



Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales

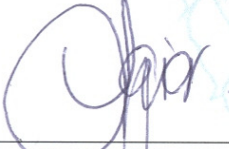
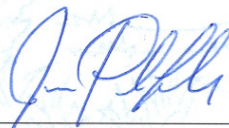

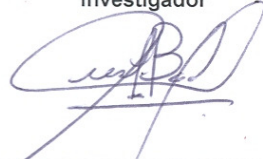
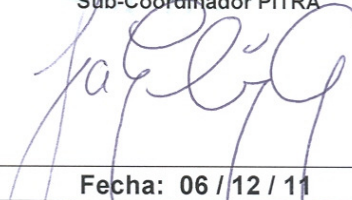
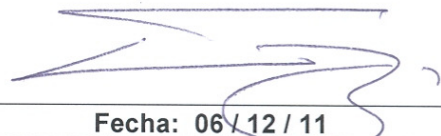
## Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Proyecto: LM-PI-UI-012-11

# **RESULTADO DE EVALUACIÓN VISUAL DE CONDICIÓN DE RUTA 141**

Preparado por:  
**Unidad de Investigación**

San José, Costa Rica  
Diciembre, 2011

<b>1. Informe</b> LM-PI-UI-012-11		<b>2. Copia No.</b> 1	
<b>3. Título y subtítulo:</b> RESULTADO DE EVALUACIÓN VISUAL DE CONDICIÓN DE RUTA 141		<b>4. Fecha del Informe</b> Diciembre, 2011	
<b>7. Organización y dirección</b> Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440			
<b>8. Notas complementarias</b>			
<b>9. Resumen</b> <i>El presente informe sirve como respuesta a la solicitud enviada por el CONAVI a través del Oficio GCSV-28-11-4315 en lo referente a las estrategias a seguir para el proyecto de Conservación Vial de la Red Vial Nacional Pavimentada LP N° 2009LN-00003-CV que pretende realizar un mantenimiento periódico a lo largo del tramo de la Ruta 141. Con el fin de evaluar la condición del tramo de la Ruta 141, se realizó una visita de campo para realizar inspección visual y mediciones manuales de deterioro. Adicionalmente, se estudiaron resultados de mediciones automatizadas de deterioro y condición estructural a nivel de red existentes para el tramo. Finalmente, se presentan recomendaciones sobre cómo atender el deterioro observado.</i>			
<b>10. Palabras clave</b> RN 141, Deformación Permanente, Capacidad Estructural		<b>11. Nivel de seguridad:</b> Ninguno	<b>12. Núm. de páginas</b> 20
<b>13. Preparado por:</b>			
Ing. José Pablo Aguiar Moya, PhD Coordinador Unidad de Investigación 	Ing. José Pablo Corrales Azofeifa, MSc Investigador 	Ing. Edgar Camacho Garita Investigador 	
Fecha: 06 / 12 / 11	Fecha: 06 / 12 / 11	Fecha: 06 / 12 / 11	
<b>14. Revisado por:</b>			<b>15. Aprobado por:</b>
Ing. Gustavo Badilla Vargas Investigador 	Ing. Fabián Elizondo Arrieta, MBA Sub-Coordinador PITRA 	Ing. Guillermo Loria Salazar, PhD Coordinador General PITRA 	
Fecha: 06 / 12 / 11	Fecha: 06 / 12 / 11	Fecha: 06 / 12 / 11	

## TABLA DE CONTENIDO

<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>4</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>2. EVALUACIÓN VISUAL DE LA RUTA 141.....</b>	<b>5</b>
<b>3. CONDICIÓN SEGÚN EVALUACIÓN DE LA RED NACIONAL 2010 ..</b>	<b>13</b>
<b>4. ENCUESTA DE CARGA RUTA 141 .....</b>	<b>16</b>
<b>5. RECOMENDACIONES ADICIONALES.....</b>	<b>18</b>

### ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> PUNTOS DE INICIO (IZQUIERDA) Y CONCLUSIÓN (DERECHA) DE LA GIRA DE INSPECCIÓN. ....	5
<b>FIGURA 2.</b> AHUELLAMIENTO MÁXIMO MEDIDO EN DISTINTAS UBICACIONES DEL TRAMO DE LA RUTA 141.....	6
<b>FIGURA 3.</b> AHUELLAMIENTOS DE SEVERIDAD BAJA DOCUMENTADOS EN LA RUTA EVALUADA. ....	7
<b>FIGURA 4.</b> AHUELLAMIENTOS DE SEVERIDAD MEDIA DOCUMENTADOS EN LA RUTA EVALUADA.....	8
<b>FIGURA 5.</b> AHUELLAMIENTO MÁXIMO MEDIDO EN DISTINTAS UBICACIONES DEL TRAMO DE LA RUTA 141.....	9
<b>FIGURA 6.</b> AGRIETAMIENTOS DIVERSOS HALLADOS A LO LARGO DE LA RUTA VISITADA.....	10
<b>FIGURA 7.</b> DESPRENDIMIENTO (AMBAS) Y DESNUDAMIENTO (DERECHA) DEL AGREGADO. ....	11
<b>FIGURA 8.</b> ALGUNOS EJEMPLOS DE BACHES PEQUEÑOS DETECTADOS SOBRE LA RUTA.....	11
<b>FIGURA 9.</b> EXUDACIÓN (IZQUIERDA) Y RODERAS CON UNA PELÍCULA DE AGUA DELGADA (DERECHA). ....	12



<b>FIGURA 10.</b> RESULTADOS DE (A) DEFLEXIÓN Y (B) IRI SEGÚN EVALUACIÓN DE LA RED NACIONAL 2010. ....	15
<b>FIGURA 11.</b> UBICACIÓN DE SITIO DE PESAJE Y DE CONTEO DE TRÁNSITO, COORDENADAS GPS (N10 21.025 W84 26.069) .....	16
<b>FIGURA 12.</b> ESPECTRO DE CARGA POR TIPO DE EJE EN RUTA 141. ....	17
<b>FIGURA 13.</b> ESPECTRO DE CARGA POR TIPO DE CAMIÓN EN RUTA 141: (A) C2, (B) BUS-C2, (C) C3 Y (D) T3-S2.....	18

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> CRITERIO DE SEVERIDAD DE AHUELLAMIENTO .....	7
<b>TABLA 2.</b> RESUMEN DE CONDICIÓN DE SECCIONES DE CONTROL SEGÚN EVALUACIÓN DE LA RED NACIONAL.....	13



## 1. INTRODUCCIÓN

Según solicitud del Ing. Marco Rojas Jenkins de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes del CONAVI a través del Oficio GCSV-28-11-4315, en lo referente a las estrategias a seguir para el proyecto de Conservación Vial de la Red Vial Nacional Pavimentada LP N° 2009LN-00003-CV que pretende realizar un mantenimiento periódico a lo largo del tramo de la Ruta 141, se realizó una visita a la sección en cuestión para verificar / determinar la condición actual de dicha ruta en el tramo en cuestión.

El tramo de la ruta que se visitó tiene una longitud de aproximadamente 17,64 km e inicia sobre el puente del Río La Vieja a 986 m.s.n.m. y finaliza en la intersección de la Ruta 141 con la Ruta 35 en Florencia a 253 m.s.n.m. El tramo en mención de la ruta 141 es en su mayoría una carretera de 2 vías. Solo en algunos tramos de Ciudad Quesada hay carriles adicionales.

Los resultados y recomendaciones pertinentes se presentan a continuación.

## 2. EVALUACIÓN VISUAL DE LA RUTA 141

Con base en la visita de campo, se realizó una recopilación fotográfica con el fin de documentar la condición de la carretera desde el puente sobre el río La Vieja en Zapote de Alfaro Ruiz, hasta la intersección con la Ruta 35 en Florencia, tal y como se puede observar en la Figura 1, en donde se muestran ambos puntos.



**Figura 1.** Puntos de inicio (izquierda) y conclusión (derecha) de la gira de inspección.

Adicionalmente, para evaluar la deformación permanente, condición que se resalta como prevalente en el oficio mencionado, se procedió a realizar mediciones manuales



aproximadamente cada kilómetro de la ruta, en todos los carriles (ambas direcciones), para cada una de las estaciones. Adicionalmente, si se detectaba alguna zona considerada como crítica por la existencia de otros deterioros se procedió a realizar mediciones también.

Los resultados de las mediciones de ahuellamiento (ahuellamiento máximo identificado a lo largo del perfil transversal de cada estacionamiento) se presentan a continuación en la Figura 2. Las mediciones se realizaron con una regla de 1,2 metros de largo.

Se desea resaltar que aunque se observaron ahuellamientos de hasta 40 mm, en general el ahuellamiento del tramo en mención fue inferior a los 20 – 25 mm. Se considera que las ubicaciones donde el ahuellamiento fue mayor son relativamente puntuales y corresponden a lugares donde se presenta tráfico pesado con maniobras de frenado o aceleración (ej. Salidas de autobuses).



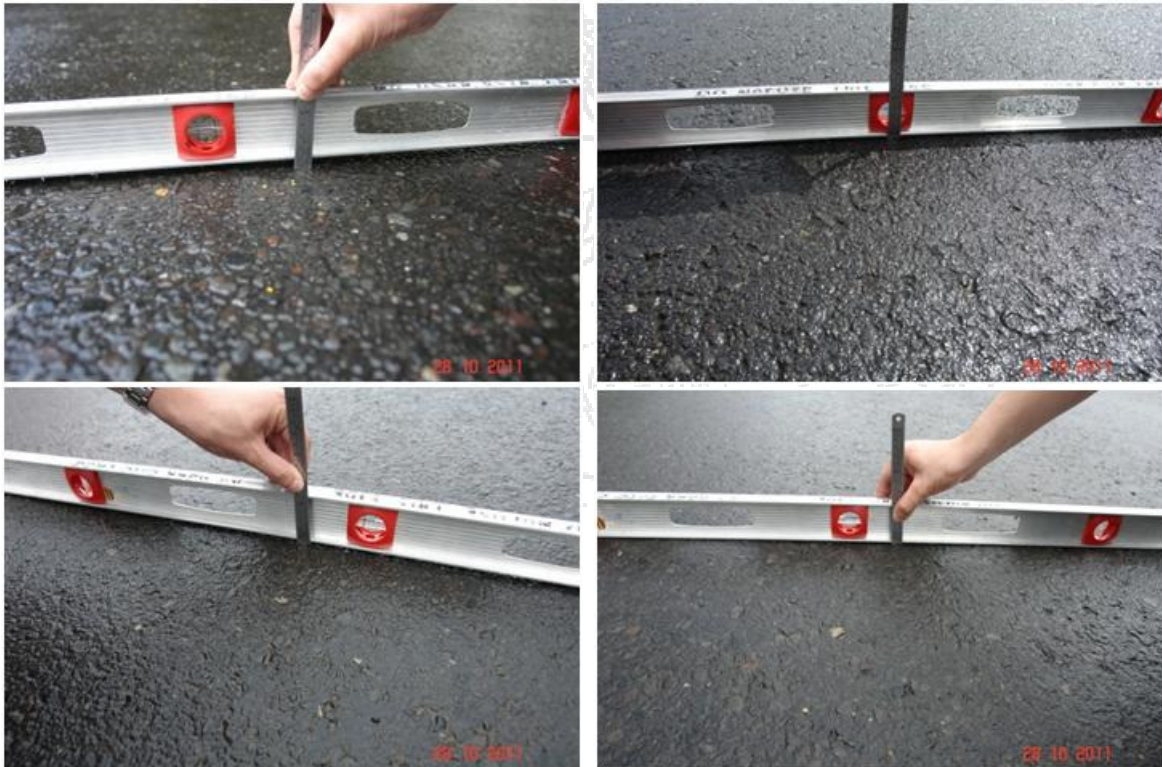
**Figura 2.** Ahuellamiento máximo medido en distintas ubicaciones del tramo de la Ruta 141.

A pesar de que en Costa Rica aún no existe una especificación para clasificar la severidad del ahuellamiento, en el país se han manejado criterios de deterioro (ej. VIZIR) que definen la severidad del grado de ahuellamiento según la siguiente tabla:

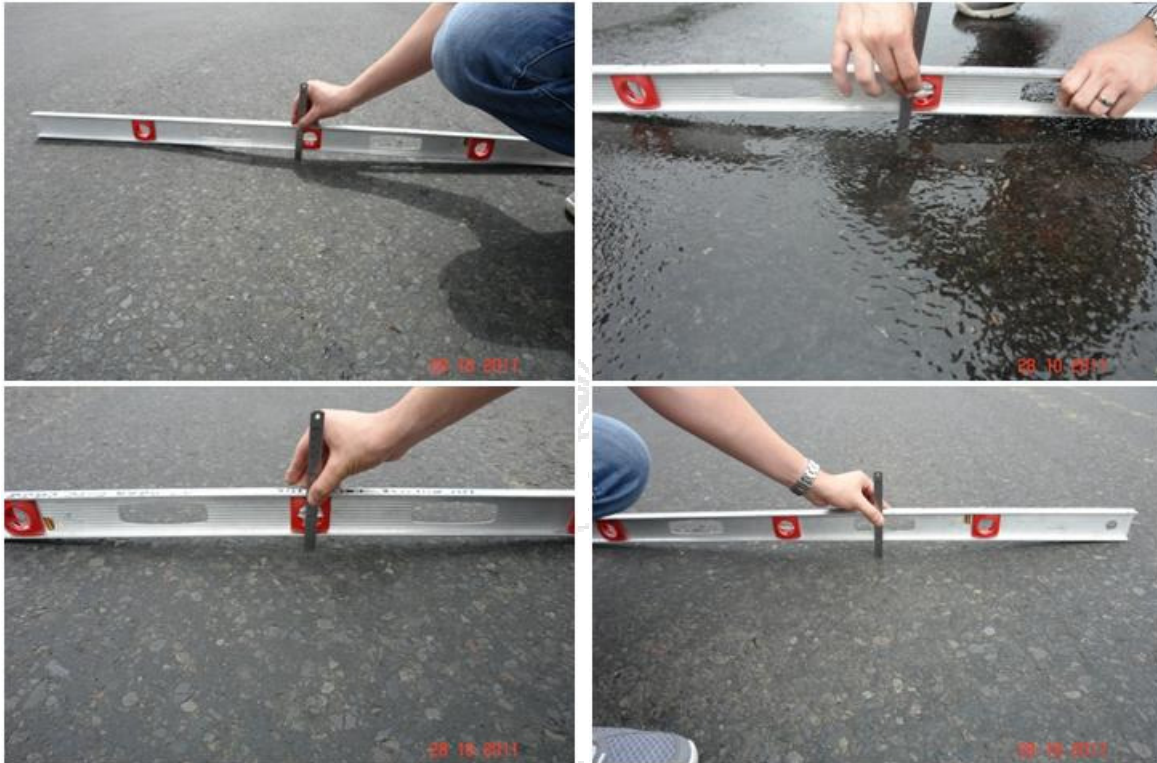
**Tabla 1.** Criterio de Severidad de Ahuellamiento

Severidad	Profundidad
Bajo	$\leq 20$ mm
Medio	20 mm – 40 mm
Alto	$> 40$ mm

Según este criterio, aproximadamente 60% de los puntos medidos pueden ser clasificados con ahuellamiento de severidad baja puesto que mostraron deformaciones iguales o menores a 20 mm. Las mediciones restantes son clasificadas con severidad media, aunque aproximadamente el 70% de las mismas presentó deformaciones cercanas al límite inferior del rango de clasificación de severidad. Ejemplos de la deformación permanente observada se presentan en la Figura 3.



**Figura 3.** Ahuellamientos de severidad baja documentados en la ruta evaluada.



**Figura 4.** Ahuellamientos de severidad media documentados en la ruta evaluada.

Tal como se indicó anteriormente, las zonas con ahuellamientos de severidad media son bastante puntuales y se identificó que las zonas con mayores problemas de ahuellamiento son las más cercanas a la población de Ciudad Quesada y a la intersección con la Ruta 35 (Florencia). Esto puede ser correlacionado con los resultados de la encuesta de carga que se presentan más adelante.

Algunos de los mayores ahuellamientos que se encontraron en la ruta, se muestran en la Figura 4. Sin embargo, cabe resaltar que si bien se pudo evidenciar zonas de ahuellamiento de severidad media, como las mencionadas anteriormente, se detectó que este grado de deterioro no es extenso pues se presenta en tramos cortos de la sección en evaluación (no mayores a 15 metros).

Con el fin de corroborar las mediciones puntuales de ahuellamiento, se utilizó equipo automatizado de medición de ahuellamiento (componente adicional del perfilómetro laser). El equipo consiste en un dispositivo que se instala en el extremo derecho de la barra del perfilómetro que con base a 4 láseres es capaz de caracterizar la huella derecha de un carril. El ahuellamiento máximo promedio se muestra en la Figura 5. La clasificación de colores se



hizo según la Tabla 1, donde verde corresponde a severidad baja, amarillo corresponde a severidad media y rojo corresponde a severidad alta.



**Figura 5.** Ahuellamiento máximo medido en distintas ubicaciones del tramo de la Ruta 141.

De la figura se observa que en general, la condición del tramo en cuestión presenta un nivel de deterioro bajo. No obstante, se confirman los puntos de la evaluación manual donde se encontraron mayores niveles de ahuellamiento (severidad media), los cuales corresponden a secciones en Ciudad Quesada, ligeramente al norte de Ciudad Quesada y al este de Florencia (intersección con Ruta 35). Estos tramos coinciden con el desarrollo de roderas que se pudieron observar en la visita al sitio.

Adicional al nivel de deformación permanente observado y medido, se lograron detectar algunos otros deterioros en el pavimento que deben ser tomados en cuenta para futuras intervenciones de la ruta. Entre estos, se encuentran agrietamientos diversos (Figura 6), que parecieran ser causados por diversas razones tales como fatiga, movimiento en masa de terreno e inclusive algunas posibles fallas estructurales de los materiales granulares entre otros. Estos deterioros son puntuales y de severidad baja a media. Es importante anotar que para determinar la causa exacta de estos deterioros se deben realizar ensayos adicionales en las capas de pavimento que no se realizaron a ningún nivel durante esta visita. Sin embargo, para complementar estas hallazgos, posteriormente se hace referencia a la Evaluación de la Red Vial Nacional 2010 realizada por el LanammeUCR.



**Figura 6.** Agrietamientos diversos hallados a lo largo de la ruta visitada.

Para resaltar algunos otros deterioros hallados, se muestran en las Figura 7 zonas en donde se ha dado desprendimiento de agregados así como desnudamiento. Este deterioro fue hallado también en zonas localizadas pero se detectó principalmente en la sección que atraviesa Ciudad Quesada y en la cercanía a la intersección a la Ruta 35 (Florencia), lo cual

sugiere que la causa en estos tramos está relacionada con el tipo de mezcla que fue utilizado, y el deterioro se ha evidenciado debido a las altas cargas y el alto tránsito.



**Figura 7.** Desprendimiento (ambas) y desnudamiento (derecha) del agregado.

Por otra parte en la Figura 8 se muestran algunos de los baches de tamaño pequeño que fueron encontrados. En el caso de baches, no se encontraron sobre la vía ningún bache (abierto) de mayor tamaño, aunque nuevamente en la sección que atraviesa Ciudad Quesada y en las cercanías a la intersección con la Ruta 35 (Florenca) son más frecuentes. El daño que la humedad provoca al ingresar en estos baches puede causar la propagación de estos o el deterioro de las capas inferiores por lo que se recomienda atender estos deterioros de manera pronta.



**Figura 8.** Algunos ejemplos de baches pequeños detectados sobre la ruta.

Finalmente, otros deterioros encontrados en la ruta 141, se muestran en la Figura 9. A la izquierda de la figura, se muestra un alto grado de exudación que fue hallado particularmente a la salida de Ciudad Quesada en dirección hacia Florenca. Aparte de este punto no se detectó algún otro de proporciones significativas. Sin embargo, se debe anotar que el día de



la visita hubo bastante lluvia, por lo que la identificación de este tipo de deterioro se dificultaba por la presencia de una capa delgada de agua sobre la carretera. No obstante, por el mismo motivo de las lluvias, se facilitó la ubicación de roderas en varios puntos dado el escurrimiento de agua por las mismas (este tipo de deterioro también es de tipo puntual y se ubica principalmente en Ciudad Quesada y en carril de acenso antes de la intersección con la Ruta 35). La peligrosidad de esta película de agua es bien sabida por aumentar la posibilidad de deslizamiento de los vehículos al no haber suficiente fricción entre la llanta y el pavimento. Esto es más peligroso aún en zonas de esta ruta donde hay pendientes considerables y curvas horizontales inadecuadas por lo que los camiones (debido a sus radios de giro) deben invadir los carriles opuestos para poder completar las maniobras de giro.



**Figura 9.** Exudación (izquierda) y roderas con una película de agua delgada (derecha).

Hay que considerar adicionalmente que el desarrollo de roderas en la ruta no solo presentan una problemática desde el punto de vista funcional / estructural de la carretera, sino que dadas las condiciones de precipitación y humedad de la zona pueden resultar en un serio problema de seguridad. Esto dado que las roderas en zonas a nivel o en pendiente canalizan el agua de escorrentía pluvial y facilitan la probabilidad de hidroplaneo de los vehículos. Este es un aspecto que debe ser tratado por la actividades de conservación a ser realizadas en la ruta, principalmente en los tramos evidenciados en la Figura 5 donde las roderas son más evidentes. En estos tramos críticos, las roderas deben ser eliminadas previo a cualquier actividad de mantenimiento.



### 3. CONDICIÓN SEGÚN EVALUACIÓN DE LA RED NACIONAL 2010

Según los datos de Evaluación de la Red Vial Nacional del 2010, las secciones de control a las que se refiere el oficio GCSV-28-11-4315 (secciones 20620, 21550 y 20630) presentan las siguientes condiciones (nótese que esto se basa en una evaluación a nivel de red, y no en una evaluación a nivel de proyecto):

**Tabla 2.** Resumen de Condición de Secciones de Control según Evaluación de la Red Nacional

Sección de control	Descripción	IRI promedio (de la sección de control)	Deflexión principal (D0) promedio (de la sección de control)	Estrategia de intervención (propuesta por la unidad de evaluación de la red vial)
20620	Zapote a Río La Vieja	3,96	45,66	Mantenimiento de recuperación del IRI
21550	Río La Vieja a Ciudad Quesada	2,81	42,59	Mantenimiento preservación
20630	Ciudad Quesada a Cruce de Florencia	3,55	50,35	Mantenimiento preservación

El informe de evaluación de la red vial nacional para el año 2010, propone estrategia de intervención, de carácter recomendativo, según los indicadores medidos para las diferentes secciones de control. Dicho informe de evaluación fue entregado en Mayo de 2011 mediante el oficio LM-PI-UE-05-2011.

Para las estrategias recomendadas en dicho informe, en las secciones de control mencionadas, se cuenta con la siguiente descripción:

*“De forma general se definen de la siguiente forma:*

1. **Mantenimiento de preservación:** *Son intervenciones de bajo costo relativo y constituyen principalmente intervenciones para mantener las rutas en buen estado, tanto en su parte funcional como estructural. Dentro de este tipo de intervenciones califican los sellos de preservación tipo sand seal, sellados de grietas, slurry seals, fog seals, chip seals y micropavimentos entre otros. Este tipo de actividades buscan aumentar la vida*



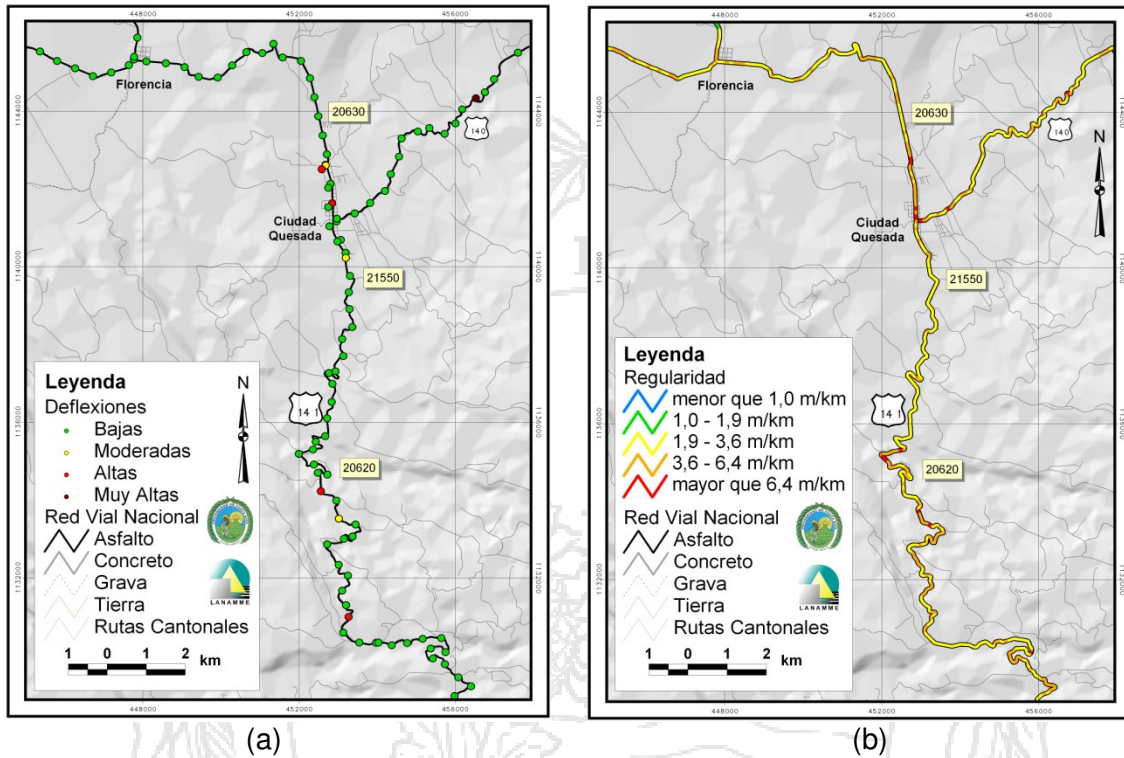
*útil de los pavimentos en buen estado, conservando la integridad estructural y funcional de las rutas, adicionalmente, corrigen de forma eficiente deterioros funcionales de ocurrencia temprana como, desprendimientos de agregados, desnudamiento, exudación o fisuramiento superficial leve. La actual definición de “mantenimiento rutinario” presente en la ley 7798 de creación del CONAVI podría modificarse para incluir labores como las mencionadas en esta categoría.*

2. **Mantenimiento de recuperación funcional:** *Son intervenciones que no tienen como propósito adicionar capacidad estructural al pavimento, el objetivo principal de este tipo de intervenciones es recuperar la capacidad funcional, ya que los pavimentos presentan niveles de irregularidad altos (valores de IRI > 3.6). En estos casos se pueden considerar labores de sustitución de las superficies de ruedo, recuperando los espesores existentes con material nuevo. Estas labores se pueden acompañar de la colocación de geotextiles para retardar el reflejo de grietas y una labor de perfilado o recuperación de la calzada. Debido al alto deterioro de la regularidad de las vías las intervenciones deberían ser ejecutadas con una prioridad alta, con el fin de evitar un posterior daño en la capacidad estructural. La actual definición de “mantenimiento periódico” presente en la ley 7798 de creación del CONAVI podría modificarse para incluir con mayor claridad labores de intervención como las mencionadas.”*

Para las secciones en cuestión no hay valores de fricción superficial (Grip number) medidos en la última Evaluación de la Red Vial Nacional del 2010, solo hay un tramo medido, cerca del cruce de Florencia. Sin embargo, para dicho tramo los valores son buenos.

La información presentada anteriormente en la Tabla 2, se presenta más detalladamente en las Figura 10. De la figura se puede corroborar que la capacidad estructural del tramo es buena, basándose en las deflexiones medidas por el FWD (deflexiones bajas se pueden correlacionar con una capacidad de soporte alta o estructuras rígidas). Sin embargo, si se nota de la figura que los valores de IRI son relativamente altos. Esto es indicativo de que la capacidad funcional de la capa de rodadura se ha deteriorado por lo que resulta conveniente la realización de actividades de preservación o mantenimiento. Por tanto, en los tramos donde el ahuellamiento es de severidad baja y la capacidad estructural es buena se sugiere colocar un sello superficial o una sobrecapa delgada con el fin de mejorar la regularidad de la

vía (en los tramos donde se presenten roderas o la severidad del ahuellamiento sea media a alta, si se deben realizar actividades de mantenimiento que involucren la mejora en la mezcla asfáltica de la capa superficial con el fin de asegurar el correcto desempeño de la estructura bajo las condiciones climáticas y de carga presentes).



**Figura 10.** Resultados de (a) deflexión y (b) IRI según Evaluación de la Red Nacional 2010.

Cabe resaltar que en base a la Evaluación de la Red Nacional, se puede concluir que a nivel de red, la condición estructural para el tramo en cuestión es en general bueno. Por tanto, sin realizar estudios de laboratorio de la condición de las capas de base, subbase y subrasante, parece ser que de presentarse problemas con ahuellamiento u otro tipo de deterioro en la capa de rodadura, el daño se debe a la mezcla asfáltica. Esto preliminarmente indica que no son necesarios trabajos para readecuar la capacidad estructural del pavimento, sino que lo que se requiere es realizar actividades de preservación o mantenimiento donde se garantice la capacidad estructural del pavimento, se eliminen los daños superficiales presentes y se mejoren las condiciones de rodadura / funcionales del pavimento. Se debe tener presente que el objetivo del mantenimiento de preservación o el mantenimiento de recuperación

funcional sugerido es el de mejorar la condición de ruedo (Índice de regularidad Internacional IRI) dado su buena condición estructural, por lo que en caso de realizar los trabajos sugeridos debe exigirse una mejora en esta condición. El CR-2010 establece para estas condiciones que la sobrecapa debe resultar en una mejoría de más de 60% con respecto al IRI antes de aplicar la sobrecapa (Item 401.17).

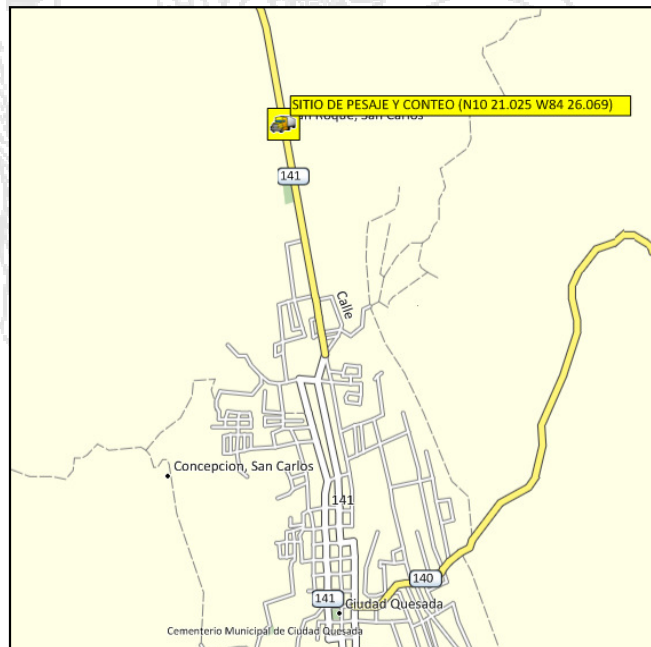
La importancia de dicho mantenimiento se resalta en los resultados de encuesta de carga para dicha ruta que se presentan a continuación.

#### 4. ENCUESTA DE CARGA RUTA 141

Como parte del proyecto de investigación “Encuesta de Carga” (PI-01-PIIVI-2007) que se realizó en LanammeUCR, se recolectó la siguiente información sobre el peso de cada uno de los ejes de camiones cargados en ambas direcciones de tráfico (las mediciones se realizaban una vez al mes, y cada mes se alternaba el sentido del tránsito a evaluar).

Los tipos de camión que se identificaron y pesaron fueron los siguientes: pick-up modificado (liviano), camión con eje simple trasero (C2+), camión con eje dual trasero (C2), camión con eje tandem trasero (C3), tractocamión con semirremolque (T3-S2) y buses con eje dual trasero (Bus-C2).

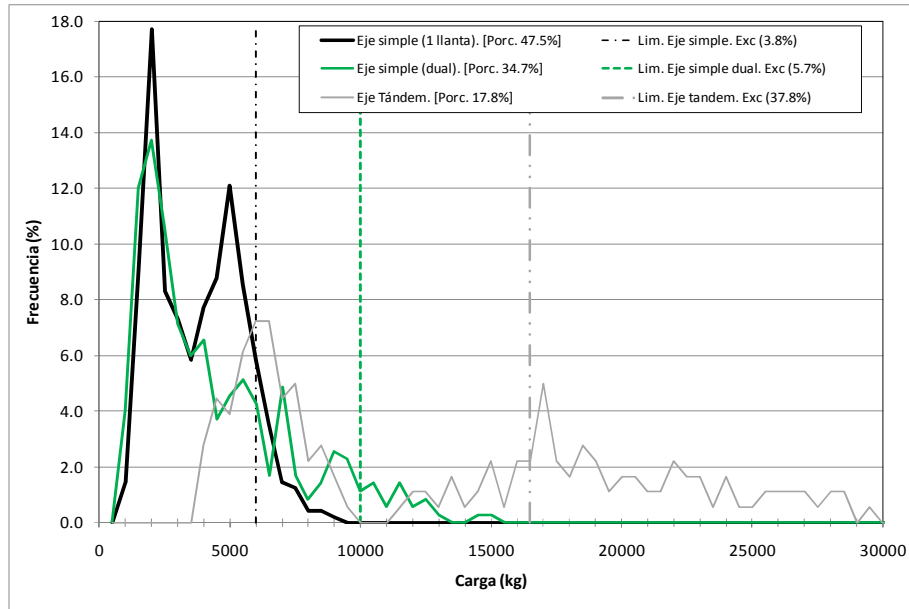
Las mediciones se realizaron en la Ruta 141 al norte de Ciudad Quesada (Figura 11).



**Figura 11.** Ubicación de sitio de pesaje y de conteo de tránsito, Coordenadas GPS (N10 21.025 W84 26.069)



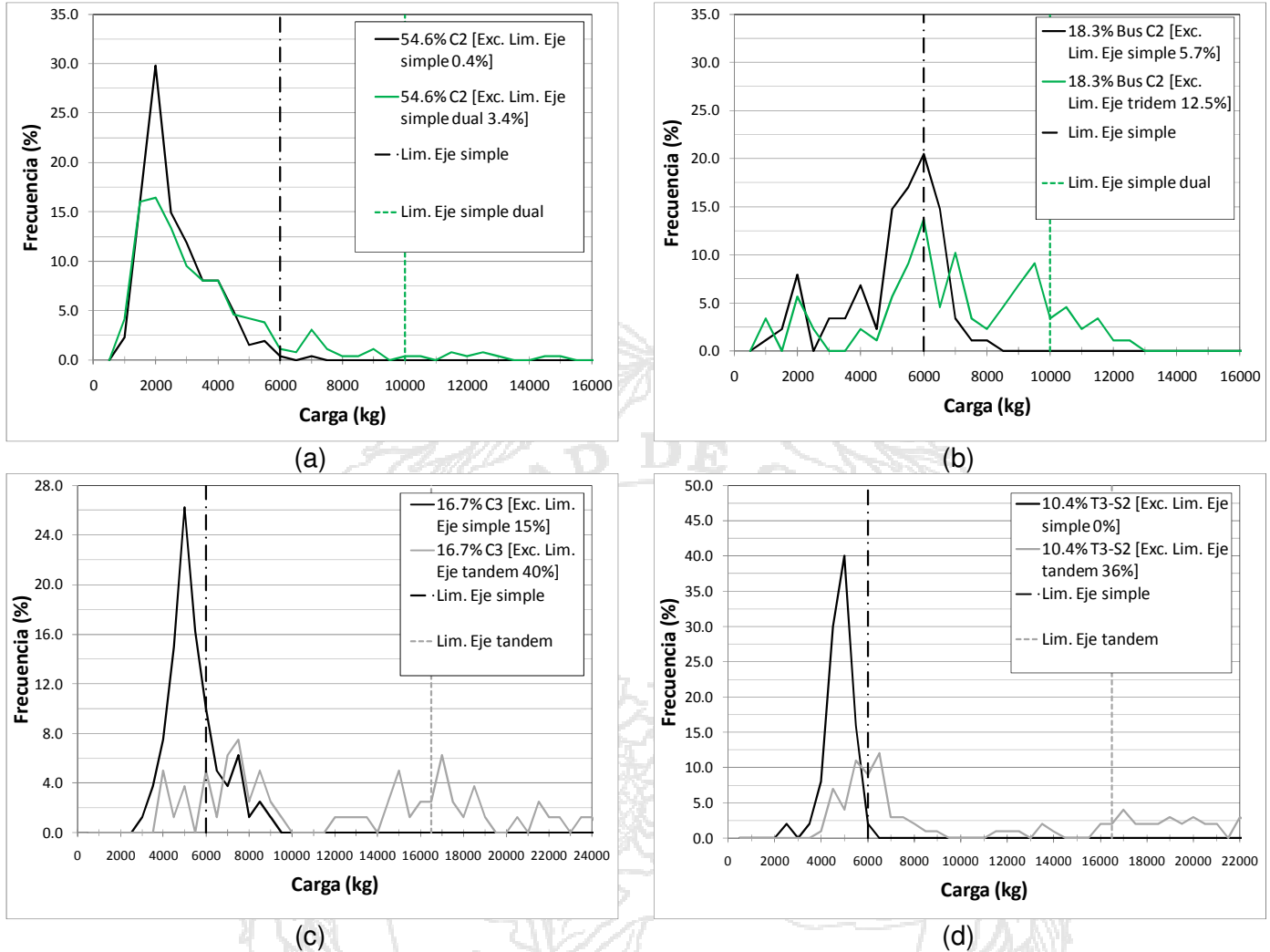
En base a las mediciones realizadas se prepararon los siguientes espectros de carga, tanto por tipo de eje (Figura 12) como por tipo de camión (Figura 13).



**Figura 12.** Espectro de carga por tipo de eje en Ruta 141.

Los espectros de carga son de gran importancia puesto que indican cual es la distribución real de las cargas que transitan por la ruta. De las figuras es claro que para la ruta en cuestión, la incidencia de sobrecargas en los ejes simples (1 llanta y dual) y para los ejes tándem es grande. Este es aún más crítico en el caso de los ejes duales donde aproximadamente el 40% de los ejes se encontraban sobrecargados.

Esto es un factor que debe considerar la administración al valorar estrategias de prevención o mantenimiento en esta ruta. Adicionalmente, como ya se mencionó, existe el agravante de que la velocidad de los camiones en la ruta es baja lo que aunado a las sobrecargas, resulta en una mayor tasa de deterioro en la mezcla asfáltica.



**Figura 13.** Espectro de carga por tipo de camión en Ruta 141: (a) C2, (b) Bus-C2, (c) C3 y (d) T3-S2.

## 5. RECOMENDACIONES ADICIONALES

En base a lo que se observó del tramo de la ruta 141 que se visitó, así como de la información obtenida de la Evaluación de la Red Vial Nacional y proyectos de investigación realizados en el LanammeUCR se recomienda lo siguiente:

- Con el fin de eliminar la deformación permanente existente, y evitar que dicha deformación se transfiera a posibles sobrecapas, es muy importante remover al menos 5 cm de la capa asfáltica de superficie existente en las áreas donde la estructura se



encuentre más severamente afectada por este tipo de deterioro. Esto con el fin de perfilar la estructura del pavimento y de eliminar el área que se ha visto sujeta a mayores esfuerzos de cortante (área donde se ha producido el mayor componente de deformación plástica o permanente). Es importante hacer notar que este material a ser perfilado debe ser repuesto y por tanto si se diseñara una sobrecapa, la cantidad de mezcla asfáltica a colocar deber ser la de la sobrecapa más el espesor de material removido durante el perfilado.

- La recomendación previa se debe realizar como mínimo en las secciones donde se identificaron roderas, con el fin de eliminar la posibilidad de accidentes debido a hidroplaneo. Estas secciones corresponden a los tramos con ahuellamiento de severidad media o alta según se indica en la Figura 5: Ciudad Quesada, ligeramente al norte de Ciudad Quesada y al este de Florencia (intersección con Ruta 35).
- Muy importante también resulta garantizar un adecuado bombeo para que el agua de escorrentía pluvial escurra rápidamente fuera de la calzada, así como garantizar adecuado drenaje lateral y la capacidad del mismo. Esto con el fin de minimizar la formación de películas delgadas de agua sobre la carretera que pueden resultar en un grave riesgo a nivel de seguridad en la ruta por la posibilidad de generar hidroplaneo. Adicionalmente, el correcto drenaje reduce la posibilidad que el agua se infiltre a las capas inferiores y resulte en deformación o deterioro de las capas de soporte.
- Se debe evaluar el uso de modificantes en el ligante asfáltico con el fin de incrementar la capacidad de la mezcla para resistir la deformación permanente. Es recomendable que esta mezcla asfáltica diseñada tenga muy buen desempeño en ensayos de laboratorio empíricos para evaluar la resistencia a la deformación permanente. La deformación en el ensayo APA no debe exceder los 2,5 mm. No obstante, se debe verificar la resistencia a la fatiga de esta mezcla dado el alto volumen vehicular presente en la ruta y la resistencia al daño por humedad. Para esto se debe al menos cumplir con un mínimo 1.000.000 ciclos a una deformación unitaria de 400  $\mu$ s y 300.000 ciclos a una deformación unitaria de 600  $\mu$ s en el ensayo de fatiga en vigas y un 85% de resistencia retenida a la tensión diametral.



- Adicionalmente, para garantizar el buen desempeño de la mezcla asfáltica se recomienda seguir lo establecido en la propuesta que está presentando el LanammeUCR en lo concerniente a la actualización del componente del cartel completo de licitación del Consejo Nacional de Vialidad (concerniente a los Requisitos para Mezcla Asfáltica en Caliente de alto desempeño) según solicitud del Consejo Nacional de Vialidad y el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (Oficio N° DIE-03-11-3813). En dicha actualización se establecen requisitos mínimos de los materiales para ser usados en mezclas asfálticas de alto desempeño, así como requisitos mínimos que debe cumplir la mezcla. El informe mencionado corresponde al LM-PI-UI-013-11.
- Se recomienda el uso de una mezcla asfáltica de tamaño máximo nominal mayor a 12,5 mm (ej. 19,0 mm). Adicionalmente, es recomendable reducir el porcentaje de finos pasando la malla N°4 o N°8. Esto con el fin de incrementar la matriz gruesa dentro la estructura de la mezcla asfáltica y el contacto interparticular. Esto resulta en mayor contacto entre el agregado grueso y por tanto en una mayor resistencia a la deformación permanente. La mezcla de mayor tamaño nominal debería ser diseñada según la metodología Superpave, verificando no solo las propiedades volumétricas de la mezcla, sino también el desempeño de la misma en cuanto a deformación permanente, fatiga y daño por humedad para asegurar el correcto desempeño de la mezcla asfáltica.
- El uso de geomallas o geogrillas no pareciera ser una necesidad puesto que se reitera que según lo observado previamente el problema actual radica en la calidad de la mezcla asfáltica, y la posibilidad de que la misma sea sujeta a condiciones adversas de clima, tráfico y carga.
- Finalmente, en caso de realizar el mantenimiento de preservación o el mantenimiento de recuperación funcional sugerido su objetivo es el de mejorar la condición de ruedo (Índice de regularidad Internacional IRI) dado su buena condición estructural, por lo que en caso de realizar los trabajos debe exigirse una mejora en esta condición respecto a la actual. Para esto, el CR-2010 actualmente establece que la mejoría en IRI deberá ser mayor al 60%.