteorológico Nacional (IMN), y del Informe “Zonificación climática de Costa Rica para la Gestión de Infraestructura” Orozco, 2007.
- La base de datos reciente que contemplaba como mínimo los últimos 5 años de registro, los datos de temperatura analizada estaban en base diaria, y se eligieron para que fueran representativos de las distintas zonas y climas de Costa Rica.
- Las temperaturas críticas fueron desarrolladas para un 50, 85 y 98% de confianza.
- Se utilizaron 46 estaciones meteorológicas.



OBTENCIÓN DE TEMPERATURAS DEL AIRE Y DEL PAVIMENTO



Ubicación de las estaciones meteorológicas



MODELOS DE PREDICCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL PAVIMENTO

- Modelos SHRP y FHWA (LTPP) estiman las temperaturas críticas del pavimento a partir de la temperatura del aire y de la localización geográfica (latitud).



MODELOS SHRP

- Estimación de la temperatura mínima del pavimento en función de la profundidad y la temperatura del aire.

$$T_{min\ pav} = T_{min\ aire} + 0,051 d + 0,000063 d^2$$

T_{min pav} = temperatura mínima del pavimento a una profundidad d, °C.

T_{min aire} = temperatura mínima promedio del aire del registro de datos, °C.

d = profundidad a la cual se requiere calcular la temperatura en el pavimento, mm.

- Estimación de la temperatura máxima del pavimento en función de la temperatura del pavimento y el aire, absorción solar, velocidad del viento.

$$T_{max\ pav} = T_{max\ aire} - 0,00618 Lat^2 + 0,2289 Lat + 24,4$$

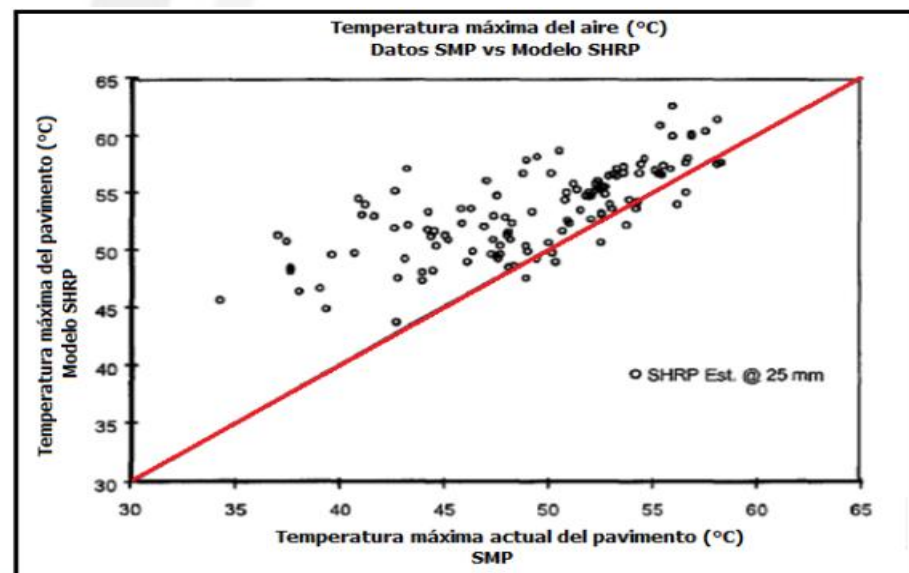
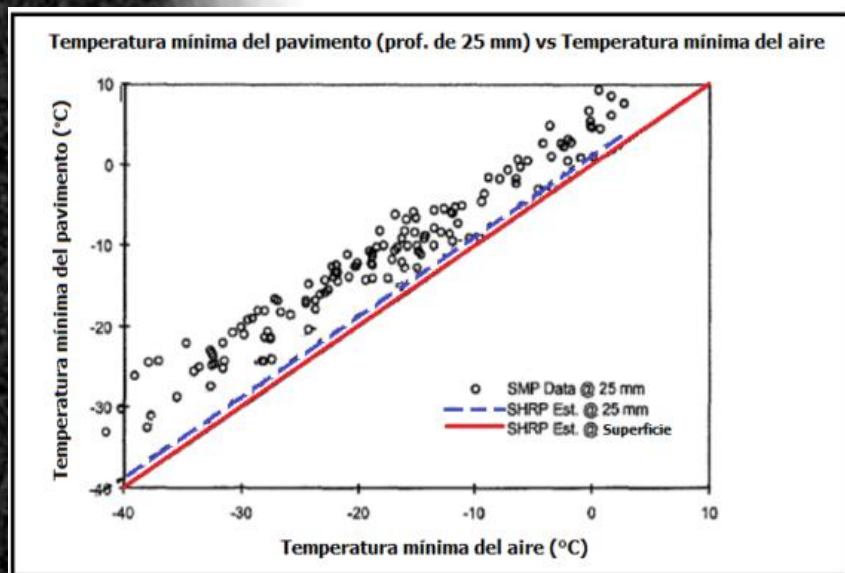


MODELOS FHWA LTPP

El estudio realizado por la FHWA, con base en los datos del programa del LTPP, para comparar el modelo de temperatura mínima del pavimento de SHRP (datos de SMP).

$$T_{max\ pav} = 54,32 + 0,78 T_{max\ aire} - 0,0025 Lat^2 + 15,14 \log(d + 25) - Z(9 + 0,61 \sigma_{aire}^2)^{0,5}$$

$$T_{min\ pav} = 1,56 + 0,72 T_{min\ aire} - 0,004 Lat^2 + 6,26 \log(d + 25) - Z(4,4 + 0,52 \sigma_{aire}^2)^{0,5}$$





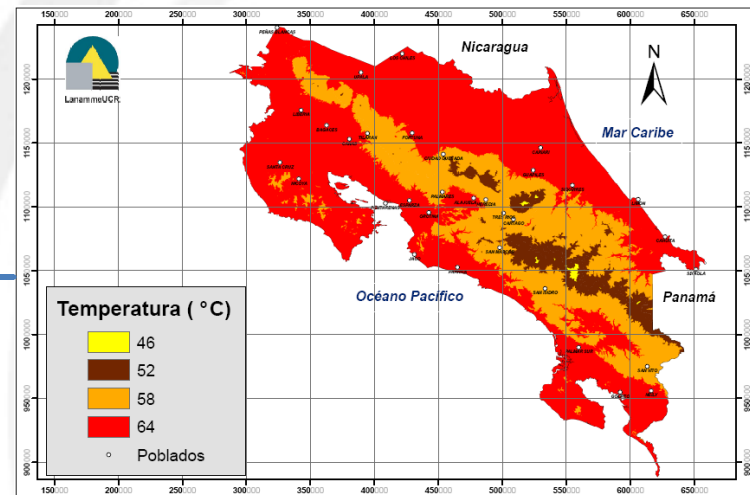
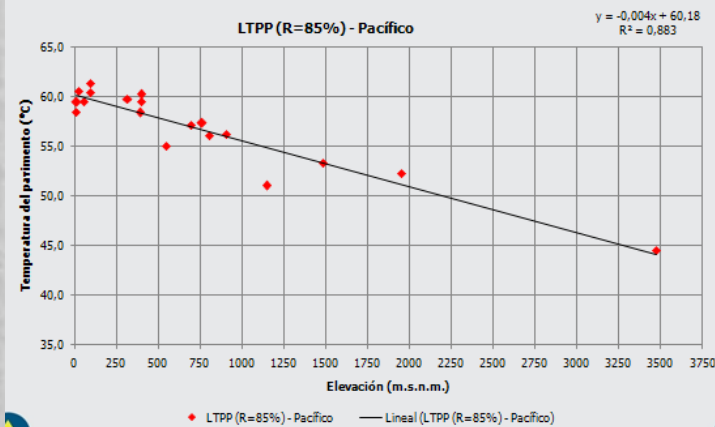
GENERACIÓN DE MAPAS DE GRADO DE DESEMPEÑO

- División del país, de acuerdo al IMN, en dos vertientes: Pacífico y Caribe.
- Subdivisión en zonas homogéneas de estudio: Pacífico sur, Pacífico Norte, Pacífico Central, Valle Central, Caribe Norte y Caribe Sur.
- De los resultados encontrados se definen tres zonas con temperaturas máximas significativamente distintas entre ellas: Pacífico, Caribe y Valle Central.
- Para las temperaturas mínimas, estadísticamente no existen diferencias significativas entre las distintas zonas estudiadas.



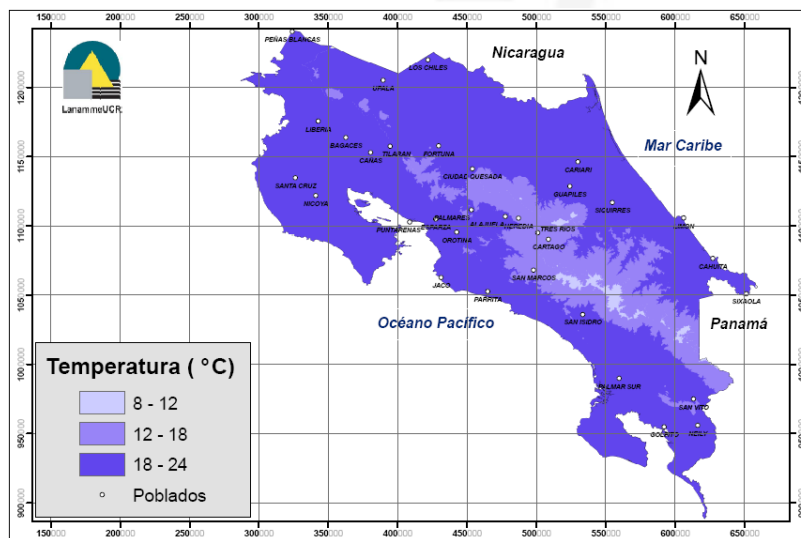
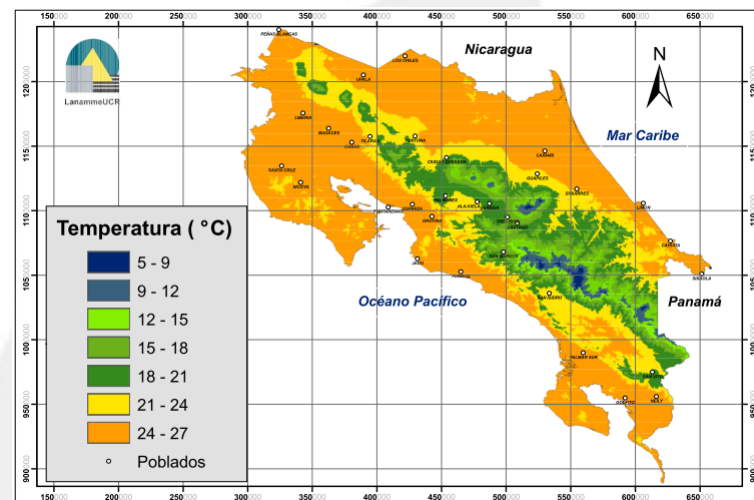
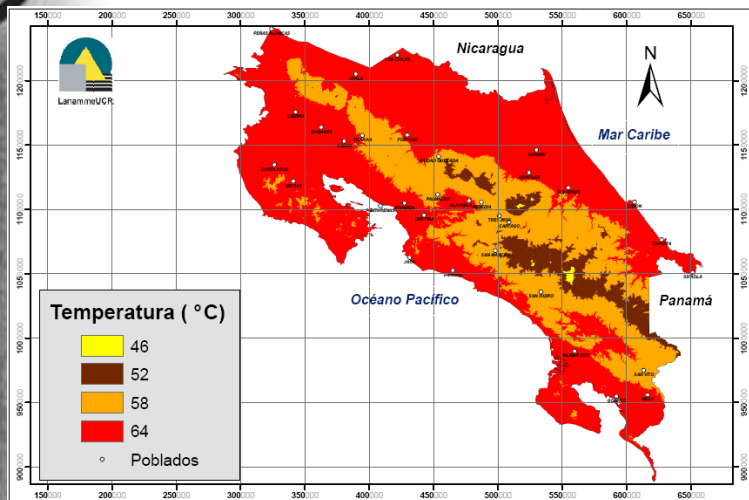
GENERACIÓN DE MAPAS DE GRADO DE DESEMPEÑO

Estación meteorológica	SHRP (°C) Confianza=50%	SHRP (°C) Confianza=85%	LTPP (°C) Confianza=50%	LTPP (°C) Confianza=85%
Aeropuerto Daniel Oduber	60,1	60,7	58,2	61,4
Aeropuerto Juan Santamaría	54,8	55,4	54,0	57,1
Amubri	57,0	57,5	56,0	59,1
Bagaces	58,9	59,6	57,2	60,4
Bajos del Toro	48,4	50,0	48,8	52,2
Bolivia	53,4	54,2	52,9	56,1
Cajón de Boruca	57,9	58,2	56,6	59,7
Casa de Máquina Miravalles	55,0	55,6	54,0	57,2
Cedral	50,1	50,5	50,2	53,3





TEMPERATURA CRITICAS DEL DEL PAVIMENTO (MODELO FHWA-LTPP)





CONCLUSIONES

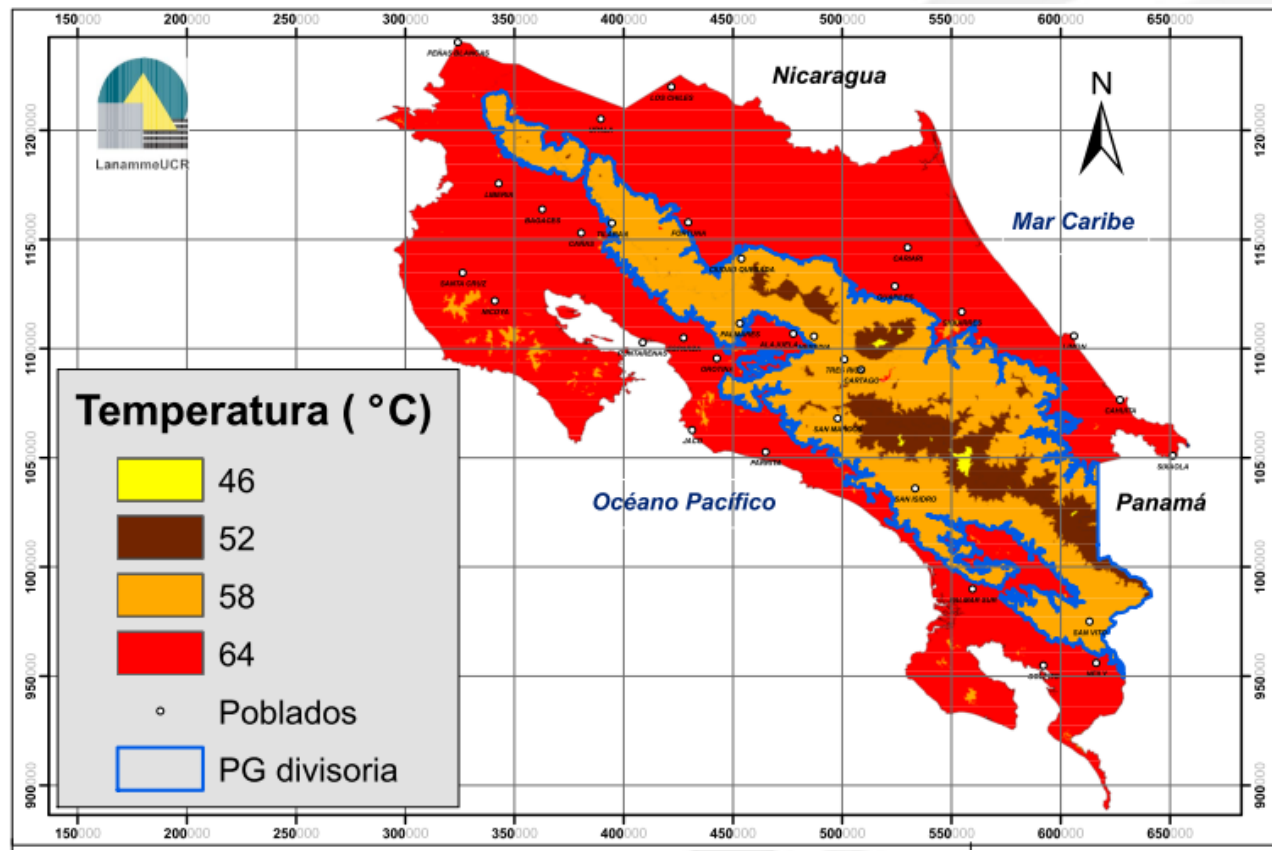
Una vez generados los mapas de Grado de Desempeño para cada zona en función de la altitud, las zonas fueron delimitadas con base en:

- Densidad de carreteras
- Distribución poblacional
- Topografía
- Volumen de tránsito



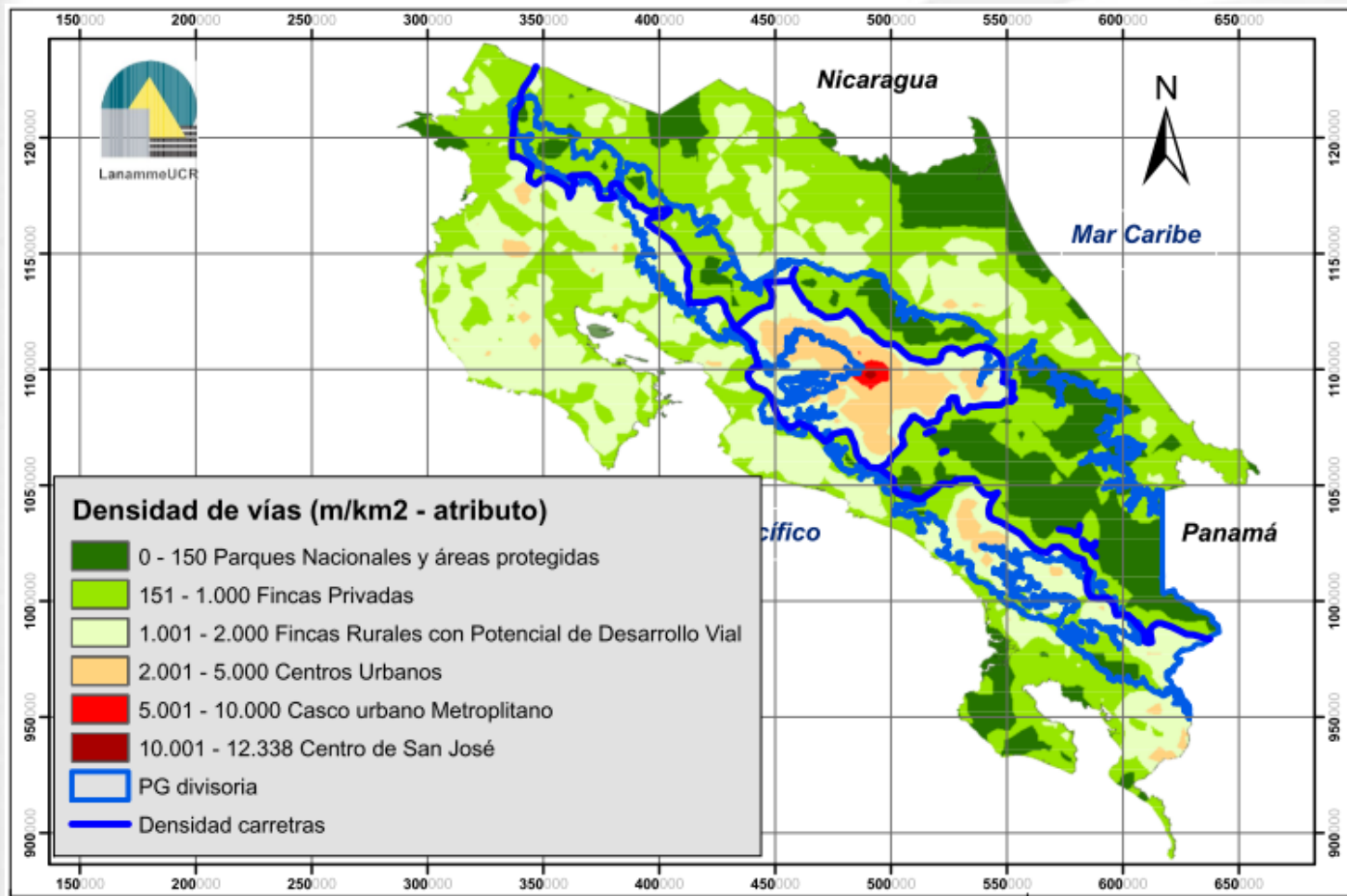
Propuesta de zonas de PG

Zonificación climática



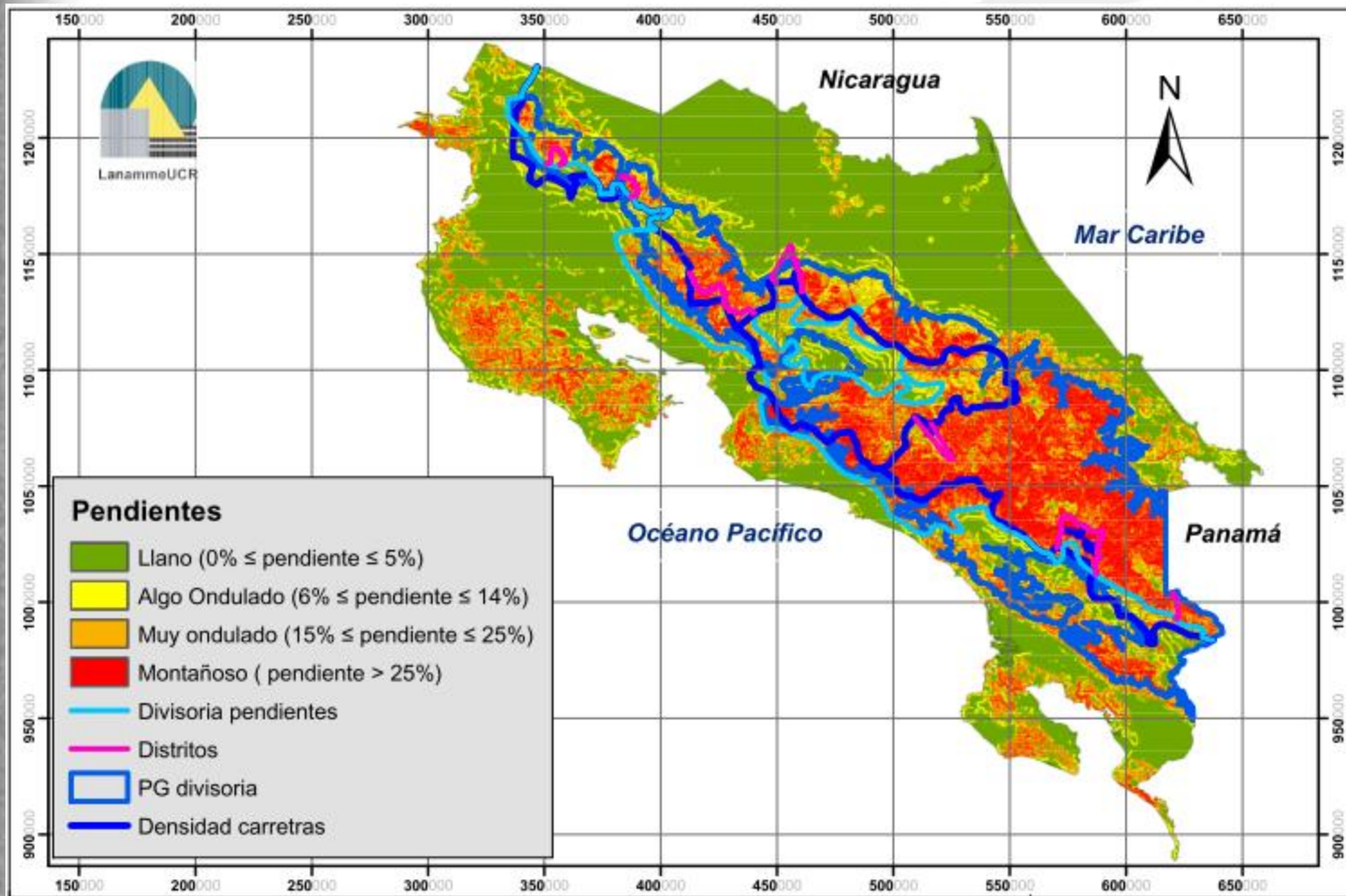
Propuesta de zonas de PG

Densidad de vías



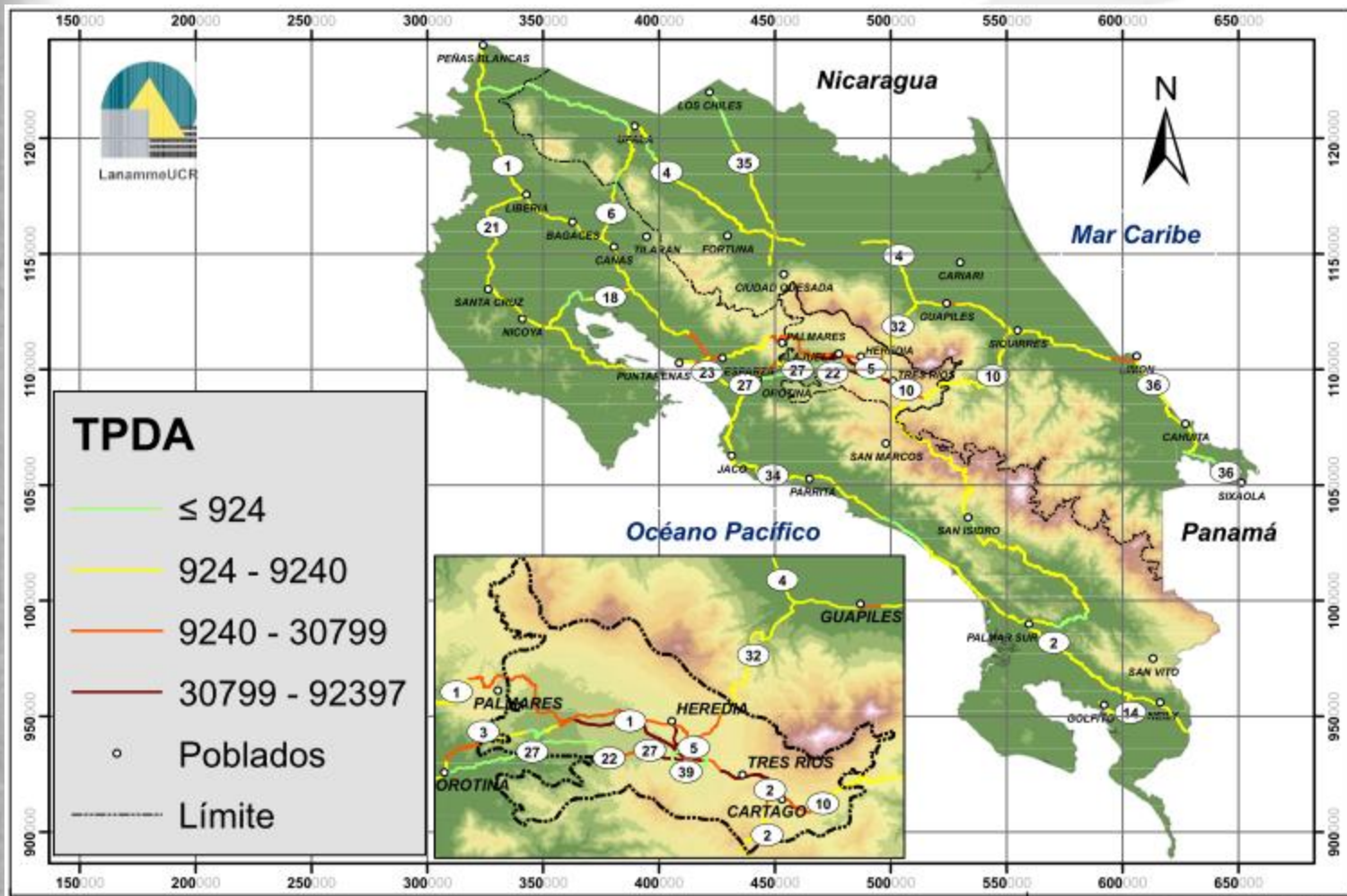
Propuesta de zonas de PG

Topografía del terreno



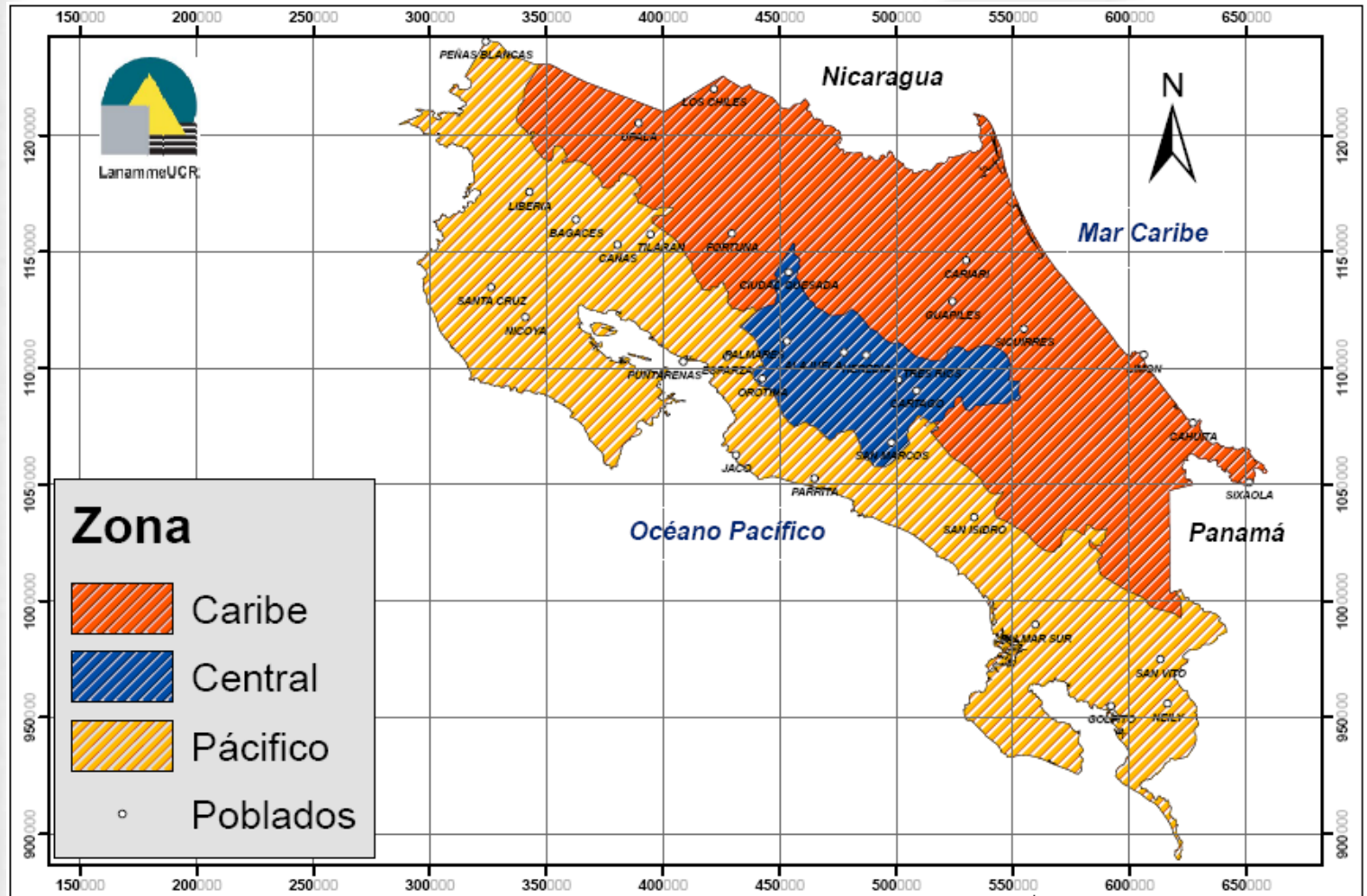
Propuesta de zonas de PG

Volumen de tránsito





ZONIFICACIÓN BASADA EN EL GRADO DE DESEMPEÑO DEL LIGANTE ASFÁLTICO





CONCLUSIONES (Cont.)

- Rutas de bajo volumen de tránsito ≤ 10 millones de ejes equivalentes de diseño (ESALS).
 - Zona Pacífico utilizar asfalto base modificado para lograr un PG 64-22.
 - Zona Caribe utilizar asfalto base modificado para lograr un PG 64-22.
 - Zona Central utilizar asfalto PG 58-22.



CONCLUSIONES (Cont.)

- Rutas de medio volumen de tránsito caracterizadas por velocidades de tránsito altas (Tránsito entre 10 y 20 millones de ESALS y velocidades mayores a los 40km/h)
 - Zona Pacífico utilizar asfalto base modificado para lograr un PG 70-22.
 - Zona Caribe utilizar asfalto base modificado para lograr un PG 70-22.
 - Zona Central utilizar asfalto PG 64-22.



CONCLUSIONES (Cont.)

- Rutas de medio y alto volumen de tránsito caracterizadas por velocidades de tránsito bajas (Tránsito \geq 20 millones de ESALS y velocidades menores a los 40km/h)
 - Zona Pacífico utilizar asfalto modificado con polímero para lograr un PG 76-22.
 - Zona Caribe utilizar asfalto base modificado para lograr un PG 76-22.
- Zonas Central y Caribe utilizar asfalto modificado con polímero para lograr un PG 70-22.



¡Muchas Gracias!



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES



programa de
infraestructura
del transporte

<http://www.lanamme.ucr.ac.cr/>
Fabian.elizondo@ucr.ac.cr