

INFORME TÉCNICO EJECUTIVO

NOMBRE DEL INFORME: "Evaluación de la condición funcional y estructural del pavimento del tramo km 107-km 108 de la carretera Paraguari- Villarrica"

FECHA DE INFORME
28 de febrero de 2012

REFERENCIA DEL PROYECTO

La ruta que une Villarrica y Paraguarí, inaugurada el 5 de agosto de 2011, ya fue bacheada. El tramo más afectado es Tebicuary (Guairá)- Ybytymí (Paraguarí) y según los responsables, su rápido deterioro se debe a la circulación de camiones pesados.

AUTOR: Luis A. Caballero. R.

DIRECCION DEL AUTOR: Teodosio González 1127,
Asunción

PERIODO DE
INVESTIGACION:
21-01-2012 a 25-01-2012

INSTITUCION MANDANTE: Universidad Nacional de
Asunción- Universidad Católica "Nuestra Señora de la Asunción"

CONTRAPARTE
TÉCNICA: Ing.
Guillermo Thenoux

RESUMEN

El presente informe contiene el resultado de la evaluación visual de un tramo de la carretera Paraguari- Villarrica. La inspección visual es una técnica de evaluación no invasiva del estado de un pavimento. Representa una alternativa de bajo costo y rápida ejecución. La evaluación del estado del tramo "km107-km108" de la carretera Paraguarí- Villarrica tiene por objeto establecer un primer diagnóstico que permita seleccionar y proyectar la reparación más adecuada.

El análisis sirve para poder establecer las fallas y las posibles causas de los deterioros observados y diferenciar entre los que son indicativos de un deficiente comportamiento estructural del pavimento y aquellos otros que, en principio, sólo afectan a la superficie del pavimento. El análisis considera las condiciones de comodidad y de seguridad del pavimento, su nivel de deterioro superficial y la condición estructural del pavimento.

La inspección o relevamiento de fallas se realizó caminando y haciendo las anotaciones correspondientes de todas las fallas observadas.

Como resultado se verificó que la condición de rodaje sigue siendo buena pero su deterioro estructural comienza a aumentar.



Fotografía 1. Reparaciones en el carril izquierdo del tramo "107-108"

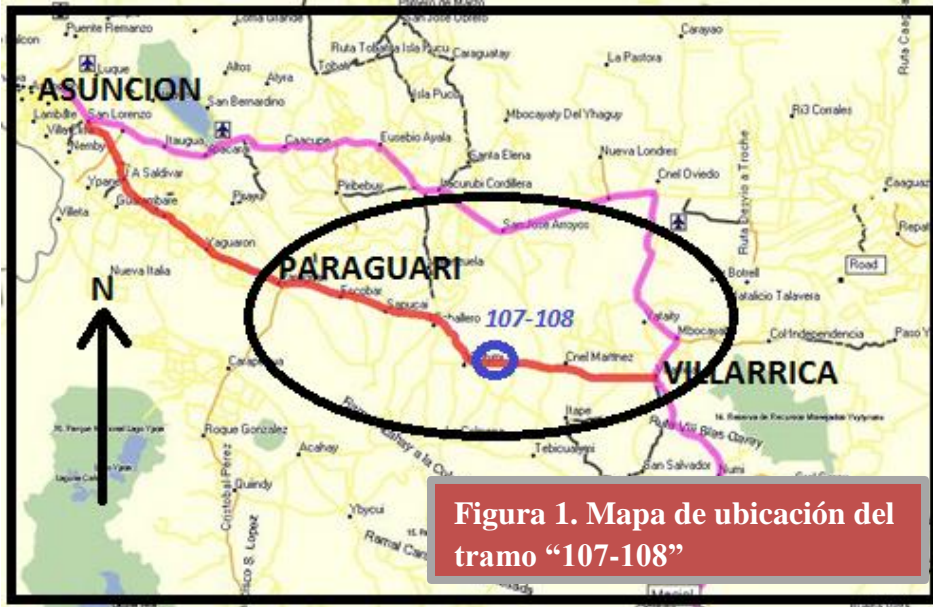


Figura 1. Mapa de ubicación del tramo "107-108"



Figura 2. Mapa del Paraguay. Ubicación de la carretera "Paraguarí-Villarrica"

INFORME DE LA CONDICIÓN FUNCIONAL Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DEL TRAMO km 107-km 108 DE LA CARRETERA PARAGUARI-VILLARRICA

1. INTRODUCCION

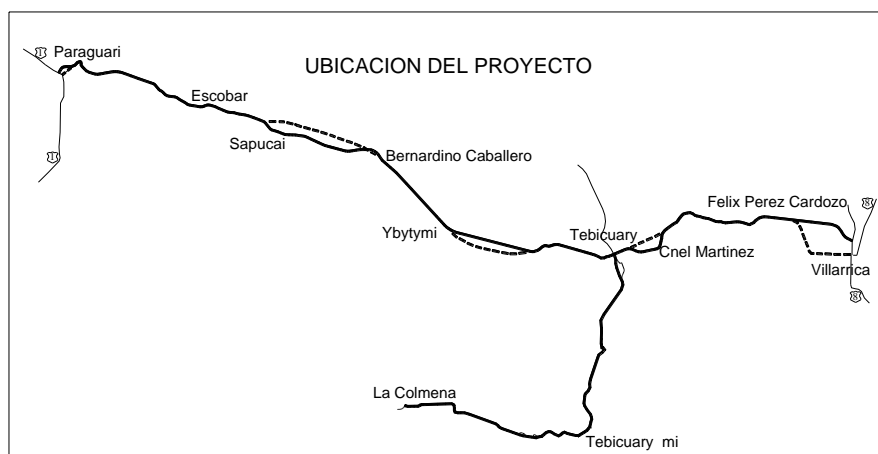
En el presente informe se explica el procedimiento seguido para evaluar la condición funcional del pavimento del tramo km 107-108 de la carretera Paraguari-Villarrica.

La evaluación, a fin de determinar el grado de deterioro superficial, se realizó visualmente, además se utilizó una regla de 3 m con la que se determinó la deformación del pavimento (ahuellamiento o hundimiento). Para determinar la severidad de los diversos tipos de falla en función a la calidad de rodaje, se recorrió el tramo en una camioneta a la máxima velocidad legal.

La carretera es una estructura diseñada para soportar las cargas del tráfico, de forma similar a como se diseña una viga para soportar las cargas de una pared, por ejemplo. Si la viga se deforma con una flecha fuera de norma, se puede asegurar que existe falla estructural. Así también ocurre en el pavimento, la integridad estructural está relacionada a la integridad funcional, pues el deterioro estructural se manifiesta en cierta medida en una disminución de la integridad funcional.

2. ANTECEDENTES

El diseño final de la carretera se realizó en el año 2000 por el Consorcio Consultor Central Consultant Inc. y Consultora Guaraní S.A., encomendado por el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones de la República del Paraguay.



En el gráfico se muestra que el tramo km 107-km 108, objeto del presente informe, se halla ubicado en zona de variante, entre las localidades de Ybytymi y Tebicuary. Cabe señalar que esta variante cruza una zona baja con terraplenes de altura superior a 1,50 m.

Ybytymi—Tebicuary

L= 16 km (ubicación del tramo 107-108)

2.1 Diseño geométrico

El diseño de toda la obra abarca una extensión total aproximada de 118 kilómetros.

La Norma de Diseño adoptada es la ASSHTO.

Velocidad Directriz = 100 km/h.

Travesía urbana: Velocidad directriz = 80km/h.

2.2 Diseño estructural del pavimento

2.2.1 Datos

a) Suelos de la traza: A 6 y A7-6.

b) Período de análisis y vida útil.

Se consideraron 20 años como período de análisis y 10 años para la única rehabilitación posterior a la construcción.

c) Tránsito

Tramo	N ₁₀ años	N ₂₀ años
Paraguari-Villarrica	2,8*10 ⁶	6,3*10 ⁶

d) Confiabilidad: R = 60 %.

c) Desvío Estándar: S_o= 0,49.

d) Subrasante

CBR de subrasante mejorada de 30 cm : 8 %.

CBR de terraplén: 4 %.

e) Niveles de Serviciabilidad

p₀= 4,2; p_t = 2,0.

f) Determinación del Número Estructural (SN)

Con las variables definidas se determinó el SN= 3,7

g) Materiales para el Pavimento

Concretos asfálticos, a₁ = 0,42/pul (0,17/cm).

Base granular con material triturado, a₂ = 0,15/pul (0,06/cm) y M_R = 30.000 psi.

Sub base de ripio, CBR= 70 %, a₃ = 0,13/pul (0,052/cm) y M_R= 18.000 psi.

Sub base de suelo mejorado con cemento, CBR =40%, a₃=0,115/pul (0,045/cm) y M_R de 16.000 psi.

Subrasante mejorada de 30 cm , CBR =8 %, M_R =66 Mpa, a₄ =0,063/pul (0,025/cm).

Terraplén, CBR= 4 % (el CBR combinado de Subrasante mejorada y Terraplén es 6 %, M_R=55 M_{pa})

h) Coeficiente de Drenaje

Base granular, $m_2 = 1,30$.
Sub base de ripio, $m_3 = 1,0$
Suelo mejorado con cemento, $m_3 = 1,0$.

2.2.2 Paquete estructural propuesto

Carpeta de concreto asfáltico: 6 cm.
Base de piedra triturada: 20 cm.
Subbase de ripio: 21 cm.
Subrasante mejorada: 30 cm

2.2.3 Variación del paquete estructural

a) El contratista en la etapa de ejecución obtuvo un cambio de proyecto argumentando inexistencia de los yacimientos de ripio. El nuevo paquete estructural aprobado para los 118 km, con el que concluyó la obra, es el siguiente:

Carpeta de concreto asfáltico: 6 cm. (con asfaltita)
Base de piedra triturada: 19 cm. (2 % de cal hidratada)
Subbase se suelo cemento: 18 cm. (2 % de cemento portland)
Subrasante mejorada: 30 cm.

b) Una auditoría técnica realizada en el año 2007 recomendó no utilizar la cal hidratada en la base pues podría rigidizarla y generar fisuras que se copiarían en la carpeta (fenómeno que llegó a ocurrir pues en algunos tramos fueron detectadas fisuras en la base y carpeta). Además, la asfaltita encarecería la obra sin justificación considerando que en otras obras de la zona se estaba utilizando con éxito el mismo cemento asfáltico, sin ningún tipo de aditivo.

3. METODOLOGÍA

3.1 Trabajo de campo:

El objetivo de este trabajo de campo es evaluar la condición funcional y estructural del pavimento en un tramo de 1 km de la carretera Paraguari-Villarrica (tramo km 107-108)

En primer lugar, para determinar la severidad de los diversos tipos de fallas en función a la calidad de rodaje, se recorrió el tramo en un vehículo a la máxima velocidad legal.

Luego para una inspección detallada o relevamiento de fallas, se recorrió el tramo caminando, haciendo las anotaciones correspondientes de las anomalías observadas. Los hundimientos o ahuellamientos fueron determinados con una regla de 3 m. Con esto se obtuvo el inventario de las fallas y sus ubicaciones.

Con la información obtenida se realizó el diagnóstico de la causa de las fallas. Así mismo, se determinó si la causa es de origen constructivo o si obedece a la acción del tráfico y/o del clima. También se determinó si la falla es localizada o generalizada.

4. RESULTADOS

4.1. Condición funcional

4.1.1. Calidad de tránsito: La inspección de daños se inició con la evaluación de la calidad de tránsito (o calidad del viaje) para determinar el nivel de severidad de daños tales como las corrugaciones. La calidad de tránsito se determinó recorriendo la sección de pavimento en una camioneta de tamaño estándar a la velocidad establecida por el límite legal.

Se observó que el nivel de severidad de daños es L: (Low: Bajo). No fue necesaria una reducción de velocidad para conseguir comodidad o seguridad; los hundimientos individuales no causaron rebote del vehículo.

4.1.2. Apariencia: Está relacionada con la uniformidad visual de las características superficiales del pavimento. En 6000 m² de pavimento se observó 609 m² de parches o reparaciones, **Fotografía 1**. Un parche es un área de pavimento que ha sido reemplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente. Un parche se considera un defecto no importa que tan bien se comporte (usualmente, un área parchada o el área adyacente no se comportan tan bien como la sección original de pavimento). Por lo general alguna rugosidad está asociada con este daño. La información obtenida en el recorrido permitió concluir que la apariencia es regular.

4.2. Condición estructural

4.2.1. Ahuellamientos: El ahuellamiento observado no corresponde a la llamada rodera, problema circunscrito a la capa de mezcla asfáltica que forma la capa de rodadura del pavimento. La capa asfáltica con rodera, que puede deberse al tipo de asfalto, al mal diseño de la mezcla, a mala granulometría o compactación inadecuada, sufre deformaciones fuertes con el tráfico, lo que, unido al comportamiento más plástico de la mezcla con temperaturas altas, hace que se produzca un desplazamiento del material de la zona de rodada a las zonas laterales, formándose un cordón de material desplazado característico, a los lados de dicha zona de rodada. Es una degradación originada por un mal comportamiento de la capa de mezcla asfáltica, fabricada inadecuadamente, fenómeno no observado en el tramo analizado. Otro hecho que se tuvo en cuenta al interpretar la degradación del pavimento es la regularidad de la superficie porque, si se mantiene la regularidad superficial, se debe pensar que el problema reside en las capas superiores, mientras que si la carretera está deformada, las sospechas deben recaer en las capas inferiores del pavimento. En las mediciones con la regla de 3 m se encontraron hundimientos de hasta 60 mm, **Fotografía 4**, en carriles ya reparados. En sectores no reparados se midieron hundimientos de 15 a 25 mm. Lo que comprueba que la subrasante no posee la capacidad portante necesaria para soportar las cargas del tráfico. Esto provoca el hundimiento en las huellas, que es donde se producen las deformaciones verticales. Este hundimiento no lleva aparejado la formación de cordones laterales en los exteriores de la zona hundida, pero sí se observa fisuración en la carpeta debido a una elevada tensión de tracción, **Fotografías 5 y 6**.

4.2.2. Otras verificaciones

a) Fisuras de la base de piedra triturada con cal: Se ha inspeccionado el tramo en la búsqueda de fisuras en la carpeta de concreto asfáltico provenientes de la base de piedra triturada que contiene cal. No fueron localizadas fisuras de las características mencionadas. Por lo tanto, no puede concluirse que la subrasante haya perdido estabilidad como consecuencia de filtraciones provenientes de la superficie del pavimento. Aunque la sub base de suelo cemento por sus características impermeables habría impedido el paso del agua.

b) Verificación del paquete estructural en uso:

Utilizando AASHTO 93 se comprobó que el paquete estructural de la carretera se halla subdimensionado pues el EEq admisible es solo $3 \cdot 10^6$.

$$R=60\%$$

$$S_0=0,49$$

$$CBR_{\text{combinado}}=6\%$$

$$P_i=4,2$$

$$P_f=2,0$$

$$a_1=0,42 \text{ (la asfaltita no modifica el coeficiente estructural del concreto asfáltico)}$$

$$a_2=0,15 \text{ (el coeficiente estructural de la base de piedra triturada con cal hidratada varía de 0,15 a 0,30)}$$

$$a_3=0,115 \text{ (suelo mejorado con cemento)}$$

$$m_2=1,30$$

$$m_3=1,0$$

En la verificación por capa, el paquete estructural debería tener las siguientes capas y espesores:

- Carpeta de CA: 6 cm
- Base negra CA: 7 cm
- Base granular : 19 cm

- Sub base de suelo cemento: 18 cm
- Subrasante mejorada: 30 cm

c) Verificación de las tensiones y deformaciones a nivel de carpeta y subrasante:

Considerando que el tramo “km 107- km 108” se halla ubicado a pocos kilómetros de la Azucarera Tebicuary, que es transitado por camiones sobrecargados con caña dulce en época de zafra, según informes del Jefe Distrital de Vialidad, se procederá a verificar las tensiones y deformaciones para un camión eje simple, rueda doble, sobrecargado con 13 t (el jefe de la División de Conservación del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, Ing. Gerardo Aguilera, dijo que la parte recientemente reparada tiene cuatro años de uso. El excesivo peso que transportan los camiones de gran porte es la principal causa de los daños en la capa asfáltica. “Estamos hablando de camiones de más de 13.000 kilos, cuyo tránsito acelera el deterioro de la ruta”, indicó. En ese sentido, el funcionario lamentó la falta de control de peso, Publicado en ABC color el 3 de enero de 2012)

Camión: ESRD

Carga: 130 KN

Clima: Moderado

Presión de inflado: 850

Profundidad de las verificaciones: 60 y 430 mm

Categoría de la carretera: C

Posición de las mediciones: (0;-175) y (0: 175) (posición más desfavorable para la subrasante)

Los resultados obtenidos son:

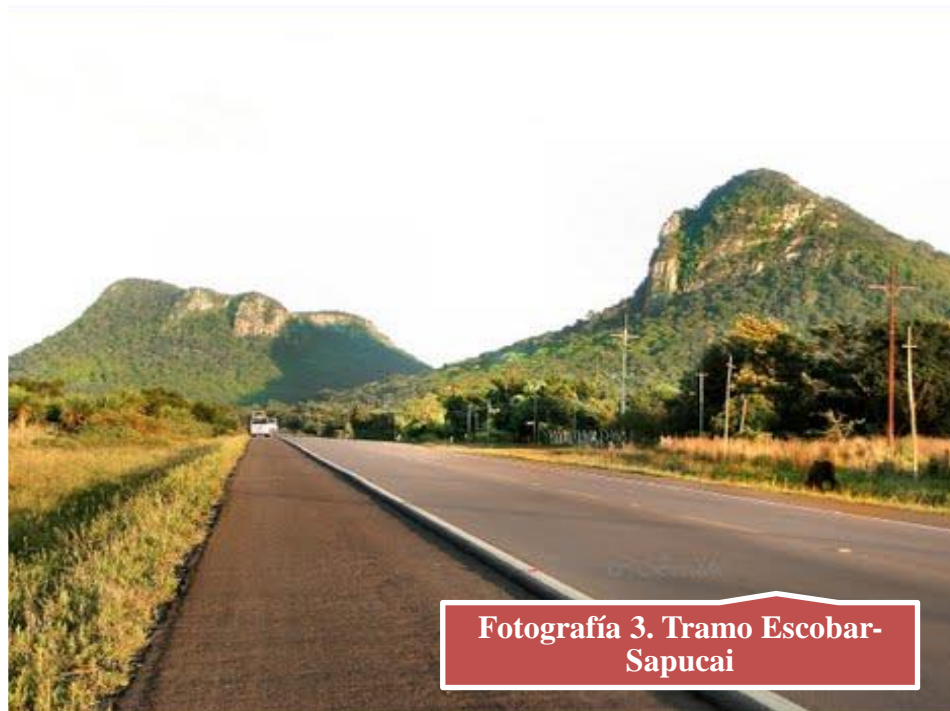
Capa	Datos			Salida de mePADS			De ecuacion de fatiga
	h (mm)	Mr (mpa)	σ (admisible)	EEq (admisible)	σ (trabajo)	E (microstain)	EEq (admisible)
Carpeta	60	3500		4,43*10 ⁴	11 Kg/cm ²	0,00041	1,42*10 ⁶
Base granular	190	207		1,06*10 ⁶			
Suelo cemento	180	110		1,04*10 ⁴			
Subrasante	300	55	0,83 kg/cm ²	6,52*10 ²	0,63 kg/cm ²	-0,000818	8,2*10 ⁴

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La inspección visual y las mediciones con la regla de 3 m indican que existen fallas localizadas en la estructura del pavimento..
- La condición funcional se ve afectada por los parcheos que no ofrecen una buena apariencia de la superficie del pavimento. La comodidad y seguridad de circulación aun no se hallan afectadas.
- Los hundimientos se deben a falla de la subrasante y la fisuración en la carpeta a tensiones de tracción elevadas en el concreto asfáltico (11 kg/cm²) como consecuencia de la sobrecarga del tráfico.
- En los trabajos de mantenimiento realizados se ha descuidado el manejo adecuado de los residuos asfálticos y escombros diversos que fueron depositados en la franja de dominio. Los materiales asfálticos son altamente contaminantes del suelo y del agua; mientras que los residuos de excavación como arena, material triturado, suelos, etc., serán transportados por las aguas de lluvia a los cursos de agua, generando contaminación y colmatación, **Fotografía 7.**
- Se sugiere como líneas de investigación las siguientes actividades:
 - Determinación de coeficientes de drenaje de materiales granulares.
 - Determinación de coeficiente estructural de materiales como el suelo cemento y suelo cal.
 - Análisis de la gestión ambiental en las carreteras.
 - Determinación del costo de operación de vehículos en Paraguay.

ANEXO

FOTOGRAFIAS





Fotografía 4. Asentamiento de 60 mm en huella derecha carril derecho de reciente reparación.



Fotografía 5. Fisuras en huella derecha carril izquierdo antes de la reparación.



Fotografía 6. Fisuras en huella derecha carril derecho luego de reparación. Se observa el arrastre de fino.



Fotografía 7. Restos de material asfáltico depositados en la franja de dominio.