



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

# Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Informe en versión final: LM-PI-AT-121-2017

## EVALUACIÓN DE PARÁMETROS Y METODOLOGÍA UTILIZADA EN LOS DISEÑOS DE PAVIMENTOS REALIZADOS BAJO EL MARCO DE LA LICITACIÓN PÚBLICA 2014LN-000018-0CV00



Preparado por:

Unidad de Auditoría Técnica  
LanammeUCR



Documento generado con base en el Art. 6, inciso b) de la Ley 8114 y lo señalado en el Capít.7, Art. 68 Reglamento al Art. 6 de la precitada ley, publicado mediante decreto DE-37016-MOPT.

San José, Costa Rica  
Marzo 2018

<b>1. Informe</b> Informe en versión finalde Auditoría Técnica: LM-PI-AT-121-2017	<b>2. Copia No.</b> 1	
<b>3. Título y subtítulo:</b> <b>EVALUACIÓN DE PARÁMETROS Y METODOLOGÍA UTILIZADA EN LOS DISEÑOS DE PAVIMENTOS REALIZADOS BAJO EL MARCO DE LA LICITACIÓN PÚBLICA 2014LN-000018-0CV00</b>	<b>4. Fecha del Informe</b> Marzo 2018	
<b>5. 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>6. Notas complementarias</b> N/A		
<b>7. Resumen</b> <p>Este informe de Auditoría Técnica recopila hallazgos sobre la evaluación de informes de diseño de pavimentos flexibles en rehabilitaciones y sobrecapas como parte del mantenimiento de la Red Vial Nacional mediante la Licitación Pública 2014LN-000018.</p> <p>Los hallazgos a partir de la revisión de los informes de diseño evidenciaron inconsistencias e incumplimientos en relación con la realización de estudios básicos para la caracterización de los materiales existentes a considerar en el diseño. Además se registraron debilidades en la caracterización de los deterioros existentes en las rutas previos a la realización del diseño de pavimentos. Otro de los aspectos que se identificaron de la revisión general de los diseños de pavimentos fue la ausencia de seccionamiento de las rutas en tramos homogéneos, pese a la realización de ensayos de deflectometría con una frecuencia a nivel de proyecto</p> <p>En relación con el tránsito como parámetro de diseño se evidenció la utilización de valores tránsito promedio y tasas de crecimiento diario a nivel de red para el dimensionamiento de las estructuras de pavimentos, sin considerar además la capacidad de saturación de las rutas de análisis. Por otro lado el informe contempla una observación sobre el uso de factores camión más actualizados como parte del proceso de estimación del tránsito de diseños</p> <p>Dentro de uno de los hallazgos del informe se detallan debilidades en el desarrollo del procedimientos del retrocálculo de módulos de los informes consultados así como oportunidades de mejora en relación con las metodologías aplicadas dentro del proceso de cálculo, con el fin de obtener.</p> <p>La evaluación estructural de los diseños realizado por el equipo auditor permitió evidenciar inconsistencias en algunos diseños en relación con el uso de módulos retrocalculados como parámetros de diseño, utilización y justificación de coeficientes de diseño según la metodología AASHTO 93, así como incumplimientos en el análisis estructural de algunas de las estructuras propuestas. Por otro lado la evaluación del análisis de desempeño permitió evidenciar incongruencias en las estructuras de pavimentos y las estructuras evaluadas para el análisis de fatiga y de formación permanente. Dentro del informe se contempla una observación sobre la necesidad de actualizar las ecuaciones de desempeño de manera tal que se ajusten a las condiciones y materiales propios del país. Dentro del análisis realizado también se evidenciaron hallazgos sobre la concordancia entre el diseño propuesto en los informes y las estructuras propuestas. Además se realiza una observación como oportunidad de mejora sobre las recomendaciones de los diseñadores previos al inicio del proceso constructivo de las intervenciones propuestas</p> <p>Por último, el informe hace referencia a una observación sobre la falta de capacidad operativa del CONAVI para gestionar con fluidez el proceso de aprobación de un diseño de pavimentos como parte de las actividades de mantenimiento de la red vial nacional.</p>		
<b>8. Palabras clave:</b> Diseños- estudios preliminares- secciones homogéneas- retrocálculo de módulos- desempeño- gestión	<b>9. Nivel de seguridad:</b> Ninguno	<b>10. Núm. de páginas</b> 149



## INFORME EN VERSIÓN FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

LM-PI-AT-121-2017:

"Evaluación de parámetros y metodología utilizada en los diseños de pavimentos realizados bajo el marco de la Licitación Pública 2014LN-000018-0CV00"

### Departamento encargado del proyecto:

Gerencia de  
Gerencia de Conservación de Vías y Puentes. CONAVI.

### Coordinador General de Programa de Infraestructura de Transporte, PITRA-LanammeUCR:

Ing. Luís Guillermo Loría Salazar, PhD.

### Coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica PITRA-LanammeUCR:

Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.

### Audidores:

Auditor Técnico Líder: Ing. Sergio Guerrero Aguilera  
Auditores Adjuntos: Ing. Luis Diego Herra Gómez  
Ing. Mauricio Salas Chaves

### Experto Técnico:

Colaborador: Ing. Eliécer Arias Barrantes

### Asesor Legal:

Lic. Miguel Chacón Alvarado

### Alcance del informe:

El alcance del proyecto contempla el análisis de la información presentada en algunos de los diseños de pavimento considerados dentro de los contratos de conservación vial de la Red Vial Nacional, desde el inicio de la licitación hasta el mes de julio de 2017. Esto con el fin de verificar si el empleo de la información es el adecuado en la metodología de diseño utilizada (AASHTO 93) y si la información contemplada es suficiente para la elaboración del diseño de pavimentos. Además se contempla la revisión de la información solicitada en el ítem Diseño de pavimentos que forma parte las actividades solicitadas en el cartel de licitación por la Administración. Y la evaluación de las ecuaciones de fatiga y ahuellamiento empleadas para la verificación del desempeño del pavimento a futuro.



TABLA DE CONTENIDOS

<b>1. FUNDAMENTACIÓN .....</b>	<b>9</b>
<b>2. OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS .....</b>	<b>9</b>
<b>3. OBJETIVOS DEL INFORME .....</b>	<b>10</b>
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	10
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
<b>4. ALCANCE DEL INFORME .....</b>	<b>10</b>
<b>5. METODOLOGÍA .....</b>	<b>10</b>
<b>6. DOCUMENTOS DE PREVALENCIA.....</b>	<b>14</b>
<b>7. ANTECEDENTES .....</b>	<b>15</b>
<b>8. AUDIENCIA DE LA PARTE AUDITADA PARA EL ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSIÓN PRELIMINAR.....</b>	<b>16</b>
<b>9. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA.....</b>	<b>17</b>
<b>SOBRE EL INCUMPLIMIENTO DE FRECUENCIA DE ENSAYOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE MATERIALES Y CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE CAPAS DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO .....</b>	<b>18</b>
<b>HALLAZGO 1. SE APROBARON DISEÑOS DE PAVIMENTOS CON ENSAYOS INSUFICIENTES PARA CARACTERIZAR LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES EXISTENTES DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS SEGÚN EL CARTEL DE LICITACIÓN. ....</b>	<b>18</b>
<b>HALLAZGO 2. SE EVIDENCIÓ LA APROBACIÓN DE DISEÑOS DE PAVIMENTOS CON INCUMPLIMIENTOS CARTELARIOS EN RELACIÓN CON LA FRECUENCIA DE ENSAYOS DE DEFLECTOMETRÍA PARA CARACTERIZAR LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO A INTERVENIR.....</b>	<b>23</b>
<b>HALLAZGO 3. SE EVIDENCIARON DEBILIDADES EN LA CARACTERIZACIÓN DE LOS TIPOS DE DETERIOROS QUE PRESENTARON LAS RUTAS A INTERVENIR.....</b>	<b>27</b>
<b>SOBRE LA ESTIMACIÓN DEL TRÁNSITO DE DISEÑO EN EL DIMENSIONAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS PARA REHABILITACIONES .....</b>	<b>32</b>
<b>OBSERVACIÓN 1. SE UTILIZARON TASAS DE CRECIMIENTO VEHICULAR SIN CONSIDERAR LA CAPACIDAD DE LAS RUTAS INTERVENIDAS DE ACUERDO AL PERIODO DE DISEÑO. ....</b>	<b>32</b>
<b>OBSERVACIÓN 2. SOBRE LA UTILIZACIÓN DE FACTORES DE CAMIÓN DESACTUALIZADOS EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA REHABILITACIONES Y SOBRECAPAS. ....</b>	<b>35</b>
<b>SOBRE LA TRAMIFICACIÓN DE LA RUTA EN SECCIONES HOMOGÉNEAS PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO DE ACUERDO A LAS NECESIDADES ESTRUCTURALES DE LAS INTERVENCIONES .....</b>	<b>38</b>
<b>OBSERVACIÓN 3. SE EVIDENCIARON OPORTUNIDADES DE MEJORA EN LA TRAMIFICACIÓN DE LA RUTA EN SECCIONES HOMOGÉNEAS PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS EN REHABILITACIONES Y SOBRECAPAS. ....</b>	<b>38</b>



**SOBRE EL DESARROLLO Y METODOLOGÍAS DE RETROCÁLCULO EMPLEADAS EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO DE REHABILITACIONES DE SOBRECAPAS ASFÁLTICAS..... 43**

**OBSERVACIÓN 4. LA METODOLOGÍA DEL RETROCÁLCULO UTILIZADA EN ALGUNOS DE LOS DISEÑOS DE REHABILITACIONES NO RESPONDE A LAS TEORÍAS Y MECANISMOS ACTUALES UTILIZADOS EN EL RETROCÁLCULO DE MÓDULOS..... 43**

**SOBRE EL DIMENSIONAMIENTO DE LAS CAPAS DE LAS ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS SEGÚN LA METODOLOGÍA AASHTO93 ..... 51**

**OBSERVACIÓN 5. LOS MÓDULOS RETROCALCULADOS NO FUERON UTILIZADOS EN EL DISEÑO DE LAS REHABILITACIONES Y SOBRECAPAS DESARROLLADOS..... 51**

**HALLAZGO 5. SE EVIDENCIARON EN ALGUNOS DE LOS DISEÑOS REVISADOS INCONSISTENCIAS CON LA UTILIZACIÓN Y JUSTIFICACIÓN LOS PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA ECUACIÓN AASHTO93. .... 56**

**HALLAZGO 5. SE EVIDENCIÓ QUE EN ALGUNOS DISEÑOS NO SE REVISÓ EL CUMPLIMIENTO DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL SEGÚN LA METODOLOGÍA AASHTO93..... 64**

**SOBRE EL ANÁLISIS DE DESEMPEÑO DE LAS ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO DISEÑADAS ..... 69**

**HALLAZGO 6. SE EVIDENCIARON INCONSISTENCIAS EN LOS ANÁLISIS DE DESEMPEÑO REALIZADOS DE ACUERDO CON LAS ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS PROPUESTAS EN LOS INFORMES DE DISEÑO DE LAS REHABILITACIONES DE LAS RUTAS NACIONALES 1 Y 256..... 69**

**SOBRE LAS RECOMENDACIONES Y CONSIDERACIONES PROPUESTAS POR LOS DISEÑADORES PARA EL CORRECTO DESEMPEÑO DE LAS ESTRUCTURAS DISEÑADAS DURANTE PERIODO DE DISEÑO ..... 73**

**OBSERVACIÓN 6. SE ENCONTRÓ FALTA DE CLARIDAD EN EL CARTEL DE LICITACIÓN RESPECTO A LAS RECOMENDACIONES Y CONSIDERACIONES PROPUESTAS POR LOS DISEÑADORES PARA EL CORRECTO DESEMPEÑO DE LAS ESTRUCTURAS DISEÑADAS DURANTE PERIODO DE DISEÑO..... 73**

**SOBRE LA LA CONCORDANCIA ENTRE EL DISEÑO DE PAVIMENTOS REALIZADO, EL PROCESO CONSTRUCTIVO EN PROYECTOS DE CONSERVACIÓN VIAL Y LAS CONDICIONES EN SITIO..... 75**

**HALLAZGO 7. SE EVIDENCIÓ QUE EL DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL RUTA NACIONAL 150 FUE PAGADO Y NO EJECUTADO POR VARIACIONES EN EL INCREMENTO DEL NIVEL DE RASANTE..... 75**

**HALLAZGO 8. SE EVIDENCIÓ QUE EL DISEÑO DE PAVIMENTOS DE LA SOBRECAPA DE LA RUTA NACIONAL 2 NO CONTEMPLÓ LA REALIZACIÓN DE UN SANEAMIENTO MEDIANTE TÉCNICAS DE BACHEO A PROFUNDIDAD Y BACHEO FORMAL DENTRO DE LAS ACTIVIDADES A EJECUTAR EN EL PROYECTO PROPUESTO..... 77**

**OBSERVACIÓN 7. SOBRE LA FALTA DE CAPACIDAD OPERATIVA DEL CONAVI PARA GESTIONAR EL DISEÑO DE PAVIMENTOS DE PROYECTOS DE MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL..... 81**

**10. CONCLUSIONES..... 85**

**11. RECOMENDACIONES ..... 89**

**12. REFERENCIAS..... 93**



<b>13. ANEXOS .....</b>	<b>98</b>
13.1 A1. OFICIO DVP-23-18-0056 .....	98
13.2 A2. OFICIO GCSV-92-2018-0826 .....	106
13.3 ANÁLISIS DEL DESCARGO DEL INFORME PRELIMINAR LM-PI-AT-121B-17 .....	115

### ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> UBICACIÓN DE RUTAS DE LOS DISEÑOS DE PAVIMENTOS REVISADOS BAJO LICITACIÓN PÚBLICA 2014LN-000018-0CV00 .....	14
<b>FIGURA 2.</b> INFORME ITP-1155-16(SOBRECAPA RN2, SC 60111, 60002, 60001). FUENTE ITP, 2016 .....	19
<b>FIGURA 3.</b> INFORME 01-507-2017(REHABILITACIÓN 716, SC 21590 Y 20210). FUENTE LGC, 2017 .....	19
<b>FIGURA 4.</b> INFORME ITP083-17(REHABILITACIÓN 152, SC 50252). FUENTE ITP, 2017.....	20
<b>FIGURA 5.</b> L INFORME 01-842-2017(REHABILITACIÓN 1 SC 50060). FUENTE LGC, 2017..	21
<b>FIGURA 6.</b> FRECUENCIA DE DEFLECTOMETRÍA REGISTRADA EN EL INFORME E3198-2016(REHABILITACIÓN RN141 SC 20610). FUENTE OJM, 2017 .....	23
<b>FIGURA 7.</b> FRECUENCIA DE DEFLECTOMETRÍA REGISTRADA EN EL INFORME 01-842-2017(REHABILITACIÓN RN1 SC 20610. FUENTE LGC, 2017.....	24
<b>FIGURA 8.</b> REGISTRO DE DEFLEXIONES. INFORME 01-507-2017-LGC (REHABILITACIÓN RN716 SC21590-20210). FUENTE LGC, 2017. ....	25
<b>FIGURA 9.</b> DESCRIPCIÓN DE PRINCIPALES DETERIOROS INFORME 01-469-2017-LGC (REHABILITACIÓN RN1 SC 50040-50050). FUENTE LGC, 2017 .....	28
<b>FIGURA 10.</b> DESCRIPCIÓN DE PRINCIPALES DETERIOROS INFORME ITP-206-17 (SOBRECAPA RN4 SC 20721). FUENTE ITP, 2017 .....	29
<b>FIGURA 11.</b> DESCRIPCIÓN DE PRINCIPALES DETERIOROS INFORME E3198-2016(REHABILITACIÓN RN141 SC 20610). FUENTE OJM, 2017 .....	29
<b>FIGURA 12.</b> DESCRIPCIÓN DE PRINCIPALES DETERIOROS INFORMES E3198-2016(REHABILITACIÓN RN141 SC 20610. FUENTE OJM, 2017 .....	31
<b>FIGURA 13.</b> FACTORES CAMIÓN COMPORTAMIENTO HISTÓRICO. FUENTE: LANAMMEUCR..	38
<b>FIGURA 14.</b> ANÁLISIS DE ESPESORES REQUERIDOS SEGÚN NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO (SOBRECAPA CON GEOGRILLA RN2 SC 60011 Y 60002). FUENTE ITP, 2017 .....	41
<b>FIGURA 15.</b> ANÁLISIS DE ESPESORES REQUERIDOS SEGÚN NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO (SOBRECAPA RN2 SC 60011 Y 60002). FUENTE ITP, 2017 .....	41
<b>FIGURA 16.</b> NORMALIZACIÓN DE DEFLEXIONES: FUENTE: INFORME01-507-2017 DE LGC INGENIERÍA DE PAVIMENTOS.....	45
<b>FIGURA 17.</b> RETROCÁLCULO CON VALORES PROMEDIO Y CARACTERÍSTICOS DEL TRAMO. .	46



<b>FIGURA 18.</b> EJEMPLO ANÁLISIS DISTRIBUCIÓN NORMAL PARA LA DEFLEXIÓN CENTRAL CARACTERÍSTICA. ....	47
<b>FIGURA 19.</b> EJEMPLO ANÁLISIS DISTRIBUCIÓN LOGNORMAL PARA DETERMINAR MÓDULOS DE DISEÑO. ....	48
<b>FIGURA 20.</b> EXTRACCIÓN GRÁFICO Y PÁRRAFO DEL INFORME SOBRE COMPARACIÓN DE DEFORMADAS. ....	49
<b>FIGURA 21.</b> EXTRACCIÓN DEL SOFTWARE FAA BACKCALCULATION, INFORME ITP-1075-16, SOBRECAPA RUTA NACIONAL 253, SC 51060. FUENTE. INFORME 1226-2016 DE.....	50
<b>FIGURA 22.</b> PARÁMETROS UTILIZADOS EN LA ECUACIÓN AASHTO93. INFORME 01-469-2017(REHABILITACIÓN RN1 SC 50040 Y SC50060. FUENTE LGC, 2017 .....	52
<b>FIGURA 23.</b> PARÁMETROS UTILIZADOS EN LA ECUACIÓN AASHTO93.INFORME 01-469-2017 (REHABILITACIÓN RN 1, SC 50040 Y 50050). FUENTE LGC, 2017 .....	57
<b>FIGURA 24.</b> JUSTIFICACIÓN PARÁMETROS DE DISEÑO INFORME E4-194-2016 (REHABILITACIÓN RN411 SC 20600. FUENTE OJM, 2016 .....	58
<b>FIGURA 25.</b> TABLA NO 14. CÁLCULO DE ESTRUCTURA, INFORME E4-194-2016 (REHABILITACIÓN RN141 SC 20600. FUENTE OJM, 2016 .....	60
<b>FIGURA 26.</b> TABLA NO 14 CÁLCULO DE ESTRUCTURA. INFORME E3-198-2016 (REHABILITACIÓN RN141 SC 20610. FUENTE OJM, 2016 .....	60
<b>FIGURA 27.</b> TABLA 8 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS CAPAS DE PAVIMENTO, READECUACIÓN DEL DISEÑO DE LA RUTA NACIONAL 256 (SC 70710 Y 70720). FUENTE: ORION, 2017. ....	62
<b>FIGURA 28.</b> MEMORIA DE CÁLCULO PARA DETERMINACIÓN DE ESTRUCTURA TRAMO1, READECUACIÓN DEL DISEÑO RUTA NACIONAL 256 (SC 70710 Y 70720). FUENTE: ORION, 2017.....	62
<b>FIGURA 29.</b> MEMORIA DE CÁLCULO PARA DETERMINACIÓN DE ESTRUCTURA, READECUACIÓN DEL DISEÑO RUTA NACIONAL 256 (SC 70720). FUENTE: ORION, 2017 .....	63
<b>FIGURA 30.</b> ANÁLISIS POR NÚMERO ESTRUCTURAL INFORME 01-842-2017 (REHABILITACIÓN RN1 SC 50060. FUENTE LGC, 2017 .....	65
<b>FIGURA 31.</b> EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS VS REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES (SN) READECUACIÓN DEL DISEÑO RUTA NACIONAL 256 (SC 70720). FUENTE: ORION, 2017 .....	67
<b>FIGURA 32.</b> PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR ESPESOR DE CAPA.....	68
<b>FIGURA 33.</b> ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS PROPUESTAS, INFORME 01-842-2017, REHABILITACIÓN RUTA NACIONAL 1 SECCIÓN DE CONTROL, 50060, FUENTE LGC, 2017. ....	70
<b>FIGURA 34.</b> ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS PROPUESTAS,INFORME01-842-2017, REHABILITACIÓN RUTA NACIONAL 1 SECCIÓN DE CONTROL, 50060, FUENTE LGC, 2017. ....	71



FIGURA 35. PROPIEDADES MECÁNICAS. READECUACIÓN DEL DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN RUTA NACIONAL 256. SECCIÓN DE CONTROL, 720020, FUENTE ORION, 2017. .... 72

FIGURA 36. PROPIEDADES MECÁNICAS. READECUACIÓN DEL DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN RUTA NACIONAL 256. SECCIÓN DE CONTROL, 720020, FUENTE ORION, 2017. .... 72

FIGURA 37. ESTIMACIÓN DESCRIPTIVA DE LA ESTIMACIÓN DE PAGO N° 6, LÍNEA 5 ..... 76

FIGURA 38 BACHEO A PROFUNDIDAD PARCIAL REALIZADO EN LA RUTA 150, SECCIÓN DE CONTROL 10990. FECHA: 23 DE MAYO DE 2017. FUENTE: UAT-LANAMMEUCR..... 77

FIGURA 39 BACHEO A PROFUNDIDAD PARCIAL REALIZADO EN LA RUTA 2, SECCIÓN DE CONTROL 10990. FECHA: 23 DE MAYO DE 2017..... 78

FIGURA 40. BACHEO A PROFUNDIDAD PARCIAL REALIZADO EN LA RUTA 2, SECCIÓN DE CONTROL 10990. FECHA: 23 DE MAYO DE 2017..... 79

**FIGURA 41.** PROCEDIMIENTO APROBACIÓN DE DISEÑOS LICITACIÓN PÚBLICA 2014LN-000018-OCV00..... 83

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. DISEÑOS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES APROBADOS AL MES DE JULIO 2017 DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA LICITACIÓN PÚBLICA 2014LN-000018-OCV00 ..... 12

TABLA 2. *FACTORES CAMIÓN PARA DISEÑO ESTRUCTURAL*. ..... 35

TABLA 3. FACTORES CAMIÓN UTILIZADOS, SEGÚN EL OFICIO DVOP-5170-07, PARA EL DISEÑO DE LOS PROYECTOS ANALIZADOS..... 36

TABLA 4. FACTORES CAMIÓN SEGÚN LA INFORMACIÓN DISPONIBLE PARA EL LANAMMEUCR AL MES DE DICIEMBRE DEL 2017 ..... 37

TABLA 5. NÚMEROS ESTRUCTURALES REQUERIDOS PARA EL DISEÑO SC 50060 DE LA RN1. .... 66

TABLA 6. NÚMEROS ESTRUCTURALES OBTENIDOS PARA EL DISEÑO SC 50060 DE LA RN1.66

TABLA 7. NÚMEROS ESTRUCTURALES REQUERIDOS PARA EL DISEÑO SC 70020 DE LA RN 256. .... 67

TABLA 8. NÚMEROS ESTRUCTURALES OBTENIDOS PARA EL DISEÑO SC 70020 DE LA RN256. .... 67



**INFORME EN VERSIÓN FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA.  
LM-PI-AT-121-2017**

**"EVALUACIÓN DE PARÁMETROS Y METODOLOGÍA UTILIZADA EN LOS  
DISEÑOS DE PAVIMENTOS REALIZADOS BAJO EL MARCO DE LA LICITACIÓN  
PÚBLICA 2014LN-000018-0CV00"**

## 1. FUNDAMENTACIÓN

La Auditoría Técnica externa a proyectos en ejecución para el sector vial, se realiza de conformidad con las disposiciones del artículo 6 de la Ley N°8114 de Simplificación y Eficiencia Tributarias y su reforma mediante la Ley N°8603, dentro del Programa de Fiscalización de la Calidad de la Red Vial del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR) de la Universidad de Costa Rica (UCR).

Asimismo, el proceso de Auditoría Técnica se fundamenta en el pronunciamiento C-087-2002 del 4 de abril del 2002, de la Procuraduría General de la República, que indica:

*"...la fiscalización que realiza la Universidad a través del Laboratorio es una fiscalización externa, que trasciende los contratos de mérito, y por ende, obras específicas, para abarcar la totalidad de la red nacional pavimentada (por ende, proyectos ya finiquitados) y que incluso podría considerarse "superior", en el sentido en que debe fiscalizar también los laboratorios que realizan análisis de calidad, auditar proyectos en ejecución, entre otros aspectos, evaluar la capacidad estructural y determinar los problemas de vulnerabilidad y riesgos de esa red. Lo cual implica una fiscalización a quienes podrían estar fiscalizando proyectos concretos." (El subrayado no es del texto original)*

## 2. OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS

El propósito de las auditorías técnicas que realiza el LanammeUCR en cumplimiento de las tareas asignadas en la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria", Ley N° 8114, es el de emitir informes que permitan a las autoridades del país, indicadas en dicha ley, conocer la situación técnica, administrativa y financiera de los proyectos viales durante todas o cada una de las etapas de ejecución: planificación, diseño y especificaciones; cartel y proceso licitatorio; ejecución y finiquito. Asimismo, la finalidad de estas auditorías consiste en que la Administración, de manera oportuna tome decisiones correctivas y ejerza una adecuada comprobación, monitoreo y control de los contratos de obra, mediante un análisis comprensivo desde la fase de planificación hasta el finiquito del contrato.



### 3. OBJETIVOS DEL INFORME

#### 3.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo de este informe de auditoría técnica es evaluar los parámetros y metodologías empleados en el diseño de pavimentos contemplados en la Licitación Pública 2014LN-000018-0CV00 para el mantenimiento y conservación de la red vial nacional.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar fortalezas y debilidades de la información requerida como parámetros de diseños en el ítem "M430(1)A Diseño de rehabilitaciones y sobre capas asfálticas" para el mantenimiento de la Red Vial Nacional.
- Evaluar el contenido de los diseños pavimentos en relación con los requisitos mínimos solicitados en el ítem "M430(1)A Diseño de rehabilitaciones y sobre capas asfálticas" y M-30(A): Reacondicionamiento de calzada.
- Evaluar la calidad de los parámetros utilizados en el diseño de pavimentos para el mantenimiento de diferentes rutas de la Red Vial Nacional bajo la Licitación Pública 2014LN-000018-0CV00
- Analizar la metodología utilizada en el diseño de pavimentos mediante el "M430(1)A Diseño de rehabilitaciones y sobre capas asfálticas".
- Evaluar la concordancia entre el diseño de pavimentos realizados, el proceso constructivo en proyectos de conservación vial y las condiciones en sitio.

### 4. ALCANCE DEL INFORME

El alcance del proyecto contempla el análisis de la información presentada en algunos de los diseños de pavimento considerados dentro de los contratos de conservación vial de la Red Vial Nacional, desde el inicio de la licitación hasta el mes de julio de 2017. Esto con el fin de verificar si el empleo de la información es el adecuado en la metodología de diseño utilizada (AASHTO 93) y si la información contemplada es suficiente para la elaboración del diseño de pavimentos. Además se contempla la revisión de la información solicitada en el ítem Diseño de pavimentos que forma parte las actividades solicitadas en el cartel de licitación por la Administración. Y la evaluación de las ecuaciones de fatiga y ahuellamiento empleadas para la verificación del desempeño del pavimento a futuro.

### 5. METODOLOGÍA

La tarea de fiscalización por medio de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR se fundamenta en evaluar la aplicación de las buenas prácticas de

Informe LM-PI-AT-121-2017	Marzo, 2018.	Página 10 de 149
---------------------------	--------------	------------------



ingeniería y de otros análisis técnicos en el proyecto, que se analizan para enriquecer el contenido de este informe.

La labor que se efectúa en un proceso de auditoría se orienta en recopilar y analizar evidencias durante un periodo definido, así como identificar posibles elementos y aspectos que puedan afectar la calidad del diseño y proyecto. La auditoría técnica que realiza el LanammeUCR no puede compararse, ni considerarse como una actividad de control de calidad, la cual, le compete exclusivamente al Contratista como parte de su obligación contractual y que debe ser ejecutada como una labor de carácter rutinario en el proyecto. Tampoco puede conceptualizarse como una labor de verificación de calidad y supervisión que es de entera responsabilidad de la Administración. Es función del MOPT-CONAVI, analizar con las partes involucradas las consecuencias expuestas en los hallazgos incluidos en los informes de la Auditoría Técnica.

Las actividades desarrolladas por el equipo auditor, consistieron inicialmente en la recopilación de la información de los diseños de pavimentos aprobados por la Administración para la licitación pública No. 2014LN-000018-0CV00. Para ello se solicitó la información a la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes en la reunión de inicio de esta auditoría, llevada a cabo el día 15 de julio de 2017. La información de los oficios de aprobación fue facilitada por la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes, mientras que los informes de diseños aprobados fueron solicitados y obtenidos a través de las ingenierías de proyecto de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes durante el periodo de auditoría. Únicamente el diseño de la rehabilitación de la Ruta Nacional 256, no correspondió al diseño aprobado por la Administración, ya que la ingeniería de proyecto facilitó un informe de readecuación al diseño propuesto por la empresa contratista.

Posteriormente, se realizó un diagnóstico de los de los requisitos especificados en el ítem M403 (1)A Diseño del cartel de licitación y rehabilitaciones de sobrecapas asfáltica, el cual rige el diseño de pavimentos de las intervenciones con el fin de evidenciar fortalezas y debilidades del ítem que rige el diseño de pavimentos de las intervenciones de mantenimiento y conservación de la Red Vial Nacional. Además la revisión del ítem sirvió de respaldo técnico para realizar la evaluación del contenido de los informes de diseño realizada.

Con la información de los diseños el equipo auditor realizó una evaluación del contenido de los informes de acuerdo con los requisitos solicitados en el ítem. Además se realizó la evaluación estructural y de desempeño de con base en las estructuras de pavimento propuestas presentadas por el Contratista en cada uno de los informes revisados. La evaluación estructural consistió en replicar los diseños de pavimentos, utilizando los parámetros y condiciones establecidos por el Contratista en los informes de diseño, con el fin de verificar el cumplimientos estructural de las estructuras de pavimento propuestas. Mientras que para la evaluación de desempeño del pavimento,



se revisó el cumplimiento de los análisis de fatiga elaborados por el contratista y se compararon los resultados con otras ecuaciones de fatiga actualizadas para las condiciones y materiales del país.

Por último, se realizaron entrevistas a la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes, y a la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, con el fin de realizar un diagnóstico del proceso de aprobación de diseños de pavimentos, propuestos por los Contratistas para los distintos proyectos de conservación vial.

Los hallazgos evidenciados en este informe pretenden identificar oportunidades de mejora para los procesos de formulación, aprobación y ejecución de diseños de pavimentos como parte de las actividades de mantenimiento y conservación de la Red Vial Nacional, de modo tal que el contenido de este sea analizado con respecto al cumplimiento contractual y a la expectativa de durabilidad de las obras, y así el CONAVI tome las medidas preventivas y correctivas que considere necesarias.

En la Tabla 1 se muestra un listado de los diseños de pavimentos facilitados por la Administración y revisados por la Unidad de Auditoría Técnica del Programa de Infraestructura en Transporte (PITRA) del LanammeUCR, a partir de los cuales se fundamenta el presente informe.

**Tabla 1. Diseños de pavimentos flexibles aprobados al mes de julio 2017 durante la ejecución de la Licitación Pública 2014LN-000018-0CV00**

Zona	RN	Sección de control		Oficio de aprobación	Tipo de Intervención
1-4	716	20210	LA ARGENTINA-LTE CANT.GRECIA/ATENAS	DVP-23-17- 0286	Rehabilitación
		21590	LTE CANT.GRECIA/ATENAS-SAN JOSÉ SUR		
1-6	141	20610	LTE CANT.NARANJO/ZARCERO-ZAPOTE	DVP-23-17- 0251	Rehabilitación
		20600	EL MURO,NARANJO-LTE CANT.NARANJO/ZARCERO	DVP-23-17- 0210	
2-1	1	50060	LA CRUZ- PEÑASBLANCAS	DVP-23-17- 0352	Rehabilitación
		50050	LTE CANT.LIBERIA/LACRUZ- LA CRUZ	DVP-23-17- 0222	
		50040	LIBERIA-LTE CANT.LIBERIA/LACRUZ		
2-3	152	50262	VILLARREAL-PLAYA TAMARINDO	DVP-23-17- 0339	Sobrecapa
	253	51090	LTE CANT.CARRILLO/LIBERIA(CRUCÉ FINCA MONTEGALAN)- PASEO NACASCOLO	DVP-23-16- 0049	
		51060	COMUNIDAD-LTE CANT.CARRILLO/LIBERIA		



Zona	RN	Sección de control		Oficio de aprobación	Tipo de Intervención
2-4	150	50651	CASITAS-BELÉN	DVP-23-17-0107	Rehabilitación
4-3	2	60001	CIUDAD NEILY-PASO CANOAS	DVP-23-17-0058	Sobrecapa
		60002	TE CANT.GOLFITO/CORREDORES-CIUDAD NEILY		
		60011	RIO CLARO-LTE CANT.GOLFITO/CORREDORES		
5-2	256	70710	HONE CREEK-PUERTO VIEJO	DVP-23-17-0311	Rehabilitación
		70720	PUERTO VIEJO-MANZANILLO		
6-1	751	20994	LOS CHILES-SAN JOSÉ DE AGUAS ZARCAS	DVP-23-17-0175	Rehabilitación
6-2	4	20722	SAN RAFAEL, GUATUSO-LTE CANT.GUATUSO/UPALA	DVP-23-17-0226	Sobrecapa

Fuente: CONAVI, 2017

En el siguiente mapa se ubican las rutas de los proyectos de los diseños de pavimentos revisados por el equipo auditor bajo el marco de la Licitación Pública 2014LN-000018-0CV00.

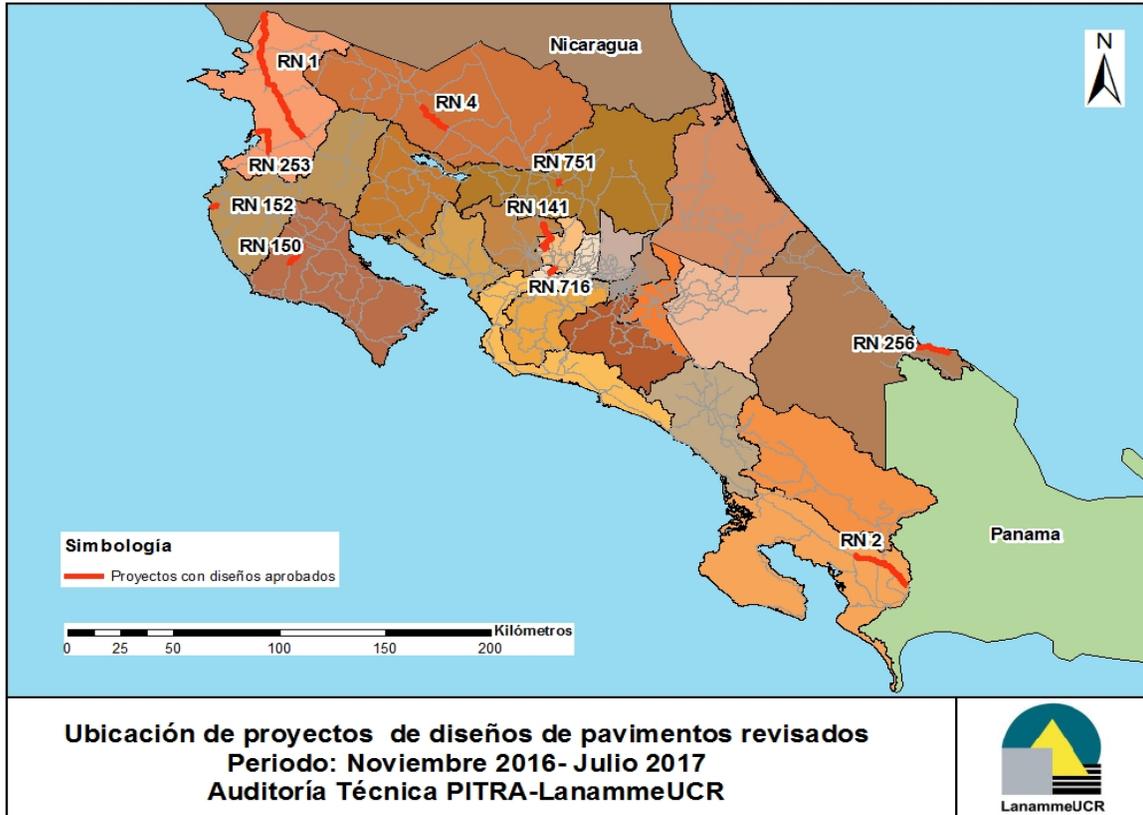


Figura 1. Ubicación de rutas de los diseños de pavimentos revisados bajo Licitación Pública 2014LN-000018-0CV00  
Fuente: UAT-LanammeUCR, 2017

## 6. DOCUMENTOS DE PREVALENCIA

Para el cartel de la Licitación Pública 2014LN-000018-0CV00 se define que los trabajos se deben realizar conforme las especificaciones técnicas especiales y las contenidas en los siguientes documentos contractuales:

- Especificaciones Especiales incluidas en el capítulo III
- Tomo de Disposiciones para Construcción y Conservación Vial
- Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes (CR-2010)
- Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993
- Oficio DVOP-5170-07
- Oficio DVOP-6152-07



## 7. ANTECEDENTES

Producto de los informes de auditoría técnica realizados en proyectos del CONAVI, se han detectado debilidades en la etapa de diseño de pavimentos y los estudios preliminares, razón por la que se considera necesario dar continuidad a los procesos de fiscalización en el tema del diseño de pavimentos.

Algunos de los informes realizados por la Unidad de Auditoría Técnica- PITRA del LanammeUCR a proyectos del CONAVI, en los que se han reportado deficiencias en el diseño estructural y en los estudios preliminares, son los siguientes:

En el informe LM-PI-PV-AT-29-04 *Sobre el Mejoramiento a los Accesos al Puente sobre el río Tempisque* se presentó como uno de los principales hallazgos la deficiencia en los estudios básicos que condujeron a inadecuados diseños del paquete estructural del pavimento, lo que generó efectos adversos en la etapa de construcción como aumentos en el plazo y en el monto original presupuestado.

En el informe LM-PI-PV-AT-02-05 acerca del *Proyecto de Conservación Vial de la General Cañas*, se detectó que los espesores en los dos carriles existentes en dicha ruta, luego de la modificación del número de carriles, no se fundamentan en un diseño que haya sido realizado específicamente para esta condición geométrica y para un periodo de diseño definido. Además, el tercer carril o carril de ampliación construido a lo largo de toda la autopista General Cañas no tuvo un diseño estructural que justificara técnicamente los espesores de las capas colocadas.

Por otro lado, en el informe LM-PI-PV-AT-08-05 acerca del *Proyecto de Conservación Vial de la Autopista Bernardo Soto*, se comunicó que los carriles construidos sobre la autopista Bernardo Soto no cumplen con los requisitos mínimos de capacidad estructural y regularidad superficial que debe tener una ruta nacional primaria. Se obtuvo, con el análisis de regularidad superficial, que el carril nuevo presenta peor condición de capacidad estructural que el carril viejo.

En el informe LM-AT-113-2008 *Mejoramiento de la Ruta Nacional N° 606 secciones: Carretera Interamericana-Guacimal y Santa Elena Monteverde*, se determina que no existe diseño estructural del pavimento en la Sección Interamericana-Guacimal previo inicio de la licitación.

Respecto al informe LM-PI-PV-AT-39-05, *Mejoramiento de la Ruta Nacional N° 34, Barú – Piñuela – Palmar Norte, Sección N° 1: Barú Piñuela (trabajos finales)*, en la observación 1, se tiene que previo a la contratación del proyecto no se realizó un

Informe LM-PI-AT-121-2017	Marzo, 2018.	Página 15 de 149
---------------------------	--------------	------------------



estudio de la condición de la capa de base estabilizada existente. Asimismo, en el número de informe LM-PI-PV-AT-55F-05, en la misma ruta, pero Sección N° 2: Piñuela - Palmar Norte, se registra que no hay evidencia de estudios preliminares, verificaciones, diseño estructural del pavimento ni planos constructivos, insumos necesarios para definir los trabajos contratados en la etapa final de este proyecto.

En el informe LM-AT-100-08 *Evaluación de la Rehabilitación de la Ruta 933 Zona 2-3 Sección de Control 50421 Huacas (R180) –Matapalo (Plaza), proyecto de Conservación Vial de la Red Vial Nacional*, se determinó que no se realizó el diseño de la rehabilitación del pavimento.

A partir de las observaciones del informe LM-PI-AT-051-13 *Evaluación de los Estudios Preliminares y Diseños para el Proyecto de Construcción de la Ruta Nacional No.4 Sección: Bajos de Chilamate – Vuelta de Kooper*, se obtuvo que el dato de Tránsito Promedio Diario (TPD) utilizado para definir la estructura del pavimento no tiene respaldo del soporte técnico. Además, el número estructural requerido en el proyecto es menor al número calculado, esto al realizar el análisis estructural utilizando datos actualizados de tránsito.

Además, se ha determinado en el informe LM-PI-AT-052-13 *Estudio Sobre los Requisitos Técnicos para la Contratación de los Diseños y Estudios Técnicos de los proyectos en las dependencias del CONAVI*, que los datos sobre demanda vehicular utilizados para el diseño de rehabilitaciones fueron obtenidos de la Dirección de Planificación Sectorial sobre el Tránsito Promedio Diario, la cual corresponde a nivel de red y no a nivel de proyecto.

## **8. AUDIENCIA DE LA PARTE AUDITADA PARA EL ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSIÓN PRELIMINAR**

De acuerdo con los procedimientos de esta auditoría técnica del PITRA-LanammeUCR, este informe en su versión preliminar LM-PI-AT-121B-17 fue remitido a la Administración el día 22 de enero de 2018 mediante oficio LM-AT-9-18, para que fuese analizado por parte de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes y la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes. A partir de esta fecha se le otorgó un plazo de 15 días hábiles a la Administración para que se refiriera al informe preliminar de forma escrita.

La presentación del informe se realizó el día 29 de enero de 2018 en las instalaciones del LanammeUCR, y fue dirigida a la parte auditada con el fin de que se conocieran con mayor claridad y se expusieran los puntos que se requirieran ampliar según el contenido del informe.



En la presentación participaron los ingenieros de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes de CONAVI: Sarita Monge Conejo, Eddy Baltodano Araya, Alexander Guerra Morán, las ingenieras de la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes: Sofía Rodríguez Lépiz y Gabriela Baltodano Vargas, además, de los auditores encargados del informe, Ing. Mauricio Salas Chaves, Ing. Sergio Guerrero Aguilera, Ing. Luis Diego Herra Gómez y la Ing. Wendy Sequeira Rojas MSc., coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica-PITRA LanammeUCR y el experto técnico Eliécer Arias quien colaboró con la auditoría realizada.

En la presentación oral del informe se acordó fijar un plazo máximo hasta el 12 de febrero de 2018 para la entrega del descargo por parte de la Administración de los hallazgos y observaciones planteadas en el informe.

El día 01 de febrero de 2018, se recibió el documento de descargo por parte de la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes, Oficio DVP-23-18-0056 emitido por la Ing. Sofía Rodríguez, Ing. Gabriela Baltodano Vargas e Ing. Edgar Salas Solís. Adicionalmente, el día 16 de febrero de 2018, se recibió el documento de descargo por parte de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, Oficio GSV-92-2018-0826 emitido por el Ing. Alexander Guerra Morán e Ing. Edgar May Cantillano.

En cumplimiento de los procedimientos de auditoría técnica y una vez recibidos los comentarios al informe preliminar se procedieron a analizar las observaciones realizadas en ambos descargos para emitir el presente informe LM-PI-AT-121-17 en su versión final, para ser enviado a las instituciones que indica la ley.

En el anexo del informe se adjuntan los oficios DVP-23-18-0056 de la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes, y GSV-92-2018-0826 de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes y el análisis del descargo realizado por el equipo auditor, donde se hacen las aclaraciones correspondientes.

## 9. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

Las observaciones declaradas por el equipo auditor en este informe, se fundamentan en: evidencias representativas, veraces y objetivas, respaldadas en la experiencia técnica de los profesionales de auditoría; el levantamiento en campo y el análisis propio de las evidencias.

Se entiende como “hallazgo de auditoría técnica”, un hecho que hace referencia a una normativa, informes anteriores de auditoría técnica, principios, disposiciones y buenas prácticas de ingeniería o bien, hace alusión a otros documentos técnicos y/o legales de orden contractual, ya sea por su cumplimiento o su incumplimiento.

Por otra parte, una “observación de auditoría técnica” se fundamenta en normativas o especificaciones que no sean necesariamente de carácter contractual, pero que

Informe LM-PI-AT-121-2017	Marzo, 2018.	Página 17 de 149
---------------------------	--------------	------------------



obedecen a las buenas prácticas de la ingeniería, principios generales, medidas basadas en experiencia internacional o nacional. Además, tienen la misma relevancia técnica que un hallazgo.

Por lo tanto, las recomendaciones que se derivan del análisis de las observaciones, podrán ser incluidas en la aplicación de acciones correctivas y preventivas, que adviertan sobre el riesgo potencial del incumplimiento.

## **SOBRE EL INCUMPLIMIENTO DE FRECUENCIA DE ENSAYOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE MATERIALES Y CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE CAPAS DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO**

### **HALLAZGO 1. SE APROBARON DISEÑOS DE PAVIMENTOS CON ENSAYOS INSUFICIENTES PARA CARACTERIZAR LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES EXISTENTES DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS SEGÚN EL CARTEL DE LICITACIÓN.**

En todo diseño de una estructura de pavimento se requiere el conocimiento básico de las características y resistencias o capacidades soportantes del suelo y capas existentes, de manera que estas sean tomadas en cuenta en el dimensionamiento del reforzamiento de la estructura de pavimento para resistir los esfuerzos y deformaciones generados por las cargas de tránsito durante su vida útil. Según lo anterior, se entiende la importancia de que el diseñador de pavimentos cuente con una adecuada caracterización de los materiales existentes, ya que la omisión de la realización de ensayos para esta caracterización podría incidir directamente en los resultados de los análisis del dimensionamiento del refuerzo estructural planteado.

El desarrollo de este hallazgo contempla debilidades e incumplimientos en relación con la realización de estudios básicos para la caracterización de los materiales existentes a considerar, mejorar o sustituir previos al diseño de pavimentos de rehabilitaciones y sobrecapas.

#### **Sobre la clasificación visual de sondeos**

De acuerdo con la revisión realizada todos los informes de diseño cumplieron con la frecuencia de sondeos establecida en el cartel de licitación a razón de un sondeo de espesores por kilómetro. Sin embargo, pese al cumplimiento de la frecuencia de sondeos, ninguno de los informes de diseños presentados por los laboratorios para la vigente licitación indicó dentro de su contenido, la una clasificación visual de los materiales extraídos.

Informe LM-PI-AT-121-2017	Marzo, 2018.	Página 18 de 149
---------------------------	--------------	------------------



Algunos de los ejemplos evidenciados en los informes muestran una adecuada cuantificación de los espesores encontrados en virtud de las capas de las estructuras existentes. Sin embargo, ninguno de los informes menciona las propiedades físicas de los materiales encontrados como el, color, forma y textura de agregados necesarios para generar una clasificación previa de los materiales existentes.

<b>ITP</b> INGENIERÍA TÉCNICA DE PROYECTOS		Ruta: <u>2</u>	Sección de control <u>SC 60011 SC 60002 SC 60001</u>	Provincia: <u>Puntarenas Zona Sur</u>				
Sondeo 10+000m SC.60011								
Tipo de capa	Espesor (cm)	No. 4 / No. 10 / No. 40 / No. 200	Límite líquido (%)	Índice de plasticidad (%)	Densidad seca máxima (kgm <sup>3</sup> )	% Humedad óptima	CBR (%)	Clasificación de suelos AASHTO
Capa Asfáltica	10.0							
Base granular	20.0	36/24/12/6,8	18,7	5,7	2265	5,8	112	A-2-4
Sub-base granular	130.0	17/12/5/2,8	22,7	4,4	2189	7,1	87	A-2-4
Subrasante Gris	-	87/82/74/50,3	50,6	27	1364	31,5	13,2	A-7-5/A-7-6

Figura 2. Informe ITP-1155-16(Sobrecapa RN2, SC 60111, 60002, 60001). Fuente ITP, 2016

	LGC INGENIERÍA DE PAVIMENTOS S.A. INFORME DE ENSAYO	Página: 3 de 36
		Nº Informe 01-507-2017

## ANEXO N° 1

### DATOS OBTENIDOS

Espesores obtenidos por medio de un muestreo a cielo abierto en la ruta correspondiente.

RUTA N°716  
INICIO: 0+000, FINAL 6+085

CAPA	ESPESORES (cm)									PERFIL CARACTERÍSTICO
	ESTACIÓN									
	0+250	1+100	1+500	1+900	3+000	3+500	4+100	5+000	5+950	
CARPETA ASFÁLTICA	8	6	6	7	6	6	6	5	7	6
SUBBASE GRANULAR	24	29	30	26	20	29	25	24	25	26
SUBRASANTE	∞									

Figura 3. Informe 01-507-2017(Rehabilitación 716, SC 21590 y 20210). Fuente LGC, 2017

En relación con la clasificación visual de los materiales extraídos el ítem M403 (1)A Diseño y rehabilitaciones de sobrecapas asfáltica menciona que

Informe LM-PI-AT-121-2017	Marzo, 2018.	Página 19 de 149
---------------------------	--------------	------------------



*Deberán indicarse los espesores de cada una de las capas sobre la subrasante, indicándose, además la clasificación visual de los materiales que se encuentren.*

Por lo tanto, los diseños que fueron aprobados no muestran dentro del contenido del informe una categorización visual de los materiales de acuerdo a lo establecido en la especificación.

Es criterio del equipo auditor que debe existir un registro fotográfico de los sondeos solicitados según la frecuencia de muestreo indicada en el cartel de licitación, de manera que estos permitan evidenciar la realización de los mismos en los estacionamientos descritos y a la vez permitan corroborar la clasificación visual de los materiales como lo establece el cartel de licitación.

### Sobre la caracterización de la subrasante

Se evidenció que 10 de los 13 diseños revisados, correspondientes a los diseños de rehabilitaciones y sobrecapas de las rutas nacionales desarrollados por los laboratorio ITP y OJM presentaron dentro de sus informes el registro de un único sondeo del material de subrasante por kilómetro. En la siguiente figura se muestra un registro de los ensayos de caracterización realizados a la subrasante donde solo evidencia la presencia de único sondeo por kilómetro.

ITP INGENIERÍA TÉCNICA DE PROYECTOS		Ruta:	152	Sección de control	50252	Provincia:	Guanacaste	
Sondeo 1 0+050								
Tipo de capa	Espesor (cm)	No. 4 / No. 10 / No. 40 / No. 200	Limite liquido (%)	Índice de plasticidad (%)	Densidad seca máxima (kg/m <sup>3</sup> )	% Humedad óptima	CBR (%)	Clasificación de suelos AASHTO
Capa Asfáltica	10.0							
Base granular	47.0	43/22/7/2.6	45.1	11.9	1817	15.5	41	A-2-7
Sub-base granular	30.0	34/21/10/4.7	N.P	N.P	2002	12.2	47	A-1-a / A-1-b
Subrasante	.	82/78/76/73.4	71.2	43.1	1595	19.0	1.2	A-7-5 / A-7-6

**Figura 4.** Informe ITP083-17(rehabilitación 152, SC 50252). Fuente ITP, 2017

Referente al número de sondeos por kilómetro de subrasante para el diseño de pavimentos el cartel de licitación en el ítem M403 (1)A Diseño y rehabilitaciones de sobrecapas asfáltica establece que:

***Caracterización del material de sub-rasante. A razón de tres sondeos por kilómetro para cada material identificado como sub-rasante,***

Informe LM-PI-AT-121-2017	Marzo, 2018.	Página 20 de 149
---------------------------	--------------	------------------



debiendo tomarse al menos un sondeo bajo la superficie de ruedo existente.

De acuerdo con lo anterior los informes de diseño anteriormente mencionados fueron aprobados pese a que presentaron incumplimientos en la frecuencia de sondeos de subrasante conforme al contenido presentado.

En contraste 3 de los 13 informes revisados, correspondientes al laboratorio LGC, sí se ajustaron al requerimiento contemplado en la especificación de 3 sondeos del material de subrasante por kilómetro, tal como se muestra en uno de los casos revisados.

	LGC INGENIERÍA DE PAVIMENTOS S.A. INFORME DE ENSAYO	Página: 7 de 47
		Nº Informe 01-842-2017

**TABLA N°4**  
 Método de ensayo para el Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad en agregados y suelos  
 (\*) "Ensayo Acreditado"  
 AASHTO T-89  
 AASHTO T-90

**Material Subrasante**

Característica	Muestra N°1 Est. 271+247			Muestra N°2 Est. 273+000			Muestra N°3 Est. 274+000			Muestra N°4 Est. 275+100		
	Límite Líquido	59	57	54	55	57	59	59	59	57	54	55
Índice Plástico	33	34	33	33	35	31	32	33	34	33	33	35
Clasificación AASHTO	A-7-	A-7-	A-7-									
	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

**Figura 5.** Informe 01-842-2017(rehabilitación 1 SC 50060). Fuente LGC, 2017

En relación con la frecuencia de sondeos de subrasante establecida en la especificación del ítem M403 (1)A, al tener nuestro país un perfil de suelos tan variable puede resultar limitada la caracterización del tipo de subrasante con tres sondeos en un mismo estacionamiento. Es criterio del equipo auditor que los sondeos de la subrasante que no son ejecutados debajo de la estructura de pavimento podrían realizarse de forma espaciada a lo largo del kilómetro, de modo tal que se tenga una idea más clara del tipo de suelo existente a intervenir, y a la vez permita establecer o detectar variabilidad o heterogeneidad del perfil del suelo que justifique la realización de más sondeos a solicitud de la Administración.

A manera de referencia a nivel internacional algunas normativas establecen frecuencias de sondeos de subrasante cada 300 m en proyectos de obra nueva (Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile, 2008). Si bien los diseños revisados corresponden a rehabilitaciones mayores y menores es importante que la



Administración valore el aumento en frecuencia de sondeos en rutas estratégicas de la Red Vial Nacional, de manera tal que se puedan generar diseños con mayores grados de confiabilidad de las propiedades de los materiales existentes.

Cabe mencionar que la nueva guía de diseño mecanístico-empírico CR-ME desarrollada por el LanammeUCR, establece 3 niveles de diseño asociados a la jerarquía de las rutas. Así por ejemplo en relación con la caracterización de la subrasante previo al diseño, en el Nivel 1 (rutas principales y autopistas) se considera la realización del ensayo de Módulo de Resiliencia, en el Nivel 2 (procedimiento estándar de diseños) se sugiere la utilización de ensayos de CBR, y en el Nivel 3 (rutas de bajo volumen) se considera la utilización de módulos típicos en función de la clasificación del suelo. Si bien la metodología de diseño mecanístico empírico CR-ME, no constituye el procedimiento de diseño actual para la rehabilitación de rutas, la Administración debe plantearse el reto de incorporar estos ensayos con el fin de migrar a una metodología de diseño que se acerque más a las condiciones y características propias de los materiales existentes en el país.

Adicionalmente, en relación con los ensayos de caracterización de la subrasante se evidenció que ninguno de los 13 informes de diseño evaluados presentaron el registro de la realización del ensayo de CBR en sitio, pese que todos presentaron los resultados de los ensayos de CBR del laboratorio.

El ítem M403 (1)A, en relación con los estudios básicos para la caracterización de la subrasante establece que :

*Caracterización del material de sub-rasante. Deberá determinarse la granulometría, límites de Atterberg, clasificación AASHTO, ensayo Próctor estándar, índice de soporte de California al porcentaje de compactación en sitio y al porcentaje mínimo de compactación requerido (91 %)*

Por lo tanto, es posible evidenciar que se han aprobado diseños de pavimentos de rehabilitaciones y sobrecapas bajo la contratación 2014LN-000018-0CV00 sin la realización del ensayo de CBR en sitio.

La omisión de este ensayo imposibilita la validación de los resultados de los ensayos de CBR obtenidos en laboratorio, lo cual podría generar valores alejados a las condiciones reales del material existente.



## HALLAZGO 2. SE EVIDENCIÓ LA APROBACIÓN DE DISEÑOS DE PAVIMENTOS CON INCUMPLIMIENTOS CARTELARIOS EN RELACIÓN CON LA FRECUENCIA DE ENSAYOS DE DEFLECTOMETRÍA PARA CARACTERIZAR LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO A INTERVENIR.

El diagnóstico realizado a los informes de diseño de pavimentos de la contratación 2014LN-000018-0CV00 permitió evidenciar que cinco de los doce diseños evaluados incumplieron con la frecuencia del ensayo de deflectometría establecida en el cartel de licitación para la caracterización estructural de la condición del pavimento a intervenir.

En la revisión realizada al contenido de los informes de diseño presentados por los laboratorios LGC (rehabilitación RN 1 y RN 716) y OJM (rehabilitación RN 141), se observó el registro de mediciones de deflectometría con frecuencia de espaciamiento cada 50 m en un único carril (o sentido) o en ambos carriles en el mismo estacionamiento. Sin embargo, no fue posible determinar por el equipo de auditor a cuál de las dos formas correspondió la realización de estos ensayos debido a la falta de claridad del contenido de los informes en relación con el registro de estas mediciones. En las siguientes figuras se muestran ejemplos del registro de información observado en dichos informes.

O. J. M. Consultores de Calidad y Laboratorios S.A.  
**DISEÑO DE PAVIMENTO**  
Oficio: E3 198-2016

Tabla No. 11: Desviaciones estándar utilizadas.

Estacionamiento	RESULTADOS RETROCALCULADOS		
	MAC MODULO	BASE GRANULAR MODULO	SUB RASANTE MODULO
	(PSI)	(PSI)	(PSI)
15+648	418,005.67	24,705.00	4,021.00
15+710	139,934.00	11,723.67	4,780.67
15+750	413,132.33	37,283.00	6,040.67
15+801	168,442.00	9,598.67	3,114.33
15+850	464,629.00	47,917.33	10,450.33
15+901	168,112.67	9,506.33	9,058.67
15+949	141,672.33	8,832.00	5,380.67
16+000	455,328.33	33,751.00	16,050.67
16+049	152,814.33	17,590.00	2,714.33
16+100	274,512.00	45,028.00	5,418.67
16+150	129,926.67	13,817.00	7,076.67
16+200	105,351.33	67,631.00	5,854.00
16+250	133,453.33	17,317.00	7,115.67
16+300	175,514.00	61,552.00	5,173.33
16+350	123,327.00	21,719.33	5,959.00
16+400	333,709.00	19,980.00	10,442.67
16+450	132,278.67	11,331.67	6,034.33
16+500	265,379.00	14,549.00	6,721.00
16+550	359,567.67	22,589.67	5,379.67

**Figura 6.** Frecuencia de deflectometría registrada en el Informe E3198-2016(rehabilitación RN141 SC 20610). Fuente OJM, 2017



 <b>LGC</b> INGENIERÍA DE PAVIMENTOS	<b>LGC INGENIERÍA DE PAVIMENTOS S.A.</b> INFORME DE ENSAYO	Página: 14 de 47
		Nº Informe 01-842-2017

**TABLA Nº 10**  
**NORMALIZACIÓN DE DEFLEXIONES PARA RETROCÁLCULO DE MÓDULOS**  
**DATOS INICIALES**

**Ruta 1, Sección de control 50060, 271+247 a 291+185**

NORMALIZACIÓN DE DEFLEXIONES PARA RETROCÁLCULO DE MÓDULOS														
DATOS INICIALES														
RUTA Nº1, SECCIÓN 50060														
RUTA	EST.	TEMP. PAV	TEMP. AIRE	FRESOR	CARGA	Deflexiones mm E-2							EVALUACION	
		(°C)	(°C)	kPa	kN	D1	D1 normalizada	D2	D3	D4	D5	D6		D7
						1	2	3	4	5	6	7		
1	0+000	26.67	28.90	514	36	209.70	190.43	141.83	111.83	81.83	60.20	45.50	19.7	1
1	0+050	35.40	45.37	502	35	227.03	201.35	159.00	119.00	79.00	64.23	48.30	19.9	2
1	0+100	26.67	28.90	502	35	230.70	204.61	160.00	120.00	83.00	65.23	49.30	20.9	3
1	0+150	35.53	45.50	506	36	220.33	196.75	149.40	119.40	79.40	63.63	47.50	20.3	4
1	0+200	26.67	28.90	506	36	223.00	199.13	155.00	120.40	81.30	64.63	48.50	21.3	5
1	0+250	35.33	45.30	502	35	221.80	196.71	148.67	118.67	78.65	63.63	47.77	20.1	6
1	0+300	26.67	28.90	502	35	225.13	199.67	149.67	119.67	79.67	64.63	48.77	21.1	7
1	0+350	35.73	45.47	509	38	225.57	202.79	156.30	118.30	78.25	63.40	47.93	20.5	8

**Figura 7.** Frecuencia de deflectometría registrada en el Informe 01-842-2017(rehabilitación RN1 SC 20610. Fuente LGC, 2017

Además en el caso del diseño de la rehabilitación de la Ruta Nacional 716, se evidenció el incumplimiento de la realización de los ensayos a lo largo de toda la longitud del proyecto, por lo que los ensayos fueron realizados parcialmente en solo sentido hasta el kilómetro 4+473 siendo la longitud del proyecto 6,805 km.

En la Figura 8 se observa que el último estacionamiento del reporte de los ensayos de deflectometría contenidos en el informe 01-507-2017 de la rehabilitación de la Ruta Nacional 716 corresponde al estacionamiento 4+473.



 LGC INGENIERÍA DE PAVIMENTOS S.A. INFORME DE ENSAYO	Página: 10 de 36
	N° Informe 01-507-2017

**CONTINUACIÓN TABLA N° 6**  
**NORMALIZACIÓN DE DEFLEXIONES PARA RETROCÁLCULO DE MÓDULOS**  
**DATOS INICIALES**  
**Ruta 716, Sección de control 21590, 20210, 0+000 a 6+085**

NORMALIZACIÓN DE DEFLEXIONES PARA RETROCÁLCULO DE MÓDULOS														
DATOS INICIALES														
RUTA N°716, SECCIÓN 20210														
RUTA	EST.	TEMP. PAV (°C)	TEMP. AIRE (°C)	FRESOR (kPa)	CARGA (kN)	Deflexiones µm							EVALUACION	
						D1	D1 normalizada	D2	D3	D4	D5	D6		D7
						1	2	3	4	5	6	7		
716	2+289	32.9	24.5	559	39	782.73	772.13	491.72	239.07	145.13	99.97	82.77	61.87	47
716	2+349	32.6	24.0	552	39	620.20	605.01	357.36	170.02	93.26	83.93	65.33	39.35	48
716	2+399	33.4	24.2	556	39	753.52	739.89	441.45	209.02	113.70	103.38	82.33	37.88	49
716	2+450	32.8	24.1	533	38	939.28	884.28	413.33	160.02	102.08	104.90	102.02	46.75	50
716	2+501	33.3	23.6	570	40	948.73	954.76	410.65	160.03	101.07	103.15	89.38	45.12	51
716	2+551	33.4	23.9	556	39	651.80	640.47	388.93	214.17	118.25	46.82	37.10	13.20	52
716	2+600	33.2	24.6	548	39	836.42	809.45	439.00	273.05	140.72	54.80	42.95	67.33	53
716	2+650	32.8	24.0	556	39	1136.00	1115.32	698.70	324.28	167.57	87.13	42.13	82.32	54
716	2+701	32.9	24.3	521	37	1118.70	1029.54	722.60	247.92	128.00	85.87	47.58	68.67	55
716	2+751	32.5	23.6	551	39	812.80	791.47	451.35	208.55	126.35	87.17	53.33	38.40	56
716	2+801	32.5	24.3	549	39	992.98	953.66	550.60	254.48	150.83	102.52	65.85	45.00	57
716	2+850	32.8	24.3	557	39	839.95	826.02	504.88	284.78	138.20	99.53	74.98	61.27	58
716	2+900	32.9	24.2	571	40	836.75	843.62	476.58	253.28	138.12	99.15	75.12	61.23	58
716	2+850	32.7	24.1	559	40	489.05	490.31	207.87	71.43	40.63	28.85	21.98	10.75	60
716	3+003	33.0	24.4	588	40	592.60	594.27	247.92	87.83	49.88	35.10	26.42	13.05	61
716	3+053	33.0	23.7	552	39	697.58	679.88	308.05	104.28	55.25	35.53	27.92	15.53	62
716	3+100	33.1	24.1	558	39	728.92	716.92	310.48	109.53	56.98	36.83	28.25	16.00	63
716	3+150	33.5	23.9	593	40	571.57	569.52	256.97	87.25	48.02	38.75	27.80	24.95	64
716	3+200	33.0	24.2	574	41	714.05	724.45	311.73	110.23	59.78	47.27	33.70	29.65	65
716	3+251	33.0	23.5	589	40	949.52	954.07	458.02	178.55	89.27	58.78	46.08	39.30	66
716	3+300	32.8	23.7	566	40	987.42	987.67	479.02	183.67	94.75	61.17	49.25	40.22	67
716	3+350	33.4	23.7	566	40	954.85	954.06	341.73	134.20	69.08	43.65	29.08	57.42	68
716	3+402	33.0	24.3	550	39	1159.30	1125.91	406.25	158.78	83.20	52.98	36.67	70.37	69
716	3+452	33.2	24.0	552	39	1084.85	1058.46	438.45	157.57	91.70	66.80	38.18	83.47	70
716	3+500	32.9	24.1	581	40	1050.58	1051.30	438.55	163.23	93.45	68.73	39.25	69.63	71
716	3+550	33.0	24.4	560	40	588.95	582.48	215.52	67.90	38.27	31.05	22.68	13.78	72
716	3+601	32.7	23.9	568	40	723.87	725.95	288.60	82.43	46.90	38.03	28.40	17.00	73
716	3+651	32.9	23.9	557	39	658.07	647.45	286.40	104.02	61.98	43.70	35.82	26.67	74
716	3+701	32.9	23.6	563	40	606.15	602.47	280.90	111.20	65.28	44.55	34.40	28.13	75
716	3+751	33.4	23.9	559	40	718.38	709.64	183.35	59.45	40.03	28.62	24.37	15.53	76
716	3+800	32.8	24.0	560	40	860.82	851.78	221.65	73.90	48.70	34.27	28.78	15.10	77
716	3+850	33.4	24.0	548	39	705.03	694.02	214.12	84.92	52.67	39.13	33.20	26.63	78
716	3+901	32.9	23.9	563	40	707.82	704.27	224.62	87.33	54.17	41.53	33.42	28.42	79
716	3+951	32.0	24.1	557	39	520.28	511.82	213.15	82.70	52.80	43.57	33.72	19.15	80
716	4+002	32.9	24.1	563	40	621.93	618.49	255.65	102.37	61.53	43.75	30.85	24.20	81
716	4+052	33.1	24.1	564	40	591.52	589.60	230.30	93.30	65.02	52.95	39.62	34.43	82
716	4+100	32.7	23.0	567	40	698.53	699.16	232.77	90.60	66.33	57.18	43.72	34.28	83
716	4+150	32.9	23.8	556	39	477.22	488.99	187.03	70.23	42.18	34.28	23.78	20.88	84
716	4+204	33.0	23.9	556	39	584.70	574.70	228.43	87.95	52.95	43.85	28.75	25.80	85
716	4+251	32.8	24.2	565	40	549.75	549.07	268.32	114.62	66.33	51.67	38.00	33.12	86
716	4+297	33.1	23.6	557	39	538.78	529.87	276.93	120.32	67.28	53.18	39.18	34.30	87
716	4+347	32.9	24.1	563	40	713.75	710.00	280.27	106.60	67.68	63.07	43.73	31.35	88
716	4+400	32.9	23.7	554	39	838.47	820.52	342.83	128.13	84.07	76.25	53.33	38.80	89
716	4+450	33.2	23.7	552	39	772.93	753.05	355.20	140.23	90.40	86.87	51.67	35.93	90
716	4+473	33.4	23.9	570	40	873.98	879.30	480.35	255.20	137.08	85.85	60.87	43.57	91

**Figura 8.** Registro de deflexiones. Informe 01-507-2017-LGC (Rehabilitación RN716 SC21590-20210). Fuente LGC, 2017.

Un aspecto positivo del análisis del cartel de la licitación 2014LN-000018-0CV00 es la incorporación de la frecuencia de medición de deflectometría a nivel de proyecto. Previamente se había señalado mediante el informe LM-PI-AT-052-13, que el ítem M403 (1) no contemplaba dentro de sus especificaciones la definición del espaciamiento de medición de deflectometría en los carteles de la licitación pública No.2009LN-000003-CV y la contratación directa 2014CD-000140-0CV00, quedando a criterio del diseñador la selección de la frecuencia de medición. Lo anterior indujo al



error por parte de los diseñadores del uso de valores de deflectometría a nivel de red en su momento. Sin embargo, en el presente cartel dicho aspecto fue subsanado. Por lo tanto, en relación con la frecuencia de los ensayos de deflectometría el cartel de licitación 2014LN-000018-0CV00 establece que:

*"Para diseño de rehabilitaciones y refuerzos estructurales, se deben realizar **mediciones de deflexiones cada 50 m** sobre la huella externa de cada carril o sentido."*

Según lo anterior, los diseños previamente señalados correspondientes a las intervenciones por realizar en las rutas nacionales 1,141 y 716 fueron aprobados sin el cumplimiento del requerimiento asociado a la frecuencia de deflectometría establecido en el ítem M403 (1)A Diseño y rehabilitaciones de sobrecapas asfálticas.

La importancia de la realización de una evaluación de la condición estructural del pavimento con frecuencias de medición a nivel de proyecto cada 50 m por sentido, radica en una adecuada caracterización de las propiedades mecánicas de los materiales existentes. Lo anterior permitirá al diseñador contribuir a la definición del tipo de intervención a realizar en la ruta de interés con base en las condiciones estructurales propias del pavimento a nivel de proyecto, generando a la vez diseños más ajustados a las necesidades de la ruta y optimizando los recursos de la Administración.

Además de una evaluación estructural del pavimento, se debe realizar de forma paralela una adecuada auscultación visual de la condición de la ruta fundamentado en metodologías previamente establecidas, de manera tal que estos dos aspectos puedan ser superpuestos con el fin de identificar y corroborar secciones de las rutas con debilidades. A la vez estos dos aspectos servirán de herramientas o criterios de decisión para los diseñadores en el desarrollo del dimensionamientos de las estructuras de pavimentos empleadas como rehabilitaciones y sobrecapas.

Por otro lado, la realización de un menor número de mediciones de deflectometría, de acuerdo a lo establecido en el cartel de licitación, incide directamente en un incremento de la incertidumbre y variabilidad en los procesos de caracterización de la ruta por secciones homogéneas, así como en el procedimiento de retrocálculo para la estimación de los módulos de rigidez de los materiales existentes, lo cual induciría a posibles errores en el dimensionamiento de espesores de las intervenciones.



### HALLAZGO 3. SE EVIDENCIARON DEBILIDADES EN LA CARACTERIZACIÓN DE LOS TIPOS DE DETERIOROS QUE PRESENTARON LAS RUTAS A INTERVENIR

La revisión de los diseños de pavimentos de la contratación 2014LN-000018-0CV00 permitió evidenciar que la descripción de la condición de la ruta, realizada por los laboratorios de diseño presenta debilidades en relación con la caracterización de los deterioros existentes en las rutas a intervenir.

A manera general se evidenció que todos los diseños realizaron una descripción general de la condición de la ruta, donde se mencionaron los tipos de deterioros más representativos de las rutas de análisis con su archivo fotográfico respectivo, y en algunos de los casos examinados, una descripción breve de la severidad de los mismos.

Sin embargo, en ninguno de los informes se realizó un análisis detallado de la longitud y severidad de los deterioros registrados mediante una cuantificación o resumen de la condición de la ruta fundamentada en una metodología con criterios ingenieriles. En las siguientes figuras se muestran algunos ejemplos de los extractos de los informes que ejemplifican la condición de las secciones examinadas.

	LGC INGENIERÍA DE PAVIMENTOS S.A. INFORME DE ENSAYO	Página: 5 de 73
		Nº Informe 01-469-2017

#### PRINCIPALES TIPOS DE DETERIORO

El pavimento presenta actualmente deformaciones considerables en la carpeta asfáltica. Lo anterior ocurre en todo el tramo en evaluación por cuanto ha sido necesario practicarle un bacheo denso en gran parte del pavimento en estudio. El deterioro se evidencia por la gran cantidad de bacheos que se encuentran presentes, además cuero de lagarto. Además, es necesario recalcar que esta es una ruta alterna que constantemente a lo largo del año, sufre un cambio repentino en el porcentaje de tránsito pesado por lo que su vida útil se ha sobrepasado.



	<p>LGC INGENIERÍA DE PAVIMENTOS S.A. INFORME DE ENSAYO</p>	<p>Página: 54 de 73 Nº Informe 01-469-2017</p>
---	--	--

**ANEXO Nº 11**  
**FOTOGRAFÍA**



**Figura 9.** Descripción de principales deterioros Informe 01-469-2017-LGC (rehabilitación RN1 SC 50040-50050). Fuente LGC, 2017

*"Con respecto al estado actual de la superficie de ruedo (capa asfáltica), se observó un leve a severo deterioro del pavimento desde el punto de vista estructural y funcional, respectivamente. Desde el punto de vista estructural, fue posible identificar algunas zonas aisladas con niveles de agrietamiento por fatiga con una severidad baja posiblemente producto de la pérdida de durabilidad que ha sufrido la capa asfáltica durante los años combinado con las repeticiones de carga que gobiernan dichas secciones de control. Es importante destacar que dichos agrietamientos no representan un defecto consistente en todo el tramo evaluado y únicamente fue detectado en zonas muy puntuales por lo que también podría asociarse a un problema de infiltración de aguas de escorrentía en las capas granulares y su posterior pérdida de capacidad de soporte en zonas puntuales. A pesar de esto, se pudo evidenciar que en general, el tramo evaluado se encuentra en condiciones estructurales aceptables. En contraste, se identificó una gran cantidad de bacheos en regular estado que han producido una pérdida de regularidad superficial significativa del camino, así como una serie de depresiones aisladas, producto quizás de una pérdida de soporte de las capas granulares debido a la intrusión de aguas de escorrentía a través de grietas que inicialmente surgieron en la capa asfáltica. De igual forma, se evidenciaron agrietamientos longitudinales debidamente sellados, como parte de labores de preservación aplicadas sobre dicho tramo en años anteriores. Con base en los sondeos realizados, se pudo evidenciar que la estructura presenta una robustez o "cuerpo" suficiente para continuar brindando protección a la sub-rasante existente. Sin embargo, la capa asfáltica a nivel superficial presenta un nivel de deterioro funcional importante y por lo tanto, el perfilado parcial de dicha capa (5,0 cm) y la posterior colocación de una sobre-capa asfáltica representarían una estrategia adecuada para mantener la capacidad estructural del pavimento*



existente pero sobretodo, mejorar la regularidad superficial del camino, la cual actualmente, es deficiente. Las siguientes figuras muestran la evidencia."

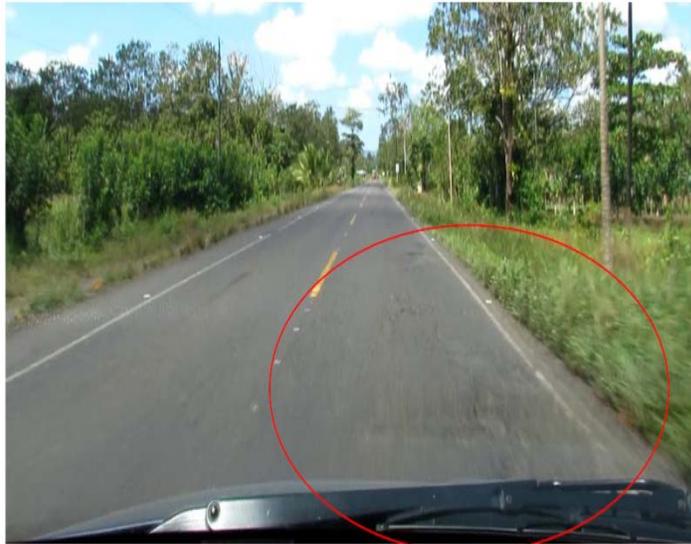


Figura 2: Superficie de rueda RN 4 SC 20721 con depresiones aisladas (carril derecho)

Figura 10. Descripción de principales deterioros Informe ITP-206-17 (Sobrecapa RN4 SC 20721). Fuente ITP, 2017

Descripción del deterioro: En la gira al tramo de en estudio de la ruta 141 se detectaron sectores con desprendimiento superficial de los agregados, agrietamientos longitudinales

O. J. M. Consultores de Calidad y Laboratorios S.A.

DISEÑO DE PAVIMENTO

Oficio: E3 198-2016

Condición de la ruta



Figura 11. Descripción de principales deterioros Informe E3198-2016(rehabilitación RN141 SC 20610). Fuente OJM, 2017



Precisamente sobre este aspecto, la revisión del contenido del cartel de licitación permitió afirmar que no existe una metodología definida en el documento cartelario que sirva de guía a los diseñadores en la caracterización y cuantificación de los deterioros de las rutas que se van intervenir. Razón por la cual se evidenció la falta de estandarización en el contenido del apartado sobre la descripción de la condición de las rutas analizadas en los informes de diseño.

En relación con la descripción de la condición de la ruta el ítem M403 (1)A Diseño y rehabilitaciones de sobrecapas asfálticas del cartel de licitación menciona que:

*"Descripción del proyecto: ruta, sección de control, **descripción de principales tipos de deterioro (indicando severidad y extensión), longitud, desglose de composición vehicular y tránsito promedio diario, tasa de crecimiento vehicular**".*

Por lo tanto, si bien todos los informes presentaron dentro de su contenido alguna descripción general de los deterioros presentes en la ruta, es criterio del equipo auditor que el contenido de los informes en relación con esta sección no satisface los requerimientos contemplados en la especificación del ítem M403 (1)A en cuanto a la extensión y severidad de los deterioros presentados en cada una de las rutas.

Se evidenció además que los diseños de pavimentos E3 198-2016 (Sección de control 20610) y E4 194-2016 (Sección de control 20600) correspondientes a la rehabilitación de la Ruta Nacional 141 y aprobados mediante los oficios DVP-23-17-0251 y DVP-23-17-0210 respectivamente, presentaron para la descripción de la condición de la ruta las mismas fotografías del estado de la vía previo al diseño, pese a ser distintas secciones de control tal como se muestra en algunas de las fotografías extraídas de ambos informes.



O. J. M. Consultores de Calidad y Laboratorios S.A.

**DISENO DE PAVIMENTO**  
Oficio: E3 198-2016

Condición de la ruta



O. J. M. Consultores de Calidad y Laboratorios S.A.

**DISENO DE PAVIMENTO**  
Oficio: E4 194-2016

Condición de la ruta



**Figura 12.** Descripción de principales deterioros Informes E3198-2016(rehabilitación RN141 SC 20610. Fuente OJM, 2017

Lo anterior permite afirmar que en el caso evidenciado no existió una adecuada caracterización de la condición de la ruta ya que, se incorporaron parte de las fotografías correspondientes a otras secciones de control distintas a la sección de control en la cual se desarrolló el diseño.

Es importante mencionar que una inadecuada cuantificación y categorización de los deterioros existentes en la vía constituye un potencial riesgo para el diseñador, ya que la no contabilización de deterioros puntuales podría incidir de forma directa en el desempeño y durabilidad de las estructuras propuestas en los diseños de pavimentos.

Adicionalmente, una descripción limitada de la condición de la ruta podría representar para la Administración imprevistos desde la fase de diseño, que a la vez representarían atrasos en los procesos de ejecución de obra así como incrementos en los costos originales de los proyectos de mantenimiento, lo cual corresponde a un obstáculo en el proceso de planificación de los contratos de mantenimiento de la red vial nacional.

Informe LM-PI-AT-121-2017	Marzo, 2018.	Página 31 de 149
---------------------------	--------------	------------------



Con el fin de homologar el requerimiento de la descripción de los principales tipos de deterioro del ítem M403 (1)A Diseño y rehabilitaciones de sobrecapas asfálticas, se recomienda a la Administración la implementación del Manual de Auscultación Visual de Pavimentos de Costa Rica (MAV-2014), como una metodología nacional homogénea y sistematizada de los criterios de auscultación para el diagnóstico imparcial, objetivo y técnicamente sustentado en la evaluación de los pavimentos de Costa Rica. De manera que su aplicación facilite la planificación y prevención de riesgos para la Administración, de la recuperación y conservación de la red vial nacional, mediante diseños suficientemente fundamentados en la condición visual de las rutas de la red vial nacional.

## **SOBRE LA ESTIMACIÓN DEL TRÁNSITO DE DISEÑO EN EL DIMENSIONAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS PARA REHABILITACIONES**

### **OBSERVACIÓN 1. SE UTILIZARON TASAS DE CRECIMIENTO VEHICULAR SIN CONSIDERAR LA CAPACIDAD DE LAS RUTAS INTERVENIDAS DE ACUERDO AL PERIODO DE DISEÑO.**

Uno de los aspectos observados por el equipo auditor a cargo del presente informe, fue que la metodología empleada para calcular el tránsito promedio diario (TPD) en los diseños de rehabilitaciones y sobrecapas analizados no considera la capacidad de cada una de las rutas, ya que se evidenció que la proyección del TPD en estos diseños sigue un crecimiento con una tendencia geométrica, donde se utilizó la siguiente ecuación para tal estimación.

$$TPD_{año\ f} = TPD_{año\ 0}(1 + r)^i \quad (1)$$

Donde:

$TPD_{año\ f}$  = TPD al año final

$TPD_{año\ 0}$  = TPD al año cero

$r$  = tasa de crecimiento

$i$  = periodo de diseño en años

El cartel de licitación que regula los diseños analizados (2014LN-000018-0CV00), en las especificaciones del ítem M403 (3) Diseño de rehabilitaciones y sobrecapas asfálticas, no restringe la proyección del tránsito promedio diario mediante la metodología empleada por los contratistas (tendencia geométrica), pues indica que tanto los informes para rehabilitaciones como para sobrecapas asfálticas deben incluir al menos el TPD y tasa de crecimiento vehicular. Sin embargo, no se indica a qué periodo corresponde el TPD que hay que reportar, ni cómo debe obtenerse.

Informe LM-PI-AT-121-2017	Marzo, 2018.	Página 32 de 149
---------------------------	--------------	------------------



En otro orden de ideas, si se parte del hecho que el cartel de licitación 2014LN-000018-0CV00 señala que el diseño de rehabilitaciones y sobrecapas debe realizarse según la metodología AASTHO 93, podría inferirse que este cartel sugiere que la proyección de flujos debe realizarse mediante la tendencia geométrica referida en la ecuación (1), pues AASTHO 93 recomienda el uso del factor total de crecimiento (ver ecuación [2]) para la proyección del tránsito. Dicho factor no es más que la convergencia numérica de una sumatoria de ecuaciones de tendencia geométrica evaluadas en cada uno de los años que conforman el periodo de diseño.

$$GY = \frac{(1+r)^Y - 1}{r} = \sum_{i=0}^{Y-1} (1+r)^i \quad (2)$$

Donde:

$r$  = tasa de crecimiento

$Y$  = Periodo de diseño en años

Sobre este tema, otro de los aspectos que llamó la atención de esta auditoría, fue que las tasas de crecimiento y los TPD base empleados para proyectar el tránsito a futuro en los diseños analizados se tomaron directamente de los anuarios de tránsito, que son emitidos por la Secretaría de Planificación Sectorial del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT).

En una reunión llevada a cabo el jueves 9 de noviembre de 2017 con personal de esta secretaría de planificación, se comentó que el porcentaje de crecimiento indicado en los anuarios de tránsito se calcula como un promedio de los porcentajes de crecimiento correspondientes a diez años consecutivos, medidos a partir del año en que se reportó el último TPD, de acuerdo con la curva logística asociada a cada una de las estaciones. Esto permite proyectar de una manera menos sesgada, mediante una tendencia de crecimiento geométrica, los valores de TPD a futuro en un plazo máximo de diez años.

Sin embargo, en la revisión de diseños realizada y de acuerdo con lo estipulado en el cartel de licitación, los diseños analizados proyectan el tránsito hasta periodos que superan los 20 años, utilizando las tasas de crecimiento contenidas en los anuarios de tránsito. Lo anterior, considerando la metodología que hay detrás del cálculo de estas tasas de crecimiento, no permite estimar de manera adecuada el TPD a futuro de una carretera.

Por lo tanto, es criterio de esta auditoría que la estimación del TPD en proyectos de rehabilitación y sobrecapas, por su importancia y costo, debe realizarse a partir de una



proyección mediante curva logística. Este tipo de proyección permite acotar el TPD final de la carretera a un valor máximo posible igual a su capacidad, permitiendo garantizar que la carretera no será diseñada para un flujo superior a su capacidad y evitando la probabilidad de sobrediseñar estructuras de pavimento.

Adicionalmente, y contrario a la proyección de flujos a partir de una tendencia geométrica, la proyección mediante curva logística no considera una tasa de crecimiento constante, sino que más bien esta tasa varía en función de la cercanía de la capacidad de la carretera al flujo de saturación, siendo los porcentajes de crecimiento bajos, para carreteras con TPD cercanos a su capacidad. Esto permite reflejar de una forma más acertada el comportamiento real de los usuarios, pues se puede esperar que una menor cantidad de “nuevos” usuarios estén dispuestos a transitar sobre una carretera cuya relación volumen/capacidad sea cercana a 1.

Por último, sobre la validez de la información contenida en los anuarios de información de tránsito, la Secretaría de Planificación Sectorial de MOPT establece lo siguiente:

*“La información que se expone en este documento, ha sido tomada de una base de datos formada por el Proceso de Planificación Estratégica Multimodal de Servicios de Infraestructura y Transporte, de la Secretaría de Planificación Sectorial; donde el objetivo fundamental en el uso de esos datos es la planificación estratégica de largo plazo. De ahí radica la importancia de aclarar que el uso específico por parte del usuario final de estos datos suministrados para labores de diseño estructural, diseño funcional, análisis económicos y financieros, u otros análisis con necesidad de mayor nivel de detalle (por ejemplo a nivel de proyecto u otros), queda exclusivamente a criterio de éste. En esos casos es posible que sean necesarios estudios más extensivos y específicos por parte del interesado o usuario final, para mejorar la precisión de los estimados de tránsito.*

*La Secretaría de Planificación Sectorial no se hace responsable del uso posterior o final de la información aportada, ni de los resultados de procesos posteriores, ya que es responsabilidad del usuario final revisar la información y determinar de acuerdo a su propio criterio si cumple con los requerimientos para ser incluida en el análisis o estudio a efectuar. De no cumplir, se recomienda que el usuario gestione los datos al nivel de detalle que requiere.”*  
(Lo subrayado no corresponde al texto original)

Fuente: MOPT, 2016

A partir de la referencia expuesta en el párrafo anterior, queda claro que la información contenida en los anuarios de tránsito no fue concebida para su uso en el diseño de carreteras, por tanto, se deja a juicio del usuario final su validez y necesidad de

Informe LM-PI-AT-121-2017	Marzo, 2018.	Página 34 de 149
---------------------------	--------------	------------------



estudios complementarios para su implementación en el diseño de rehabilitaciones y sobrecapas.

De este modo, es criterio de esta auditoría que la Administración debe emitir lineamientos claros en los contratos de conservación vial, con tal de que se puedan calcular con mayor exactitud las proyecciones de tránsito en el diseño de rehabilitaciones y sobrecapas, y así obtener diseños más adecuados a las necesidades de cada una de las rutas. De lo contrario, serán los contratistas quienes basados sus criterios decidan como conviene proyectar el tránsito para el diseño de estructuras de pavimento, que como se evidenció en el presente informe, para ninguno de los diseños analizados se realizaron estudios adicionales de tránsito.

## OBSERVACIÓN 2. SOBRE LA UTILIZACIÓN DE FACTORES DE CAMIÓN DESACTUALIZADOS EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA REHABILITACIONES Y SOBRECAPAS.

A partir de la revisión de diseños realizada en el presente informe, se evidenció que los factores camión empleados por los contratistas para el diseño de rehabilitaciones y sobrecapas asfálticas se encuentran desactualizados y su uso responde al cumplimiento del oficio DVOP-5170-07, que sobre este aspecto señala lo siguiente:

*“Los factores camión para la estimación de ejes equivalentes simples de 8.2 toneladas de diseño serán determinadas de acuerdo con la Tabla 2. En general se deberán aplicar los factores promedio, salvo mejor criterio del diseñador, que deberá indicar las razones para aumentar o disminuir los factores camión correspondientes. Para vehículos no contemplados por la Tabla 2 se podrán considerar otros factores camión, indicando en cada caso la referencia o el criterio técnico.*”

Tabla 2. Factores camión para diseño estructural.

Vehículo	Factor camión		
	Mínimo	Máximo	Promedio
Pick - up	0,01	0,02	0,01
C2 - Eje simple trasero	0,01	0,07	0,26
C2 - Eje tándem trasero (*)	0,26	0,63	0,47
C3	0,99	1,28	1,1
Bus	1,25	2,29	1,71
T3 - S2	1,51	2,38	1,71

*(\*) De no contarse con elementos para separar entre camiones C2 con eje simple trasero y C2 con eje tándem trasero, se considerarán todos como camiones C2 de eje tándem trasero.*

*Fuente: LANAMME, Encuesta de carga: Informe final, San José, Cota Rica, julio de 2007.”*

MOPT, 2007



Este oficio, como se muestra en la referencia anterior, hace alusión al uso de factores camión calibrados en el año 2007 a partir de una encuesta de carga y contiene tres columnas con valores mínimos, máximos y promedios de factores camión, recomendándose el uso de los valores promedio, salvo mejor criterio del diseñador. En la presente auditoría, se observó que conservadoramente la mayoría de diseños analizados se basaron en los factores camión máximos (ver Tabla 3) y en ninguno de los casos se justificó mediante pesajes, calibraciones o criterios objetivos la necesidad de utilizar estos valores.

**Tabla 3.** Factores camión utilizados, según el oficio DVOP-5170-07, para el diseño de los proyectos analizados

Ruta Nacional	Sección de control	Tipo de intervención	Promedio	Máximo
1	50060	Rehabilitación	-	✓
1	50040 y 50050	Rehabilitación	-	✓
2	60001 y 60002	Sobrecapa	-	✓
4	20721	Sobrecapa	-	✓
141	20610 y 20600	Rehabilitación	✓	✓
150	50651	Rehabilitación	-	✓
152	50262	Sobrecapa	-	✓
253	51060 y 51090	Sobrecapa	-	✓
256	70710 y 70720	Rehabilitación	-	✓
716	21590	Rehabilitación	✓	-
751	20994	Rehabilitación	-	✓

Nota: En el diseño de la rehabilitación de la Ruta Nacional 141 se consideran para algunos vehículos factores camión promedio y para otros factores camión máximos según el oficio DVOP-5170-07.

Se debe tener claro que los factores camión son parámetros que permiten cuantificar el daño de un determinado tipo de vehículo en términos de ejes equivalentes de diseño, por lo tanto, su magnitud es proporcional al espesor de la estructura de pavimento y al peso de los vehículos que transitan sobre la carretera, de ahí la importancia que la Administración recomiende el uso de factores camión actualizados que puedan ser representativos de las condiciones de tránsito de las Rutas Nacionales.

Como alternativa a los factores camión especificados en el oficio DVOP-5170-07, el LanammeUCR publicó factores camión calibrados para el año 2011<sup>1</sup>, con la diferencia que estos factores en lugar de haber sido obtenidos a partir de una encuesta de carga se calibraron mediante una base de datos de estaciones de pesaje que considera un registro de pesos entre los años 2008 y 2011. Por lo tanto, los factores camión publicados en 2011 permiten estimar de mejor manera el daño producido por cada vehículo.

Por otra parte, en la Tabla 4 se muestran los factores camión calibrados más recientemente por la Unidad de Gestión Municipal del LanammeUCR, estos factores

<sup>1</sup> Mediante el oficio LM-PI-GM-INF-16-14



serán publicados de manera oficial el primer trimestre del 2018 y fueron determinados a partir de un registro de pesos vehiculares en estaciones de pesaje que abarca un periodo entre el año 2008 y noviembre del 2017.

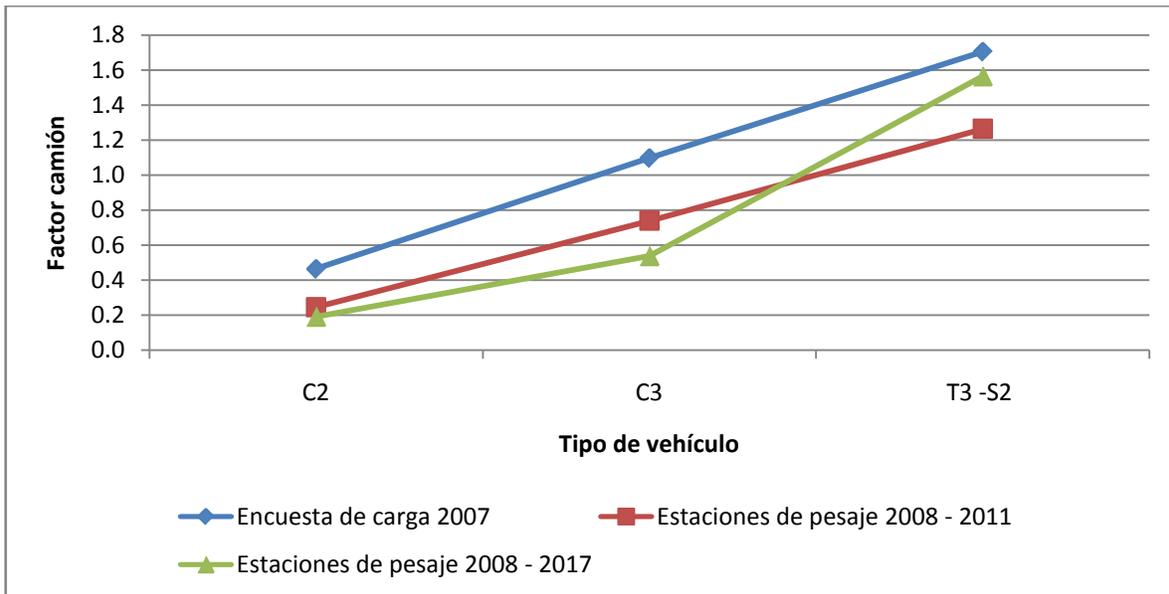
**Tabla 4.** Factores Camión según la información disponible para el LanammeUCR al mes de diciembre del 2017

Estación de pesaje	Sentido de circulación	C2		C3		C4		T3 -S2		T3 - S2	
		Prom.	Desv. Est.	Prom.	Desv. Est.	Prom.	Desv. Est.	Prom.	Desv. Est.	Prom.	Desv. Est.
Búfalo, Limón	San José - Limón	0,22	0,07	0,59	0,12	1,18	0,20	1,69	0,16	2,03	0,18
	Limón - San José	0,18	0,06	0,52	0,14	0,42	0,24	0,76	0,08	0,91	0,09
Ochomogo	San José - Cartago	0,19	0,03	0,51	0,10	0,79	0,17	0,90	0,10	1,48	0,08
	Cartago - San José	0,16	0,03	0,61	0,13	0,84	0,14	1,21	0,13	1,86	0,27
Cañas	Cañas - San José	0,21	0,06	0,46	0,14	0,44	0,19	1,07	0,23	1,54	0,11

Fuente: LanammeUCR, 2017

A partir de esta tabla, y considerando los factores camión calibrados para los años 2007 y 2011, en la Figura 12 se ilustra la evolución en el tiempo de los factores camión promedio en Costa Rica correspondientes a los vehículos tipo C2, C3 y T3 – S2<sup>2</sup>, donde se evidencia que para todos los casos los factores camión promedio calibrados a partir de la encuesta de carga de 2007 son mayores. Por lo tanto, a criterio de esta auditoría, no se justifica el uso de los valores máximos de factor camión mostrados en la Tabla 3, pues su aplicación no se ajusta a la realidad de las carreteras y tránsito del país.

<sup>2</sup> Cabe destacar que en la Figura 13 solo se analizaron los tres tipos de vehículos para los cuales se tenía información conjunta sobre factores camión correspondientes a los años 2007, 2011 y 2017.



**Figura 13.** Factores camión comportamiento histórico. Fuente: LanammeUCR

Así las cosas, en la presente observación se busca resaltar la importancia de que los diseños de pavimentos cuenten con factores camión actualizados y que representen las condiciones de carga que realmente transitan sobre el pavimento que se está diseñando, con el objetivo de que no se construyan estructuras que vayan a durar menos de lo previsto, o por el contrario, se sobrediseñen las estructuras de pavimentos.

### **SOBRE LA TRAMIFICACIÓN DE LA RUTA EN SECCIONES HOMOGÉNEAS PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO DE ACUERDO A LAS NECESIDADES ESTRUCTURALES DE LAS INTERVENCIONES**

#### **OBSERVACIÓN 3. SE EVIDENCIARON OPORTUNIDADES DE MEJORA EN LA TRAMIFICACIÓN DE LA RUTA EN SECCIONES HOMOGÉNEAS PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS EN REHABILITACIONES Y SOBRECAPAS.**

Se evidenció que la totalidad de los informes de diseños de las rutas evaluadas no consideraron el seccionamiento por tramos homogéneos de acuerdo a la condición estructural de las vías.

La evaluación de los diseños de las rehabilitaciones de pavimentos y sobrecapas asfálticas permitió evidenciar que las propuestas de los diseños planteadas no contemplaron el dimensionamiento de estructuras de pavimentos según la necesidad estructural a lo largo de las secciones de control. Por lo cual, se diseñó una única estructura de pavimento en cada una de las propuestas según el periodo de diseño



para cada sección de control, independientemente si la ruta presentaba heterogeneidad a lo largo de la sección de control en relación con la condición estructural y tipo de estructuras existentes.

El único parámetro considerado indirectamente en el seccionamiento de las rutas de análisis fue el tránsito promedio diario, ya que al utilizar datos del anuario de tránsito del MOPT como parámetro de diseño no se presentaban variaciones en el mismo al ser una misma sección de control, sin embargo esto tampoco fue anotado por ningún diseñador en sus informes como criterio de seccionamiento.

En relación con el seccionamiento por tramos homogéneos, el ítem M403 (1)A Diseño y rehabilitaciones de sobrecapas asfálticas estable que:

*Segmentación de la sección de pavimento en tramos homogéneos, indicando los criterios para la diferenciación, así como los estacionamientos de los diversos tramos homogéneos. Los criterios de segmentación a considerar son:*

- a) deflexiones (sea medidas con viga Benkelman o con deflectómetro de impacto)*
- b) tránsito promedio diario y/o distribución vehicular,*
- c) características geométricas o topográficas del pavimento (zonas de corte o relleno, ancho de la calzada, entre otras).*

Según lo anterior, si bien los diseños contemplaron indirectamente el seccionamiento por tránsito promedio diario, es criterio del equipo auditor que el seccionamiento de las rutas para el diseño de pavimentos no debe contemplar únicamente el tránsito promedio diario como único parámetro de criterio para la tramificación de la ruta.

Se considera como una oportunidad de mejora de la especificación del ítem M403 (1) establecer como requisito obligatorio el análisis por tramos homogéneos, ya que la misma especificación establece tres criterios de diseño, sin embargo la misma normativa cartelaria no establece como obligatorio el uso de la condición estructural (deflexiones) como criterio del seccionamiento de las ruta de diseño. Referente a este último aspecto, llama la atención del equipo auditor, la omisión de la realización de tramos homogéneos por condición estructural del pavimento ya que es que el mismo cartel de licitación solicita la realización de una evaluación estructural a nivel de proyecto con ensayos de deflectometría cada 50 m por sentido o carril, sin embargo esta información que permite caracterizar la condición estructural de la vía según su condición, no es contemplada para el seccionamiento de las rutas.



La implicación de la omisión del análisis por tramos homogéneos según la condición estructural de las vías implica desde el punto de vista de técnico la posibilidad de secciones de carretera con estructuras el sobrediseñadas o subdiseñadas, lo cual a la vez podría generar ineficiencia en la inversión realizada en el mantenimiento de la red vial nacional.

Por otra parte, en los diseños también se evidenciaron otros tipos de análisis donde a pesar de que se identificaron secciones con diferentes necesidades estructurales no consideraron el seccionamiento en tramos homogéneos en las estructuras de pavimentos propuestas en el diseño. Tal es el caso de los informes de diseño de las sobrecapas asfálticas de las rutas nacionales 2, 4 y 253. En estos informes se desarrolló un análisis técnico por número estructural completo, a partir del cual se determinaron los espesores de capa asfáltica necesarios como refuerzo estructural para cada uno de los estacionamientos evaluados. Sin embargo, pese a la realización de este análisis, solo se consideró la condición más crítica de diseño a lo largo de toda la sección de control. Por lo tanto, en estos diseños se seleccionó únicamente el espesor de sobrecapa asfáltica mayor según la demanda estructural de un único estacionamiento de la ruta para las propuestas de diseño a lo largo de toda la sección de control. Lo anterior aún cuando el análisis estructural determinó que en muchas de las secciones de la ruta no se necesitaba algún tipo de refuerzo estructural.

Un ejemplo de la omisión del análisis por tramos homogéneos se muestra en la figuras de espesores de sobrecapa asfáltica para un periodo de diseño de 8 años en las secciones de control 60011 y 60002 de la Ruta Nacional 2, según el informe ITP-1155-16. Se puede observar en ambas figuras, que a partir del análisis estructural realizado sólo a 6 kilómetros de un total de 16 kilómetros de las secciones control 60011 y 60002, demandaban algún tipo de refuerzo estructural, tanto con la consideración de una geogrilla en el diseño, o sin ella. Sin embargo, la propuesta del diseñador a manera general solo contempló la colocación de un único espesor de sobrecapa asfáltica. Se determinó un espesor de 6 cm para la sobrecapa con geogrilla y 10 cm para la sobrecapa asfáltica sin el geotextil. Por lo tanto, se evidenció un sobrediseño de los tramos de las rutas anteriormente mencionadas que no requerían ningún tipo de refuerzo estructural.

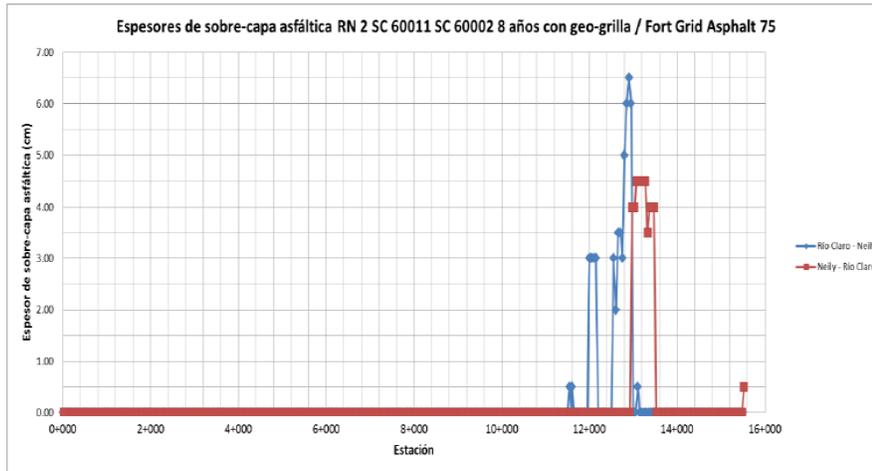


Figura 14. Análisis de espesores requeridos según número estructural requerido (Sobrecapa con geogrilla RN2 SC 60011 y 60002). Fuente ITP, 2017

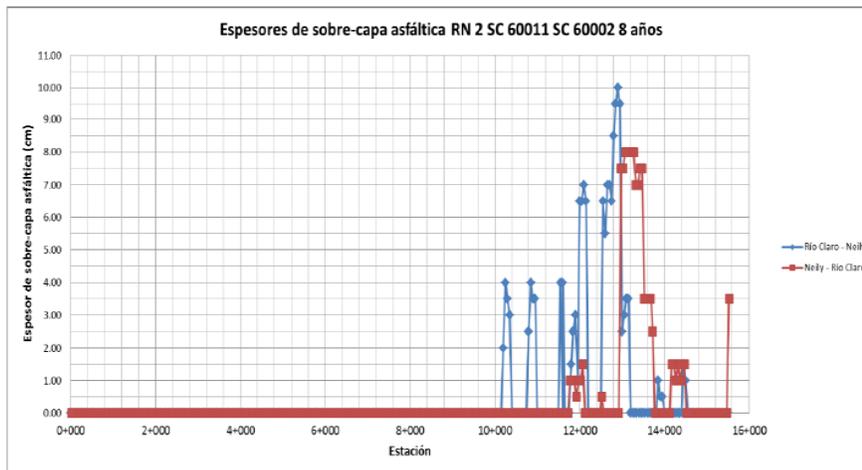


Figura 15. Análisis de espesores requeridos según número estructural requerido (Sobrecapa RN2 SC 60011 y 60002). Fuente ITP, 2017

Es importante mencionar que el hecho de que no se presenten tramos de la ruta con demanda de un refuerzo estructural del pavimento, no implica que no se le pueda dar un mantenimiento preventivo con la colocación de capas asfálticas que se ajusten al cumplimiento de espesores mínimos según la metodología de diseño y el tamaño máximo nominal del agregado.

Correspondiente al tema del seccionamiento por tramos homogéneos en una entrevista realizada a la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes el día de 18 octubre de 2017, se mencionó por parte de la Administración que la decisión de



establecer o seleccionar intervenciones con una única estructura de pavimentos a lo largo de toda la sección de control de análisis obedece a que se buscaba homogenizar la estructura de pavimentos para una misma sección de control.

Sin embargo, este criterio no es compartido por el equipo auditor, porque si bien este tipo de decisiones buscan simplificar los diseños, existen diferentes justificaciones para que se realice el análisis de tramos homogéneos a lo largo de la sección.

A continuación, se describen algunas de las consideraciones contempladas para el análisis.

La primera es que las necesidades o demandas estructurales del pavimento varían a lo largo de las secciones debido a las distintas condiciones de deterioro, estructura existente, o tránsito, por lo tanto la realización de un único diseño a lo largo de una misma sección de control, podría generar sobrediseños o subdiseños generando ineficiencia en la inversión realizada. Por otro lado, la aplicación de un solo diseño a toda la ruta más bien está produciendo una sección de control con diferentes capacidades estructurales. Si las intervenciones se realizan por tramos homogéneos se garantizaría una capacidad estructural uniforme que facilitaría el proceso de mantenimiento de la rutas intervenidas.

La segunda corresponde a que el ítem M403 (1)A Diseño y rehabilitaciones de sobrecapas asfálticas es pagado por kilómetro de diseño, por lo tanto es indiferente si se diseña para 1 kilómetro de una sección de control o para varios, debiendo pagar individualmente cada uno de ellos, por lo tanto el diseñador podría generar diferentes estructuras de pavimentos sin ninguna restricción.

La tercera es que un adecuado registro del proceso constructivo y georreferenciación de las estructuras dispuestas según los tramos homogéneos establecidos facilita el proceso de gestión del mantenimiento de carreteras. Por lo que la utilización de una única estructura para una misma sección de control no estaría justificada simplemente para homogenizar toda la sección, debido a que puede existir un registro formal y accesible para documentar las estructuras de pavimentos construidas a través de los contratos de mantenimiento de la red vial nacional para que sean consultadas por las ingenierías de proyecto, diseñadores o los tomadores de decisión en la Administración.

Por último se debe aclarar que la intención de incorporar este hallazgo dentro del presente informe no busca que se realicen diseños de estructuras de pavimentos distintas para tramos cortos (lo que sería poco práctico y también podría ser costoso), sino más bien que el análisis del seccionamiento de las rutas sea contemplado por los



diseñadores para responder a las necesidades de cada una de las rutas y optimizar la inversión realizada.

Según lo descrito en este hallazgo, es criterio del equipo auditor, que la Administración debe valorar exigir mediante lineamientos al ítem M403 (1)A, la realización de tramos homogéneos de acuerdo con la condición estructural, tránsito y condiciones geométricas de las rutas como parte del desarrollo del diseño de pavimentos.

**SOBRE EL DESARROLLO Y METODOLOGÍAS DE RETROCÁLCULO EMPLEADAS EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO DE REHABILITACIONES DE SOBRECAPAS ASFÁLTICAS.**

**OBSERVACIÓN 4. LA METODOLOGÍA DEL RETROCÁLCULO UTILIZADA EN ALGUNOS DE LOS DISEÑOS DE REHABILITACIONES NO RESPONDE A LAS TEORÍAS Y MECANISMOS ACTUALES UTILIZADOS EN EL RETROCÁLCULO DE MÓDULOS**

En el proceso de diseño de una rehabilitación es importante conocer las propiedades mecánicas de las capas que componen la estructura de pavimento actual. Es por este motivo que la incorporación de un ensayo como la deflectometría de impacto es una herramienta muy útil para el análisis de pavimentos en servicio mediante el uso de técnicas como el retrocálculo de módulos resilientes.

La técnica de retrocálculo de módulos permite a grandes rasgos, estimar la rigidez de cada una de las capas que componen una estructura de pavimento, utilizando en primera instancia deflexiones medidas en sitio (con lo cual es posible determinar una curva de deformación) y posteriormente mediante el uso procedimientos matemáticos que permitan estimar dichas deflexiones mediante un proceso iterativo, donde es posible utilizar metodologías como la de Odemark-Boussinesq, multicapa elástica o elemento finito.

Además, es recomendable que los resultados sean complementados con procedimientos estadísticos adecuados, que permitan utilizar valores representativos para cada tramo homogéneo, con lo cual se garantice con un nivel de confianza determinado que los valores seleccionados son adecuados y que se minimiza el riesgo de sobrediseño o subdiseño.

Dentro de los análisis es común utilizar la deflexión central, es decir la aplicada justamente en el punto de carga (indicador general de la capacidad estructural de todo el paquete estructural), para clasificar la condición global de un pavimento. Es por este motivo que se realiza una normalización de dicha medición, enfocada principalmente a estandarizar esta variable a una carga y temperatura de referencia (40kN y 20°C



respectivamente, por ejemplo), con lo cual es necesario aclarar que la corrección por temperatura es recomendable para pavimentos que estén en buen estado y con espesores mayores a los 5 cm y preferiblemente cercanos a los 10 cm.

Dicho lo anterior es necesario recalcar la importancia de que el ingeniero diseñador tenga experiencia sobre las diferentes técnicas utilizadas y que la omisión de procedimientos o selección de datos muy generales puede arrojar información imprecisa y con algún sesgo importante.

### **Sobre la normalización de la deflexión central**

De acuerdo a la revisión realizada de los informes, se pudo evidenciar en los informes de diseño revisados, que no es claro el procedimiento utilizado para normalizar las deflexiones por carga y además no se presenta el factor de corrección utilizado. La presentación de la información de manera clara y completa permitiría inferir la tendencia de las deflexiones normalizadas de mejor manera. La ausencia de este tipo de información dificulta el poder inferir e interpretar las mediciones realizadas en sitio de una manera ágil y confiable. Por ejemplo, en caso de realizarse en sitio una medición a carga menor a la de referencia, la deflexión normalizada debería aumentar o viceversa incidiendo directamente en los resultados del retrocálculo de módulos por realizar.

En la Figura 16 a manera de ejemplo general es posible observar una captura de los datos de deflexiones contenidas en el informe 1226-2016 de la rehabilitación de la ruta 716, en el cual no se especifica el tipo de normalización realizada y no se menciona si se realiza o no una corrección por temperatura. Para este ejemplo en particular, el informe detalla que se tiene una carpeta asfáltica en mal estado, por lo tanto, sería recomendable sólo la normalización por carga. En dicha figura los datos muestran cargas menores a los 40kN y deflexiones normalizadas menores a las deflexiones sin normalizar, lo cual genera incertidumbre, ya con los datos que se muestran es de esperar el comportamiento inverso.



 LGC INGENIERÍA DE PAVIMENTOS	LGC INGENIERÍA DE PAVIMENTOS S.A. INFORME DE ENSAYO	Página: 9 de 36
		Nº Informe 01-507-2017

**TABLA N° 6**  
**NORMALIZACIÓN DE DEFLEXIONES PARA RETROCÁLCULO DE MÓDULOS**  
**DATOS INICIALES**  
**Ruta 716, Sección de control 21590, 20210, 0+000 a 6+085**

NORMALIZACIÓN DE DEFLEXIONES PARA RETROCÁLCULO DE MÓDULOS														
DATOS INICIALES														
RUTA N°716, SECCIÓN 20210														
RUTA	EST.	TEMP. PAV (°C)	TEMP. AIRE (°C)	PRESION kPa	CARGA kN	Deflexiones µm							EVALUACION	
						D1	D1 normalizada	D2	D3	D4	D5	D6		D7
						1	2	3	4	5	6	7		
716	0+000	32.7	23.9	553	39	189.97	185.65	141.63	95.70	57.37	36.23	22.65	18.50	1
716	0+050	33.1	24.0	555	39	847.33	634.37	252.95	94.80	80.15	31.07	25.05	44.37	2
716	0+101	33.0	23.8	556	39	589.67	578.93	244.03	97.43	76.63	26.48	18.42	39.33	3
716	0+150	33.0	24.0	562	40	425.35	422.44	270.52	161.08	85.87	39.13	28.20	22.27	4
716	0+200	32.8	24.2	530	37	847.67	606.78	393.32	254.02	144.02	74.40	61.70	46.48	5
716	0+250	33.3	24.0	538	38	546.53	519.42	387.12	300.98	202.15	128.87	114.88	78.88	6
716	0+300	33.4	23.9	550	39	536.75	520.99	368.62	296.55	206.02	136.38	118.42	76.17	7
716	0+350	33.1	23.9	560	40	346.70	343.10	208.20	106.78	57.22	37.18	35.78	22.42	8
716	0+400	32.9	24.4	554	39	440.20	431.03	281.10	117.13	71.65	42.45	35.18	25.10	9
716	0+450	33.1	24.2	533	38	882.42	830.85	472.77	217.62	110.77	56.75	45.77	30.63	10
716	0+511	33.3	24.2	549	39	916.78	888.17	479.17	213.62	107.70	56.03	37.12	27.30	11
716	0+553	33.0	24.2	556	39	1163.58	1143.57	477.55	213.00	120.02	97.25	46.72	26.82	12

**Figura 16.** Normalización de deflexiones: Fuente: Informe01-507-2017 de LGC Ingeniería de pavimentos.

Además, se evidenció en forma general en todos los diseños revisados que no se especifica con claridad si se realiza una corrección por temperatura, cuál fue la metodología empleada y cuáles los modelos matemáticos utilizados, lo cual genera incertidumbre respecto a los resultados obtenidos. Ya que, por ejemplo, mediciones a una temperatura mayor a la de referencia provoca que la deflexión central corregida por temperatura disminuya, lo cual podría generar variaciones importantes en el retrocálculo de módulos de la estructura existente.

Es criterio del equipo auditor que la forma de reportar los datos podría estandarizarse mediante una solicitud por parte de la Administración, con el propósito de que todos los consultores tengan un marco de referencia. Ya que actualmente cada consultor presenta los datos de manera diferente y la cantidad de información que se muestra varía de uno a otro informe. Además se debería especificar claramente el tipo de normalización que se realiza sobre los datos, además, debería mostrarse de manera clara las ecuaciones utilizadas así como los supuestos con la debida justificación de cada caso. Este tipo de información permitiría a la Administración validar la información de una manera más eficiente y permitiría crear una estandarización en los formatos de análisis.



**Sobre la generalización del cuenco de deflexiones y sobre la utilización de los diferentes geófonos en el retro cálculo**

El proceso de retrocálculo es complejo y requiere *expertise* del ingeniero analista de los datos. Además, el procedimiento utilizado es muy sensible a pequeñas variaciones en cada uno de los geófonos. Ya que para cada curva asociada a un cuenco de deflexiones existe más de una solución posible (combinación de módulos para cada capa). Es por esto que el proceso de análisis se debe realizar punto por punto (estación por estación), enfocado en reducir el error de la curva medida contra la estimada, con la mayor cantidad de geófonos posible, donde, por ejemplo según la norma ASTM D5858, se recomienda el AASE (*arithmetic absolute sum error*) y RMSE (*root mean square error*).

Se pudo evidenciar que, además de la ausencia de tramos homogéneos, en los informes de diseño de las rehabilitaciones de las rutas nacionales 1 y 716 se utilizó un promedio de todas las estaciones de cada geófono (ver Figura 17).

 LGC INGENIERÍA DE PAVIMENTOS	LGC INGENIERÍA DE PAVIMENTOS S.A. INFORME DE ENSAYO	Página: 11 de 36
		Nº Informe 01-507-2017

**TABLA N° 7**  
**Comparación datos FWD y Retrocálculo de módulos**  
**Ruta 716, Sección de control 21590, 20210, 0+000 a 6+085**

Promedio	727.63	345.71	151.72	90.66	63.64	48.08	38.42
Desviación	188.92	112.25	62.89	36.62	25.02	20.20	16.75
X+1,47σ	1005.334	510.720	244.176	144.494	100.421	77.773	63.034
DEF. CARAC.	3.958E-02	2.011E-02	9.613E-03	5.689E-03	3.954E-03	3.062E-03	2.482E-03
Geófono	1	2	3	4	5	6	7
UZ everstress	3.937E-02	2.15E-02	1.22E-02	7.66E-03	5.06E-03	3.49E-03	2.49E-03
Diferencia (%)		0.54					-0.19

**Figura 17.** Retrocálculo con valores promedio y característicos del tramo.  
Fuente. Informe 01-507-2017 de LGC Ingeniería de pavimentos.

Lo anterior es considerado por el equipo auditor como una práctica inadecuada para analizar los datos ya que cada cuenco de deflexiones es único y la generalización del mismo evita poder capturar y analizar la presencia de estratos rígidos, no linealidad y capas blandas. Además, brinda una alta incertidumbre en la estimación de los módulos resilientes de cada una de las capas.

Es por este motivo que la recomendación técnica en este tipo de análisis es que se realice el retrocálculo para cada estacionamiento de forma individual y cuando se cuente con el módulo retrocalculado para cada capa, se realice el procedimiento



estadístico en conjunto con los tramos homogéneos, para estimar el valor de módulo característico de diseño con un mayor grado de confiabilidad de los resultados obtenidos. La omisión de estos análisis resta importancia a los ensayos de deflectometría realizados y evita que se optimice la inversión realizada, ya que una segmentación adecuada y una estimación precisa de las propiedades mecánicas de los materiales existentes permitiría dimensionar con mayor precisión estructuras de pavimentos representativas de cada tramos analizado

Un de las propuestas dentro de las metodologías de retrocálculo a nivel internacional es el uso del percentil 84<sup>th</sup>(ver Figura 18) de una distribución normal para caracterizar la deflexión central de un tramo y el percentil 16<sup>th</sup>(ver ejemplo de la Figura 19) de una distribución log normal para caracterizar el módulo resiliente retro calculado de una capa en dicho tramo.

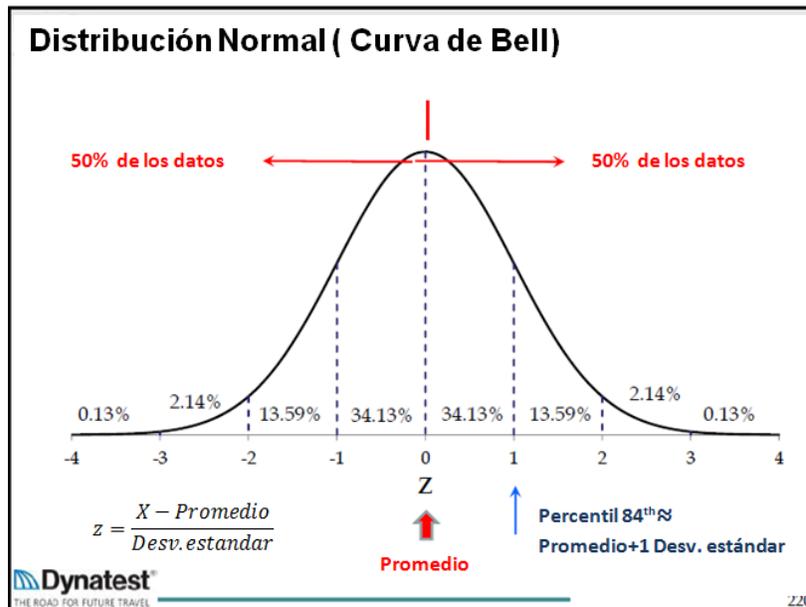


Figura 18. Ejemplo análisis distribución normal para la deflexión central característica. Fuente Dynatest, 2015.



### Estadística (Módulos de capa)

Punto	E1 (ksi)	E2 (ksi)	E3 (ksi)	logE1	logE2	logE3
1	1,193	31	10	3.0766	1.4914	1.0000
2	1,569	29	10	3.1956	1.4624	1.0000
3	1,008	24	8.4	3.0035	1.3802	0.9243
4	1,133	30	10	3.0542	1.4771	1.0000
5	1,196	33	10	3.0777	1.5185	1.0000
A	Promedio de los logaritmos			3.0815	1.4659	0.9849
B	Desv. Est. de los logaritmos			0.0705	0.0522	0.0339
C	Promedio=10 <sup>^(Promedio de los logaritmos)</sup>			1,207	29	9.7
D	Factor Desv. Est.= 10 <sup>^(Desv. Est logaritmos)</sup>			1.176	1.128	1.081
Percentil 16 <sup>th</sup> =10 <sup>^(A-B)=C/D</sup>				1,026	26	8.9

**Basado en distribución Log Normal**



225

**Figura 19.** Ejemplo análisis distribución lognormal para determinar módulos de diseño.  
Fuente: Dynatest, 2015.

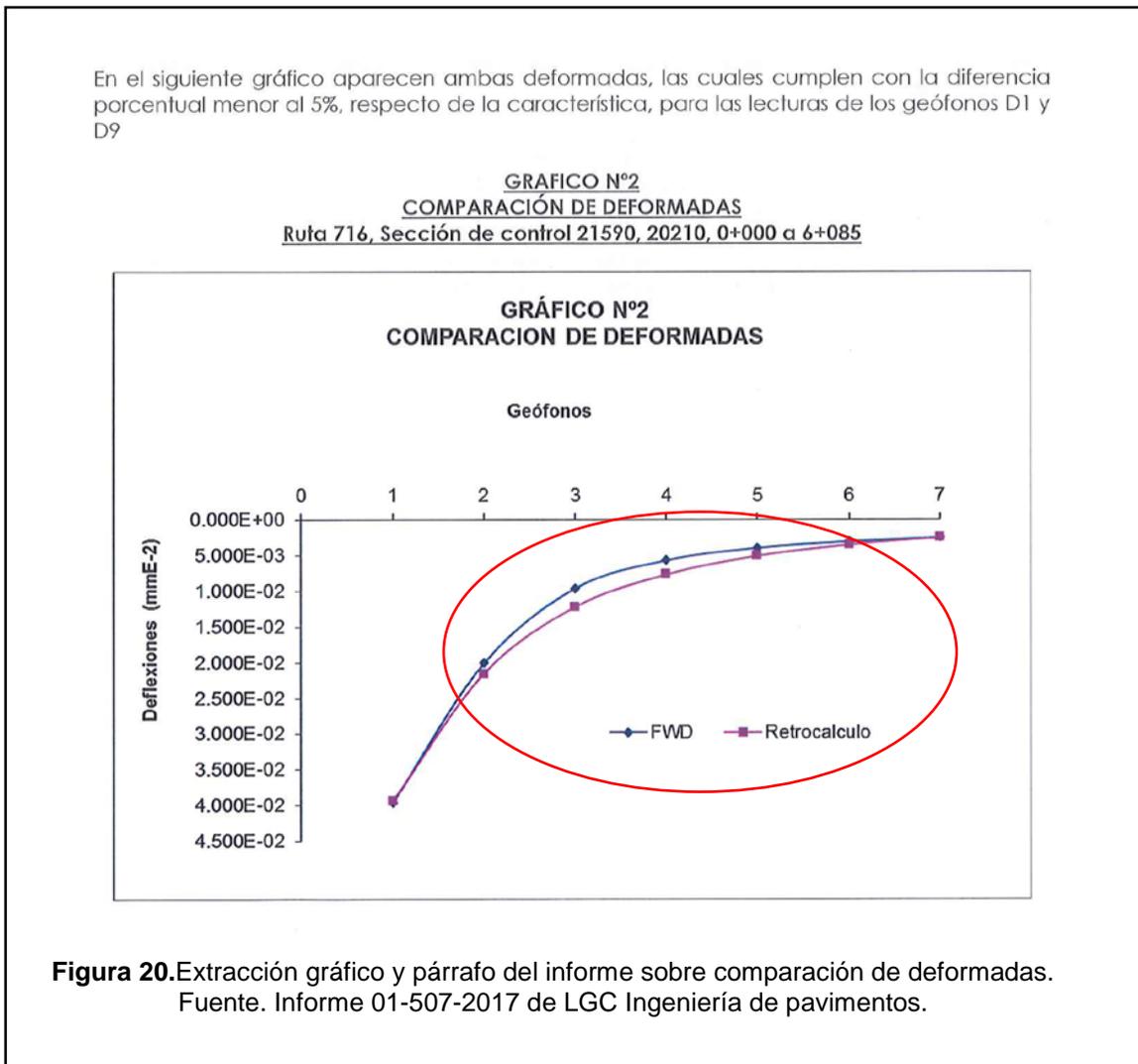
Otro aspecto a considerar es la utilización de pocos geófonos para el retrocálculo. Los equipos utilizados en el país para realizar deflectometría de impacto tienen entre 7 a 9 geófonos. Esto quiere decir que la curva del cuenco de deflexiones estimada (o retro calculada) posee la misma cantidad de puntos y el error por revisares el acumulado por dicha cantidad de puntos.

Durante el proceso de análisis podrían descartarse algunos geófonos si es necesario (principalmente cuando se parte de 9 geófonos y el pavimento no es muy robusto), donde la buena práctica consiste en no utilizar menos de 7, ya que como se mencionó en párrafos anteriores el umbral de soluciones es amplio.

La utilización de pocos geófonos puede arrojar resultados poco precisos sobre la rigidez de cada capa individual, ya que el geófono central o principal es un indicador que puede asociarse a la rigidez del todo el paquete estructural como un todo y los geófonos más alejados del punto de carga están asociados a la rigidez de capas inferiores. Actualmente ya se paga por mediciones con equipos apropiados por lo tanto los procedimientos de análisis deberían estar acorde con la calidad de los datos obtenidos, esto permitiría a la Administración optimizar la inversión de intervenciones a través de diseños más precisos.

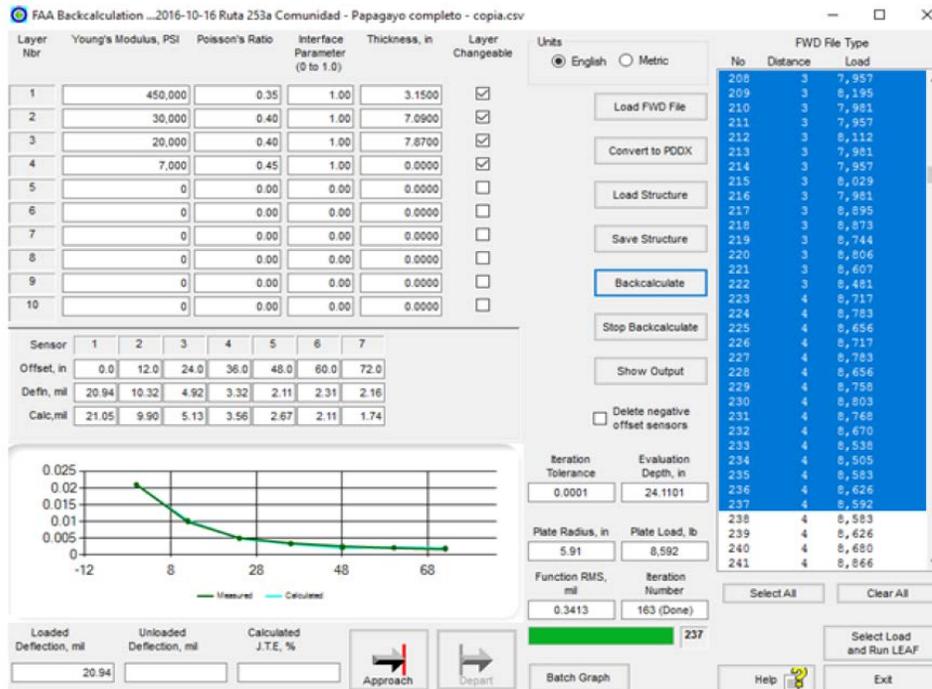


En la Figura 20, se puede observar una extracción del informe 1226-2016 de LGC Ingeniería de Pavimentos, donde se muestra la comparación de las curvas asociadas al cuenco de deflexiones medidas en sitio contra las estimadas. En dicha comparación se muestra la curva medida contra la estimada, utilizando sólo el error de los geófonos 1 (central) y (el más lejanos del punto de carga). Se puede apreciar que en la zona central de la curva es donde se tiene la mayor diferencia entre la deflexión medida y estimada, ya que el ajuste se realiza utilizando sólo dos geófonos.





En la Figura 21 se muestra una captura proveniente del informe ITP-1075-16, en dicho informe se utiliza un software para el retrocálculo de módulos, con la utilización de 7 geófonos, sin embargo, sólo se muestran las capturas del mismo a baja resolución, y no se especifica con claridad los rangos utilizados para aceptar dichos resultados, así como tampoco se especifica si es error absoluto o porcentual.



**Figura 21.** Extracción del software FAA Backcalculation, Informe ITP-1075-16, sobrecapa Ruta Nacional 253, SC 51060. Fuente. Informe 1226-2016 de.

Una inadecuada técnica en la estimación de módulos retrocalculados, ya sea por el tipo de método utilizado (algoritmo) o por umbrales de error que no estén bien definidos para aceptar dicho retrocálculo, podría provocar errores en los dimensionamientos de los espesores de las rehabilitaciones, ya que la capacidad remanente de la estructura está dada por la rigidez de cada una de las capas existentes, aumentando el riesgo de sobrediseño o subdiseño.

Por lo tanto, es recomendable que se especifique muy claramente el tipo de error utilizado, su respectivo modelo matemático y los márgenes de aceptación utilizados. Además, este error (porcentual o absoluto) debería ser calculado y mostrado para todos los puntos del análisis, preferiblemente de forma tabulada junto con las deflexiones reales. La omisión de esta información dificulta las tareas de revisión, validación y aceptación de los resultados del retrocálculo por parte de la



administración, además, no es posible conocer la precisión de la solución encontrada para cada estacionamiento

## **SOBRE EL DIMENSIONAMIENTO DE LAS CAPAS DE LAS ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS SEGÚN LA METODOLOGÍA AASHTO93**

### **OBSERVACIÓN 5. LOS MÓDULOS RETROCALCULADOS NO FUERON UTILIZADOS EN EL DISEÑO DE LAS REHABILITACIONES Y SOBRECAPAS DESARROLLADOS.**

Se evidenció que los módulos retrocalculados a partir del análisis de deflectometría fueron descartados como módulos base de la estructura existente, para la realización de los diseños de pavimentos de las intervenciones propuestas en las rutas de análisis, pese a que el tipo de ensayo (deflectometría) y frecuencia del mismo proporcionan un valor más real de las propiedades mecánicas del material.

#### **Rehabilitaciones**

La revisión de los diseños de las rehabilitaciones en las secciones de control contempladas en las rutas nacional 1, 141, 150, 256, 716 y 751 evidenció que se utilizaron valores de CBR para la estimación de los módulos base de la estructura existente mediante el uso de correlaciones empíricas.

En los casos de las rutas nacionales 150, 256 y 751 el diseñador propuso estructuras de pavimentos a lo largo de la longitud de la ruta de cada sección de control con base en los valores CBR mínimos de subrasante para un único estacionamiento. Un aspecto positivo evidenciado en estos informes fue la utilización del concepto de módulo efectivo, pese a que el cálculo del módulo efectivo se realizó con valores mínimos de CBR, como se mencionó anteriormente.

El diseño de la rehabilitación de la Ruta Nacional 1 contempló la utilización de valores promedios de CBR para la estimación del módulo de subrasante y subbase según indicación del Administración, de acuerdo con lo observado en los informes de diseño de estas rutas. En la siguiente figura se muestra un extracto del informe 01-469-2017 donde se indican los criterios de diseños considerados.



LGC INGENIERÍA DE PAVIMENTOS	LGC INGENIERÍA DE PAVIMENTOS S.A. INFORME DE ENSAYO	Página: 34 de 73 Nº Informe 01-469-2017
---------------------------------	--	---

**TABLA N° 12**  
**PARAMETROS UTILIZADOS EN LA ECUACIÓN DE LA GUÍA AASHTO - 1993**  
**Ruta 1, Sección de control 50040, 50050, 240+972 a 271+247**

Se presentan tres opciones diferentes de diseño para 3 periodos diferentes que se detallan a continuación:

- Opción 1, periodo de 6 años, consiste en colocar una carpeta asfáltica de 13,0 cm sobre una base mejorada con cemento de 25 cm (12 cm de carpeta existente + 13 cm de subbase existente) sobre 15 cm de subbase existente.
- Opción 2, periodo de 9 años, consiste en colocar una carpeta asfáltica de 15,0 cm sobre una base mejorada con cemento de 25 cm (12 cm de carpeta existente + 13 cm de subbase existente) sobre 15 cm de subbase existente.
- Opción 3, periodo de 15 años, consiste en colocar una carpeta asfáltica de 18,0 cm sobre una base mejorada con cemento de 25 cm (12 cm de carpeta existente + 13 cm de subbase existente) sobre 15 cm de subbase existente.

En todas las opciones la base mejorada con cemento debe tener una resistencia a la compresión  $\geq 30 \text{ kg/cm}^2$  a los 7 días.

Para este diseño se utilizaron los módulos obtenidos a través de los promedios de los CBR de la capa de subbase y subrasante por solicitud de la administración. Por otra parte, como resultado de la modulación del pavimento existente, se hace necesario para la solución planteada, dejar un espesor de 15 cm de subbase, bajo los 25 cm de base estabilizada. Este proceso se denomina pavimento inverso y está así descrito por el Dr. Freddy Reyes asesor de Lanamme en su libro Diseño Racional de Pavimentos, Capítulo Tres. Esto se origina en la

**Figura 22.** Parámetros utilizados en la ecuación AASHTO93. Informe 01-469-2017(rehabilitación RN1 SC 50040 y SC50060. Fuente LGC, 2017

En el caso de la Ruta Nacional 716 se utilizaron valores promedios de CBR para la estimación de módulos mediante la ecuación de Heukelom y Klomp.

Por último, en relación con las rehabilitaciones, el diseñador de la rehabilitación de la Ruta Nacional 141, contempló dentro de su criterio el uso del percentil 85 de los valores de CBR obtenidos a lo largo de los sondeos de la ruta, aspecto que es considerado por el equipo auditor como más preciso en lugar del uso de promedios o valores mínimos, sin embargo esta metodología debería ser aplicada para los valores de los módulos retrocalculados a partir del análisis de deflexiones.

**Sobrecapas**

El diagnóstico de los diseños de las sobrecapas de las rutas nacionales 2, 4, 152, 253 correspondientes al mismo diseñador, determinó que los módulos retrocálculos fueron utilizados parcialmente según la magnitud de los mismos. El diseñador, utilizó el valor más crítico de un único estacionamiento a lo largo de la ruta para el diseño de las estructuras propuestas y lo generalizó para toda la ruta de análisis de acuerdo con las alternativas estimadas: módulos retrocalculados según metodología de cuenco de



deflexiones, ensayos de CBR y módulos retrocalculados según metodología AASHTO 93. Lo anterior especialmente en relación con el módulo de subrasante por lo que se evidenció la utilización de diferentes metodologías para la estimación de los módulos base en el dimensionamiento del refuerzo estructural.

Un aspecto positivo de los informes de las sobrecapas evaluados es que el diseñador realiza una comparación entre los módulos retrocalculados y los valores de CBR de manera que exista concordancia entre ambos resultados. Sin embargo en muchos de los casos seleccionó el valor estimado a partir del CBR, al ser menor, pese a tener una frecuencia de ensayo mucho menor que un ensayo de deflectometría.

Otra consideración que se evidenció es que el diseñador de las sobrecapas de las rutas nacionales 2, 4, 152, 253 considera el CBR de laboratorio como un parámetro más directo para la estimación de módulos elásticos de diseño, aspecto que no es compartido por el equipo auditor.

Se muestran a continuación algunos de los extractos de los informes de sobrecapas asfálticas

#### INFORME ITP-1155-16 Sobrecapa RN2

*"Para efectos de modelación, se **utilizaron los módulos retrocalculados para la capa asfáltica y las capas de base y sub-base granular existentes** dado que durante el proceso constructivo, dichas capas no serían intervenidas por lo que su estado de esfuerzos in situ permanecería y los módulos obtenidos responden a valores normales para el tipo de material identificado. **Con respecto al módulo de subrasante utilizado para la modelación se utilizó el módulo calculado con la ecuación AASHTO** (5.888 psi para SC 60011/SC 60002 y 5.526 psi para SC 60001) **cuya magnitud es menor al módulo retrocalculado con BACKFAA** (10.978 psi para SC 60011/SC 60002 y 12.114 psi para SC 60001) y al módulo correspondiente al valor mínimo de CBR de laboratorio (4,2% - 6.300 psi para SC 60011/SC 60002 y 6,0% - 9.000 psi para SC 60001) detallado en el Cuadro 10. A pesar de que **el CBR de laboratorio es un parámetro más directo, se decide evaluar la respuesta de la estructura de pavimento diseñada bajo la situación más crítica**".*

#### INFORME ITP-083-17 Sobrecapa RN 152

Informe LM-PI-AT-121-2017	Marzo, 2018.	Página 53 de 149
---------------------------	--------------	------------------



*"Los módulos retro-calculados de las capas granulares existentes fueron contrastados brevemente contra los resultados obtenidos de la caracterización en laboratorio de los materiales existentes con el fin de contar con una referencia complementaria a los módulos retro-calculados.*

*Además, dichos módulos son similares a los obtenidos con el CBR obtenido de laboratorio. Con respecto al módulo de sub-rasante utilizado para la modelación se utilizó el módulo obtenido de CBR de laboratorio (1.650 psi) cuya magnitud es menor al módulo mínimo retro-calculado con la ecuación AASHTO (3.007,19 psi) y a los módulos obtenidos con BACKFAA. Lo anterior, dado que se decide evaluar la respuesta de la estructura de pavimento diseñada bajo la situación más crítica.*

*En el caso de los módulos obtenidos de los valores mínimos de CBR de laboratorio, los módulos derivados de estos datos fueron 21.000 psi para la capa de base granular mientras que para la sub-base granular fue de 14.000 psi. Como se puede observar, estos datos son muy similares a los obtenidos con BACKFAA (Cuadro 12 en negrita) y que serán utilizados para la modelación estructural.*

<b>Cuadro 12: Valores mínimos de módulo obtenidos por capa BACK FAA</b>				
<b>Sentido</b>	<b>MAC (psi)</b>	<b>BG (psi)</b>	<b>SBG (psi)</b>	<b>SR (psi)</b>
Sentido Villareal - Tamarindo	305.384	<b>22.678</b>	<b>14.586</b>	2337
Sentido Tamarindo - Villareal	<b>301.396</b>	32.665	24.227	3665

Si bien la utilización de correlaciones de CBR para la estimación de módulos elásticos son validadas en la metodología AASHTO 93, es criterio del equipo auditor que estas representan métodos de cálculo empíricos que no se ajustan a la realidad de las condiciones de los materiales del país. Por lo que el uso de valores a partir de métodos empíricos podría sobreestimar o subestimar las propiedades mecánicas de los materiales existentes, y en consecuencia el diseño de estructuras de pavimentos podría no ser óptimo.

Por otra parte, es criterio del equipo auditor que un análisis de retrocálculo de módulos correcto con estacionamientos cada 50 m basado en la respuesta del pavimento ante la aplicación de cargas, en conjunto con la consideración de secciones homogéneas en virtud de su condición estructural, determinarán valores de módulos base de la estructura existente con un mayor grado de confiabilidad que la utilización de métodos



empíricos para el diseño de pavimentos a partir de valores mínimos, con frecuencia de muestreo de cada 1000 m.

Adicionalmente, en relación con los casos evidenciados sobre la selección de valores mínimos de CBR a partir de un único estacionamiento o el empleo de promedios de CBR sin la contemplación de tramos homogéneos en la estimación de módulos base de la estructura existente, es considerado por este equipo auditor como un criterio de diseño conservador. La consideración de este tipo de criterio de diseño repercute en el sobrediseño de estructuras en las propuestas presentadas en los informes de diseño, y que a la vez representan potenciales problemas constructivos por recrecidos del nivel de rasante, así como ineficiencia en la inversión de acuerdo a la demanda estructural de las vías.

Es importante mencionar que en la relación con la implementación de este tipos de criterios de diseño conservadores, la especificación del ítem M403(1) del cartel de licitación presenta vacíos en cuanto a la limitación de su uso. También dentro de la especificación se identifican debilidades en el uso del retrocálculo de módulos como una herramienta vinculante en el diseño de pavimento. Según las disposiciones del ítem M403(1) del cartel de licitación 2014LN-000018-0CV00 se establece en relación con el retrocálculo de módulos que:

*"Retrocálculo de módulos de rigidez. Aportando los datos de deflectometría Benkelman y/o de impacto (FWD), así como la metodología de retrocálculo, junto con las corridas de software necesarias para llegar a dichos valores de módulos retrocalculados. Se deberán retrocalcular módulos para cada estacionamiento donde haya deflexiones, idealmente, o por cada segmento homogéneo, en el peor de los casos".*

Por lo tanto, según lo anterior se infiere que la especificación del ítem M403 (1) solicita la realización de retrocálculos de módulos como un requisito más del diseño del pavimento, sin embargo la misma disposición no vincula los resultados del procedimiento con los módulos de diseño de los materiales existentes a emplear en el dimensionamientos de las capas, por lo que su aplicación queda a criterio del diseñador.

Una de las buenas prácticas del procedimiento observada de la evaluación de los informes de diseño es la corroboración de los módulos retrocalculados con los valores estimados a partir de los ensayos de CBR, sin embargo es criterio del equipo auditor que el uso de una herramienta técnica basada en respuestas mecánicas de materiales ante la aplicación de cargas es más fundamentada que la utilización de correlaciones



empíricas, por lo que el diseñador debe dar énfasis a los resultados del procedimiento del retrocálculo de módulos a partir de ensayos de deflexiones a nivel de proyecto.

Por lo tanto, se recomienda la Administración, valorar la importancia de priorizar el uso de resultados de retrocálculo de módulos en el diseño de pavimentos para rehabilitaciones y sobrecapas, fundamentado en la teoría de la caracterización de materiales a partir de las respuestas del pavimento ante la aplicación de cargas de tránsito, de manera que exista un mayor grado de confiabilidad en el dimensionamiento de estructuras para el mantenimiento de la red vial nacional.

Además se considera que se debe fortalecer la capacitación en el tema de retrocálculo de módulos, de modo que se tengan expertos técnicos capacitados para revisar los resultados de un correcto desarrollo de esta metodología.

#### **HALLAZGO 5. SE EVIDENCIARON EN ALGUNOS DE LOS DISEÑOS REVISADOS INCONSISTENCIAS CON LA UTILIZACIÓN Y JUSTIFICACIÓN LOS PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA ECUACIÓN AASHTO93.**

El hallazgo hace referencia a debilidades detectadas en el diagnóstico de los informes en referencia a la selección, justificación y uso de parámetros de diseños y coeficientes estructurales en el diseño de las intervenciones propuestas para cada una de las rutas de análisis.

#### **Justificación de los parámetros de diseño según metodología AASHTO 93**

La revisión de los diseños permitió afirmar que en 3 de los 13 diseños revisados no se presentó la justificación del uso de parámetros de diseño para el dimensionamiento de estructuras de pavimentos flexible según lo establecido la metodología AASHTO 93 y el oficio DVOP-6152-07.

Los informes de diseño de las rehabilitaciones de las rutas nacionales 1 y 716, indicaron únicamente los parámetros de diseño considerados para la estimación de espesores según la ecuación AASHTO 93 para pavimentos flexibles. No obstante, valores tales como los coeficientes de drenaje, nivel de confianza de diseño, desviación estándar e índices de serviciabilidad inicial y final no fueron justificados de acuerdo al tipo de ruta, tránsito, condiciones climáticas y capacidad de drenaje de las vías. Por lo que la información presentada, a pesar de estar completa en los informes señalados, no tiene ningún respaldo técnico para afirmar que los valores utilizados corresponden a los valores correctos según la metodología AASHTO 93 para el tipo de ruta que se está diseñando.

Informe LM-PI-AT-121-2017	Marzo, 2018.	Página 56 de 149
---------------------------	--------------	------------------



En la Figura 23 se muestra a manera de ejemplo de la información presentada en los informes mencionados anteriormente relacionada con los parámetros de diseño. En este caso se muestra la tabla N° 12 del informe 01-469-2017 del laboratorio LGC para el diseño de la rehabilitación de las secciones de control 50040 y 50050 de la Ruta Nacional 1.

	LGC INGENIERÍA DE PAVIMENTOS S.A. INFORME DE ENSAYO	Página: 34 de 73
		N° Informe 01-469-2017

**TABLA N° 12**  
**PARAMETROS UTILIZADOS EN LA ECUACIÓN DE LA GUÍA AASHTO - 1993**  
**Ruta 1, Sección de control 50040, 50050, 240+972 a 271+247**

Parámetro	Valor utilizado
Período de diseños	3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15 años
Tasa de crecimiento	6,93 %
Número de ejes equivalentes (W18)	Tabla N° 18,20 Y 22
Desviación Estándar Normal (Zr)	-1,282
Desviación Estándar Total (So)	0,40
Índice de Servicialidad Inicial (Po)	4,2
Índice de Servicialidad Final (Pt)	2,5
Diferencia Índices de servicio Δpsi	1,7
Nivel de Confianza (R)	90 %
Módulo de la subrasante Mr	50.06 MPa (7260 psi)
Coficiente estructural carpeta nueva (a1)	0,450
Coficiente estructural base mejorada (a2)	0,160
Coficiente estructural subbase existente (a3)	0,0975
Módulo de rigidez carpeta nueva	3102,6 MPa (450 000 psi)
Módulo de rigidez base mejorada	4309,2 MPa (625 000 psi)
Módulo de rigidez subbase existente	93,08 MPa (13 500 psi)

LGC Ingeniería de Pavimentos S.A.  
 Laboratorio y Control de Calidad de Materiales  
 San Miguel de Desamparados, de la entrada de Casa Cuba, 400 metros este, Edificio, color terracota  
 E-mail: [lgin@ingenieriadepavimentos@gmail.com](mailto:lgin@ingenieriadepavimentos@gmail.com) / [calidadlqc@gmail.com](mailto:calidadlqc@gmail.com)  
 Teléfonos: 2270-5555 / 2270-5554

Laboratorio Acreditado: INTE ISO/IEC 17025:2005, disponible en: [www.eca.co.cr](http://www.eca.co.cr)



Aprobado: 2016-02-16  
 Versión: 21  
 RC-36

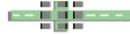
**Figura 23.** Parámetros utilizados en la ecuación AASHTO93. Informe 01-469-2017 (rehabilitación RN 1, SC 50040 y 50050). Fuente LGC, 2017

En contraste a los casos anteriores, los restantes diseñadores sí incluyeron la debida justificación técnica del uso de cada uno los parámetros según los supuestos y criterios de diseño. En la Figura 24, se muestra a manera de ejemplo un extracto del informe E4 194-2016, donde se realiza una adecuada justificación de los parámetros

Informe LM-PI-AT-121-2017	Marzo, 2018.	Página 57 de 149
---------------------------	--------------	------------------



de diseños a contemplar en el dimensionamiento de la estructura por la metodología AASHTO-93.



O. J. M. Consultores de Calidad y Laboratorios S.A.

**DISEÑO DE PAVIMENTO**

Oficio: E4 194-2016

**2. Valores de caracterización y variables del proyecto.**

**2.1. Nivel de confianza**

Es función de la confiabilidad (R) o nivel de confianza en que las cargas de diseño no serán superadas por las cargas reales aplicadas al pavimento. Se refiere a la incorporación de un grado de certeza al proceso de diseño para asegurar que las diferentes alternativas duraran el periodo de análisis para el cual son diseñadas. Se toman en cuenta las posibles variaciones del tráfico y del desempeño esperado, consecuentemente provee un nivel predeterminado de aseguramiento de que la serviciabilidad será mantenida a niveles adecuados para los usuarios a lo largo del periodo de diseño.

Tabla No. 7: Niveles de confianza para el diseño.

ZONA	TPD	NIVEL DE CONFIANZA	ÍNDICE DE TERMINAL PSI
Rutas primarias	Menor a 500	75	2,0
	Entre 500 y 2000	85	2,5
	Mayor a 2000	90	2,5
Rutas secundarias	Menor a 500	70	2,0
	Entre 500 y 2000	80	2,0
	Mayor a 2000	85	2,5
Rutas terciarias	Menor a 500	70	2,0
	Entre 500 y 2000	75	2,0
	Mayor a 2000	80	2,0

Tomado del oficio DVOP 5107-07, emitido por el despacho del viceministro de obras públicas.

**2.2. Desviación estándar**

So = Desviación estándar del sistema, está indicado en función de posibles variaciones en las estimaciones de tránsito (cargas y volúmenes) y comportamiento del pavimento a lo largo de su vida de servicio. Representa la desviación estándar conjunta e incluye la desviación estándar de la ley de predicción de tránsito en el periodo de diseño con la desviación estándar de la ley de predicción del comportamiento del pavimento, hasta que su índice de serviciabilidad descienda por debajo de un

determinado Pt (índice de serviciabilidad final). Los valores So, recomendados de la guía de AASHTO 93 son los siguientes:

Tabla No. 8: Desviaciones estándar recomendadas.

Detalle	Recomendación So
Pavimentos rígidos	0.30 – 0.40
En construcción nueva	0.35
En sobre – capas	0.40

**2.3. Serviciabilidad**

La serviciabilidad de un pavimento es definida como su habilidad para servir al tráfico que utilizará la carretera. La medida principal de la serviciabilidad es el índice de serviciabilidad presente, que varía entre 0 y 5.

El índice de serviciabilidad inicial (Po) es función del diseño de pavimentos y del grado de calidad durante la construcción. El valor establecido en el Experimento Vial de la AASHTO para los pavimentos rígidos fue de 4,2.

Los índices de serviciabilidad inicial (Po) y final o terminal (Pt), deben ser establecidos para calcular el cambio total en serviciabilidad que será incorporado en la ecuación de diseño

El índice de serviciabilidad final (Pt), es el valor más bajo que puede ser tolerado por los usuarios de la vía antes de que sea necesario el tomar acciones de rehabilitación, reconstrucción o repavimentación, y generalmente varía con la importancia o clasificación funcional de la vía cuyo pavimento se diseña, esta se indica en la tabla N° 16 .

El valor de diseño para el criterio de comportamiento que se introduce en la ecuación de diseño es la diferencia entre Po y Pt, es decir:

$\Delta PSI$  = Pérdida en serviciabilidad prevista en el diseño.

**Figura 24.** Justificación parámetros de diseño Informe E4-194-2016 (rehabilitación RN411 SC 20600. Fuente OJM, 2016



Referente a la justificación de los parámetros de diseño, el ítem M403 (1)A del cartel de licitación no brinda ninguna especificación sobre su inclusión. No obstante, el oficio DVOP-5170-07, sí menciona la inclusión de un listado de parámetros de diseño y se brindan recomendaciones sobre la utilización de parámetros de diseño relacionados con el nivel de confianza y el índice de servicio terminal PSI. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, la especificación no es clara en relación con la justificación de los parámetros de diseño.

Por lo cual se observa una variabilidad importante en la información presentada por cada diseñador en el contenido del informe referente a los parámetros de diseño. Es criterio del equipo auditor que la ausencia de una estructura de informe en la especificación donde se establezca el contenido de cada sección del informe, hace que estas justificaciones sean omitidas por el diseñador al no estar contemplado claramente en los requerimientos.

Se debe mencionar que el uso de un parámetro de diseño mal justificado en el dimensionamiento de la estructura podría incidir en el sobrediseño o subdiseño de una estructura de pavimento poniendo en riesgo la inversión realizada o la eficiencia de los recursos públicos utilizados por la Administración.

### **Inconsistencias del uso de coeficientes estructurales**

Se evidenciaron inconsistencias en el uso y selección de coeficientes estructurales para el dimensionamiento de las estructuras de las rehabilitaciones de las rutas nacionales 141 y 256, lo cual generó el sobredimensionamiento de dichas estructuras.

En el caso de la rehabilitación de la Ruta Nacional 141, se observó que en el diseño de la estructura de pavimento de las secciones de control continuas 20610 (E-198-2016) y 20600(E-194-2016) se utilizaron dos módulos elásticos de diseño distintos para el material de la mezcla asfáltica y por ende el uso de dos coeficientes estructurales distintos para el dimensionamiento de la rehabilitación de la estructura existente. En las siguientes figuras se muestran los extractos de las tablas resumen de las memorias de cálculo de los diseños E4-494-2016 y E3-198-2016, donde se evidencia el uso de módulos elásticos y coeficientes estructurales distintos para el cálculo de las estructuras propuestas.



O. J. M. Consultores de Calidad y Laboratorios S.A.

**DISEÑO DE PAVIMENTO**

Oficio: E4 194-2016

Adicionalmente a la determinación de la capacidad estructural del paquete, se requiere determinar el número estructural (SN) requerido para proteger cada capa inferior, para ello, se debe aplicar la ecuación AASHTO usando el módulo resiliente de cada capa por proteger.

En la tabla No. 14, se determina la capacidad estructural del paquete.

**Tabla No. 14:** De cálculo de la estructura. BE-25  
Tramo de estudio: El Muro (R.148) - Lte Cant. Naranjo/Alfaro Ruiz (Rio Espino)

SN Actual 10 Años Vida Útil								
Capa	Aporte Estructural ai (1/in)	Factor drenaje mi	Espesor capa Di (cm)	Espesor capa Di (in)	SN por capa	SN Obtenido Sobre capa	SN requerido Sobre capa	Condición
Carpeta	0.450	1	19.0	7.48	3.37	-	-	-
BE-25	0.160	1.00	15.0	5.91	0.95	3.37	0.53	Cumple
Préstamo ( CBR>10)	0.080	0.90	19.0	7.48	0.54	4.31	3.49	Cumple
Subrasante 2.9% CBR						4.85	4.79	Cumple
-								
-								
<b>SN CALCULADO</b>					<b>4.85</b>			
SN DISEÑO					4.79			
DIFERENCIA			Cumple		0.06			

**Figura 25.** Tabla No 14. Cálculo de estructura, Informe E4-194-2016 (rehabilitación RN141 SC 20600. Fuente OJM, 2016



O. J. M. Consultores de Calidad y Laboratorios S.A.

**DISEÑO DE PAVIMENTO**

Oficio: E3 198-2016

Adicionalmente a la determinación de la capacidad estructural del paquete, se requiere determinar el número estructural (SN) requerido para proteger cada capa inferior, para ello, se debe aplicar la ecuación AASHTO usando el módulo resiliente de cada capa por proteger.

En la tabla No. 14, se determina la capacidad estructural del paquete.

**Tabla No. 14:** De cálculo de la estructura.  
Tramo de estudio: Lte Cant. Naranjo/Alfaro Ruiz (Rio Espino) – Entrada Laguna

SN Actual 10 Años Vida Útil								
Capa	Aporte Estructural ai (1/in)	Factor drenaje mi	Espesor capa Di (cm)	Espesor capa Di (in)	SN por capa	SN Obtenido Sobre capa	SN requerido Sobre capa	Condición
Carpeta	0.400	1	18.0	7.09	2.84	-	-	-
BE-25	0.160	1.00	15.0	5.91	0.95	2.84	0.54	Cumple
Préstamo ( CBR>10)	0.080	0.90	20.0	7.87	0.57	3.78	3.50	Cumple
Subrasante 3.9% CBR						4.35	4.34	Cumple
<b>SN CALCULADO</b>					<b>4.35</b>			
SN DISEÑO					4.34			
DIFERENCIA			Cumple		0.01			

**Figura 26.** Tabla No 14 Cálculo de estructura. Informe E3-198-2016 (rehabilitación RN141 SC 20610. Fuente OJM, 2016

De acuerdo con la evaluación de ambos diseños, es criterio del equipo auditor que no se encontró en el contenido de los informes ninguna justificación técnica para fundamentar el uso de un módulo elástico distinto en el material de mezcla asfáltica a emplear como capa de rueda.



Por otro lado, el uso de un módulo elasticidad de 400.000,00 psi, corresponde a un valor conservador para la metodología de diseño empleada especialmente para un material nuevo el cual está sometido a un control de calidad riguroso dentro de su proceso constructivo. Por lo que el uso de valores inferiores a los valores del módulo real del material de mezcla asfáltica repercute directamente en el sobrediseño de espesores y por ende en el recrecido de la estructura a rehabilitar.

Como parte de la revisión, el equipo auditor replicó el diseño desarrollado en el informe E3-198-2016 para la sección de control 20610, y determinó reducciones de espesores de al menos 1 cm en las propuestas señaladas, considerando un módulo elástico máximo de 450.000,00 psi y un coeficiente estructural de 0,44. Esto representaría un ahorro para la Administración de alrededor de 82 millones de colones por kilómetro (considerando un ancho promedio de 7 m y una densidad de mezcla asfáltica de 2,4 t/m<sup>3</sup>)

Es criterio del equipo auditor que la Administración debe valorar la incorporación o uso de otros mecanismos de ensayos para la caracterización de la mezcla asfáltica en futuras especificaciones, tal como el uso del ensayo de módulo dinámico o módulo resiliente de mezclas asfálticas. Si bien la realización de este tipo de ensayos escapa al alcance de la metodología AASHTO 93, es criterio del equipo auditor que su realización daría una noción más realista del tipo de material que se está utilizando en los procesos constructivos del mantenimiento de la red vial nacional en vez de las correlaciones AASHTO 93 empleadas en la metodología actual.

Otro de los casos evidenciados donde se detectaron inconsistencias en el uso de coeficientes estructurales, corresponde a la readecuación del diseño realizado a la rehabilitación de la Ruta Nacional 256.

En el informe de la readecuación del diseño de las secciones de control 70710 y 70720 de la Ruta Nacional 256, se observó que los parámetros y coeficientes de diseño determinados por el diseñador en la tabla N°8 del informe no corresponden a los valores utilizados por el diseñador en la memoria de cálculo de la propuesta de diseño del tramo 1 de la Ruta Nacional 256 (estacionamientos:0+000 a 11+600 SC70710 y parte de la SC 70720), además estos valores y su variación no fueron justificados de acuerdo a la revisión del equipo auditor.

Específicamente los valores que fueron modificados durante el proceso de cálculo sin ninguna justificación técnica corresponden al coeficiente estructural de la base mejorada, así como el coeficiente de drenaje de la subbase. En las siguientes figuras se muestran los valores modificados según el informe evaluado:



Tabla N° 8. Propiedades mecánicas de las capas del pavimento

Capa	Designación	CBR (%)	Módulo Resiliente (psi)	Coefficiente estructural	Coefficiente de drenaje
Carpeta asfáltica	M45(A)	NA	450 000	0.44	NA
Base mejorada	Resistencias mayores a los 15 kg/cm <sup>2</sup> a 7 días y CBR > 80	NA	500 000	0.12	1.0
Subbase granular (material existente)	Material existente	43	15 000	0.11	0.9

Figura 27. Tabla 8 propiedades mecánicas de las capas de pavimento, Readecuación del diseño de la Ruta Nacional 256 (SC 70710 y 70720). Fuente: Orion, 2017.

DETERMINACION ESTRUCTURA

Vida útil según EAL(años)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SN requerido	2.94	2.94	3.03	3.11	3.19	3.26	3.32	3.38	3.44	3.50	3.56
Propuestas. SN calculado	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36
	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
Carpeta	a <sub>1</sub>	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
	D (in)	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76
	D (cm)	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
	SN	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21
Base	a <sub>1</sub>	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
	D (in)	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84
	D (cm)	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
	m	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SN	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	
Subbase	a <sub>1</sub>	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
	D (in)	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84
	D (cm)	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
	m	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
SN	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	

Figura 28. Memoria de cálculo para determinación de estructura Tramo1, Readecuación del diseño Ruta Nacional 256 (SC 70710 y 70720). Fuente: Orion, 2017

Como es posible observar en la figura anterior se utilizó un valor de coeficiente estructural por encima del valor establecido para la resistencia del material. Por lo tanto, su uso podría incidir en el subdiseño de espesores, al considerar un material de base con mejores condiciones mecánicas que el valor correlacionado a la resistencia de diseño. Por otro lado, el uso de un coeficiente de drenaje inferior al considerado



según la capacidad de drenaje de la estructura existente, podría incidir en el sobrediseño de espesores, al tener que compensar el número estructural ante una condición de drenaje más pobre.

En contraste, en la propuesta de diseño de la rehabilitación del tramo 1 de la Ruta Nacional 256 (estacionamientos:11+600 a 18+730, parte de la SC 70720), sí se emplearon los valores de diseño especificados en la tabla 8, tal como se muestra en la Figura 29.

**DETERMINACION ESTRUCTURA**

Vida útil según EAL(años)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SN requerido	2.54	2.62	2.69	2.76	2.82	2.88	2.93	2.98	3.03	3.07	3.12
Propuestas. SN calculado	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
	Cumple										
Carpeta	a	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
	D (in)	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76
	D (cm)	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
	m	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	SN	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21
Base	a	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
	D (in)	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84
	D (cm)	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
	m	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	SN	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18
Subbase	a	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
	D (in)	11.22	11.22	11.22	11.22	11.22	11.22	11.22	11.22	11.22	11.22
	D (cm)	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5
	m	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
	SN	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11

**Figura 29.** Memoria de cálculo para determinación de estructura, Readecuación del diseño Ruta Nacional 256 (SC 70720). Fuente: Orion, 2017

En relación con el uso y justificación de los coeficientes estructurales, el oficio DVOP-5170-07, utilizado por los diseñadores como un lineamiento en el diseño de pavimentos por parte del Ministerio de Obras Públicas y Transportes establece que:

**Parámetros de diseño.** Se deberán listar los parámetros de diseño seleccionados, detallando los criterios para la selección de los coeficientes estructurales, con base en los módulos de rigidez de diseño (igualmente fundamentados).

Por lo tanto, es criterio del equipo auditor que no hubo una adecuada justificación del uso de los coeficientes estructurales en el diseño de las rehabilitaciones que incidieron en los espesores propuestos en los informes de diseño aprobados.

Es importante reforzar la revisión por parte de la Administración del uso y justificación de los parámetros de diseño, de manera que estos se ajusten a la realidad del tipo de materiales empleados en el país, así como la condición estructural y de drenaje de las vías de análisis, ya que un mal uso de estos podría incidir en el sobrediseño o subdiseño de estructuras poniendo en riesgo el desempeño del pavimento y la inversión realizada.



## **HALLAZGO 5. SE EVIDENCIÓ QUE EN ALGUNOS DISEÑOS NO SE REVISÓ EL CUMPLIMIENTO DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL SEGÚN LA METODOLOGÍA AASHTO93**

La evaluación de los hallazgos evidenció que en 2 de los 8 diseños de rehabilitaciones no se realizó el análisis estructural completo de para cada una de las capas de acuerdo con la Metodología AASHTO 93. De forma general se determinó que los diseñadores no contemplaron la evaluación y cumplimiento estructural de capas intermedias, verificando únicamente el cumplimiento del número estructural SN3.

Se debe mencionar que el incumplimiento del análisis estructural se evidenció con base en los parámetros de diseño contemplados en cada uno de los diseños, de manera que el equipo auditor replicó las condiciones y criterios de diseño seleccionados por los diseñadores, por lo tanto no realizó ninguna corrección al diseño al considerar que algún parámetro no era el adecuado.

El análisis estructural realizado por el equipo auditor comprendió los periodos de diseño contemplados por los diseñadores en sus informes. Sin embargo, a modo de ejemplo solo se mostrará al análisis para una de las propuestas de diseño contemplada en los informes.

Se muestra a continuación la condición evidenciada en cada uno de los casos y su respectivo incumplimiento según la información.

En el diseño de la rehabilitación del Ruta Nacional 1, pese a que se garantizó el cumplimiento del número estructural SN3 (ver Figura 30), se evidenció el incumplimiento del número estructural SN2 correspondiente al aporte estructural de los espesores de capa seleccionados para carpeta asfáltica y base mejorada con cemento.



<b>LGC</b> INGENIERÍA DE PAVIMENTOS	LGC INGENIERÍA DE PAVIMENTOS S.A. INFORME DE ENSAYO	Página: 27 de 47 N° Informe 01-842-2017
--	--	---

**TABLA N° 16**  
**Determinación del SN propuesto para la base mejorada y con carpeta asfáltica**  
**Ruta 1, Sección de control 50060, 271+247 a 291+185**

**OPCIÓN N° 2**

DETERMINACIÓN DEL SN PROPUESTO						
SN <sub>prop</sub> = a1D1+a2D2m2+a3D3m3						
MATERIAL	Coeficiente Estructural		ESPESOR (in)		Coeficiente por drenabilidad	
CARPETA ASF. NUEVA	a1	0.450	D1	5.12		
BASE MEJORADA CON CEMENTO	a2	0.160	D2	11.81	m2	1.00
SUBBASE EXISTENTE	a3	0.080	D3	12.99	m3	0.80
SN PROP=						
		5.02				

RESUMEN ANALISIS POR NÚMERO ESTRUCTURAL PARA CARPETA ASFÁLTICA DE 13 cm.			
PERIODO DISEÑO(AÑOS)	SN REQUERIDO	SN OBTENIDO	CUMPLIMIENTO POR NÚMERO ESTRUCTURAL
3	4.07	5.02	CUMPLE
4	4.28	5.02	CUMPLE
5	4.45	5.02	CUMPLE
6	4.59	5.02	CUMPLE
7	4.71	5.02	CUMPLE
8	4.82	5.02	CUMPLE
9	4.93	5.02	CUMPLE
10	5.04	5.02	NO CUMPLE
11	5.12	5.02	NO CUMPLE
12	5.22	5.02	NO CUMPLE
13	5.29	5.02	NO CUMPLE
14	5.37	5.02	NO CUMPLE
15	5.45	5.02	NO CUMPLE

Como se aprecia en la Tabla N°16, con el mejoramiento de la base mejorada con cemento y la carpeta asfáltica se cumple con los requisitos de capacidad estructural hasta el noveno año del periodo de diseño.

**Figura 30.** Análisis por número estructural Informe 01-842-2017 (rehabilitación RN1 SC 50060. Fuente LGC, 2017

La Tabla 5 muestra los valores de los números estructurales requeridos para el diseño de la rehabilitación de la sección de control 50060 para un periodo de diseño de 9 años. Como es posible observar, el valor establecido para el SN3 del cuadro coincide con el valor del SN 3 de la figura 30 correspondiente al informe 01-842-2017, así como los coeficientes estructurales, de drenaje y espesores colocados en el cuadro según la propuesta planteada.

Adicionalmente, en la Tabla 6 se logran observar los números estructurales obtenidos de acuerdo con los parámetros de diseño contemplados y los espesores propuestos por el diseñador. Se observa que el valor del SN requerido de 4,39 para las capas de subbase es mayor que el SN obtenido de 4,21, por lo que según la metodología AASHTO 93 esta capa no daría la protección requerida a la capa mencionada.



Tabla 5. Números estructurales requeridos para el diseño SC 50060 de la RN1.

CAPA	MR	SN <sub>REQUERIDO</sub>	m <sub>i</sub>	a <sub>i</sub>
CARPETA ASFÁLTICA	450.000	0,80	1,00	0,45
<b>BASE MEJORADA CON CEMENTO</b>	<b>625.000</b>	<b>4,39</b>	<b>1,00</b>	<b>0,16</b>
SUB-BASE / SOPORTE	10.500	4,93	0,80	0,08
SUBRASANTE	7.500	-	-	-

Tabla 6. Números estructurales obtenidos para el diseño SC 50060 de la RN1.

Diseño RN1, ScC50060								
CARPETA ASFÁLTICA	SN <sub>i</sub>	a <sub>i</sub>	H(in)	H(cm)	Espesor real (cm)	Espesor real (in)	SN <sub>CA</sub> REAL	Criterio de cumplimiento
		0,80	0,45	1,78	4,5	13,0	5,12	2,30
1. BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO								
1. BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO	SN <sub>i</sub>	a <sub>i</sub>	H(in)	H(cm)	Espesor real (cm)	Espesor real (in)	SN <sub>BG</sub> REAL	Criterio de cumplimiento
	4,39	0,16	12,92	32,8	30,0	11,81	4,21	NO CUMPLE
SUB-BASE / SOPORTE								
SUB-BASE / SOPORTE	SN <sub>i</sub>	a <sub>i</sub>	H(in)	H(cm)	Espesor real (cm)	Espesor real (in)	SN <sub>SB</sub> REAL	Criterio de cumplimiento
	4,93	0,08	7,17	18,21	33,0	12,99	5,05	CUMPLE

De igual forma en la readecuación del diseño realizado a la Ruta Nacional 256, se evidenció también la ausencia de la revisión y cumplimiento del número estructural SN2 para la sección de control 70720, pese a que también se cumplió con el diseño estructural para el SN3.

En la Figura 31, se muestra la tabla 11 del informe de la consultora Orion, donde se presenta la evaluación de los números estructurales propuestos en relación con los números estructurales requeridos. En la misma tabla se observa que el análisis realizado solo considera la evaluación del número estructural para la protección de la subrasante.



Tabla N° 11. Evaluación de la propuesta de estructura de pavimento vrs. Requerimientos estructurales (SN). Tramo 2.

**DETERMINACION ESTRUCTURA**

Vida útil según EAL(años)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SN requerido	2.84	2.94	3.03	3.11	3.19	3.26	3.32	3.38	3.44	3.50	3.55
Propuestas. SN calculado	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36
	Cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple						
Carpeta	a	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
	D (m)	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76
	D (cm)	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
	SN	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21
Base	a	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
	D (m)	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84
	D (cm)	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
	m	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SN	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	
Subbase	a	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
	D (m)	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84
	D (cm)	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
	m	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
SN	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	

Figura 31. Evaluación de la estructura de pavimentos vs requerimientos estructurales (SN) Readequación del diseño Ruta Nacional 256 (SC 70720). Fuente: Orion, 2017

De la misma manera el equipo auditor estimó y evaluó las estructuras propuestas por el diseñador, y evidenció incumplimiento estructural en la protección de la capa de subbase (SN2) en relación con los espesores propuestos para el mejoramiento de la base existente y la carpeta asfáltica. En la Tabla 7, se observa que el valor de SN requerido (2,81) para el periodo de diseño del año 10 es mayor al valor del SN obtenido (2,49) de acuerdo con la estructura propuesta.

Tabla 7. Números estructurales requeridos para el diseño SC 70020 de la RN 256.

CAPA	MR	SN REQUERIDO	m <sub>i</sub>	a <sub>i</sub>
CARPETA ASFÁLTICA	450.000	0,55	1,00	0,44
1.BASE MEJORADA CON CEMENTO	500.000	2,81	1,00	0,13
SUB-BASE / SOPORTE	15.000	3,26	0,80	0,11
SUBRASANTE	10.279	-	-	-

Tabla 8. Números estructurales obtenidos para el diseño SC 70020 de la RN256.

CARPETA ASFÁLTICA								
CARPETA ASFÁLTICA	SN <sub>i</sub>	a <sub>i</sub>	H(in)	H(cm)	Espesor real (cm)	Espesor real (in)	SN <sub>CA REAL</sub>	Criterio de cumplimiento
	0,55	0,44	1,24	3,2	7,0	2,76	1,21	CUMPLE
1. BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO								
Informe LM-PI-AT-121-2017			Marzo, 2018.			Página 67 de 149		



BASE MEJORADA CON CEMENTO	SN <sub>i</sub>	a <sub>i</sub>	H(in)	H(cm)	Espesor real (cm)	Espesor real (in)	SN <sub>BG REAL</sub>	Criterio de cumplimiento
	2,81	0,13	12,33	31,3	25,0	9,84	2,49	NO CUMPLE
SUB-BASE / SOPORTE								
SUB-BASE / SOPORTE	SN <sub>i</sub>	a <sub>i</sub>	H(in)	H(cm)	Espesor real (cm)	Espesor real (in)	SN <sub>SB REAL</sub>	Criterio de cumplimiento
	3,26	0,11	5,55	14,10	25,0	9,84	3,36	CUMPLE

En relación con la metodología de diseño de pavimentos el cartel de licitación en el ítem M403(1) indica únicamente:

*"Se aplicará la metodología de diseño de la AASHTO 1993".*

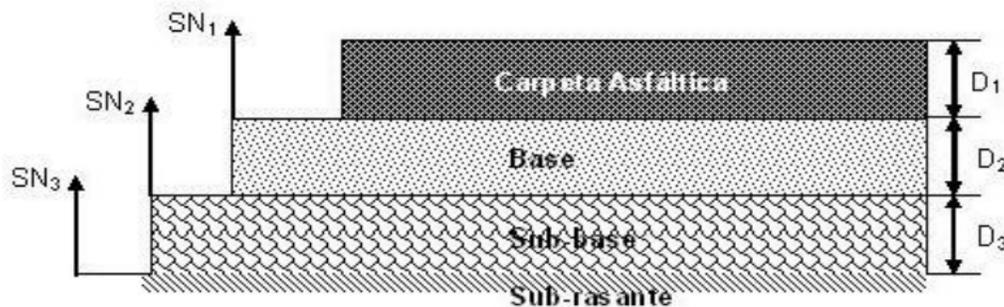
Por lo tanto, según la especificación se deben cumplir con todos los requerimientos de la metodología señalada. La metodología AASHTO 93 establece como un procedimiento obligatorio el diseño por protección de cada una de las capas del paquete estructural a excepción de las capas granulares donde el módulo supere los 40 000,00 psi, en donde se utilizarán los lineamientos de espesores mínimos según AASHTO93. Para ello cada capa individual debe verificarse para asegurar que sobre ella se coloque una capa de espesor adecuado, y sea construida con un material de suficiente calidad que responda a la demanda estructural..

Por lo tanto, el dimensionamiento de los espesores en el caso de una estructura de tres capas (ver Figura 32) a partir de la ecuación AASHTO 93, debe cumplir con cada una de las siguientes ecuaciones:

$$SN_1 = a_1 D_1$$

$$SN_2 = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2$$

$$SN_3 = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$



**Figura 32.** Procedimiento para determinar espesor de capa  
Fuente: AASHTO, Guía para diseño de estructura de pavimentos, 1993.



Por lo tanto, los diseños previamente señalados y que fueron aprobados por la Administración, incumplieron con los requerimientos de la metodología AASHTO93. El incumplimiento del número estructural para algunas de las capas podría generar fallos prematuros de la estructura, al no brindar la adecuada protección de las capas donde no se garantice la capacidad requerida.

En relación con la especificación del cartel de licitación, es criterio del equipo auditor que la metodología de diseño debe ampliarse a metodologías de diseño más actuales como las guías mecanístico-empíricas que no se limitan a correlaciones empíricas de materiales que no son propios de nuestro país.

Las guías mecanístico-empíricas determinan el dimensionamiento de espesores a partir de las respuestas de la estructura del pavimento, a saber, esfuerzos, deformaciones y deflexiones, tomando como base una adecuada caracterización de las propiedades de los materiales componentes, la ponderación de los efectos climáticos sobre dichas propiedades, el efecto de las cargas reales del tráfico.

El LanammeUCR en el año 2016, presentó la primera versión de la guía mecanístico-empírica con el fin de generar una metodología de diseño adaptada para las condiciones y materiales propios del país. Esta guía está estructurada en tres niveles de diseño en función el nivel jerárquico o prioridad de las rutas. Por lo que se recomienda a la Administración valorar la incorporación este tipo de nuevas metodologías de diseño de pavimentos en los carteles de licitación de manera que se generen estructuras de pavimentos acordes a la realidad del país.

## **SOBRE EL ANÁLISIS DE DESEMPEÑO DE LAS ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO DISEÑADAS**

### **HALLAZGO 6. SE EVIDENCIARON INCONSISTENCIAS EN LOS ANÁLISIS DE DESEMPEÑO REALIZADOS DE ACUERDO CON LAS ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS PROPUESTAS EN LOS INFORMES DE DISEÑO DE LAS REHABILITACIONES DE LAS RUTAS NACIONALES 1 Y 256.**

El análisis realizado por el equipo auditor permitió evidenciar inconsistencias en los análisis de desempeño desarrollados por los diseñadores en relación con las dimensiones de las estructuras evaluadas y propiedades de los materiales considerados previamente en el diseño.

En el caso del diseño de la rehabilitación de la sección de control 50060 de la Ruta Nacional 1, se observó que las 3 estructuras propuestas para los periodos de diseño de 5, 10 y 15 años, no correspondieron a las estructuras de pavimentos a las cual se les realizó el análisis de desempeño a fatiga y deformación permanentes según el



informe 01-842-17. En la figura 33 se observan los espesores propuestos del análisis estructural para un periodo de 5 años para la rehabilitación de sección de control 50060. Los espesores propuestos por el diseñador corresponden a 10 cm de carpeta asfáltica, 30 cm de base mejorada y 33 cm de subbase existente.

	LGC INGENIERÍA DE PAVIMENTOS S.A. INFORME DE ENSAYO	Página: 24 de 47
		Nº Informe 01-842-2017

**TABLA N° 13**  
**PARAMETROS UTILIZADOS EN LA ECUACIÓN DE LA GUÍA AASHTO - 1993**  
**Ruta 1, Sección de control 50060, 271+247 a 291+185**

Se presentan tres opciones diferentes de diseño para 3 periodos diferentes que se detallan a continuación:

- Opción 1, periodo de 5 años, consiste en colocar una carpeta asfáltica de 10,0 cm sobre una base mejorada con cemento de 30 cm (8 cm de carpeta existente + 22 cm de base estabilizada existente) sobre 33 cm de subbase (30 cm de subbase + 3 cm de base estabilizada existente), sobre la subrasante.
- Opción 2, periodo de 9 años, consiste en colocar una carpeta asfáltica de 13,0 cm sobre una base mejorada con cemento de 30 cm (8 cm de carpeta existente + 22 cm de base estabilizada existente) sobre 33 cm de subbase (30 cm de subbase + 3 cm de base estabilizada existente), sobre la subrasante.
- Opción 3, periodo de 15 años, consiste en colocar una carpeta asfáltica de 16,0 cm sobre una base mejorada con cemento de 30 cm (8 cm de carpeta existente + 22 cm de base estabilizada existente) sobre 33 cm de subbase (30 cm de subbase + 3 cm de base estabilizada existente), sobre la subrasante.

En todas las opciones la base mejorada con cemento debe tener una resistencia a la compresión simple  $\geq 30 \text{ kg/cm}^2$  a los 7 días.

**Figura 33.** Estructuras de pavimentos propuestas, Informe 01-842-2017, Rehabilitación Ruta Nacional 1 sección de Control, 50060, Fuente LGC, 2017.

En la Figura 34, se puede observar que se utilizaron dimensiones de espesores distintos a los propuestos en el diseño. La estructura evaluada en este caso para la obtención de las respuestas de pavimentos ante la aplicación de la carga de un eje equivalente correspondió a 10 cm de mezcla asfáltica, 25 cm de base mejorada y 38 cm de subbase existente.



	LGC INGENIERÍA DE PAVIMENTOS S.A. INFORME DE ENSAYO	Página: 29 de 47
		Nº Informe 01-842-2017

**TABLA N° 18**  
**EJEMPLO ANALISIS POR FATIGA Y DEFORMACIÓN PERMANENTE**  
**OPCIÓN N° 1**  
**Ruta 1, Sección de control 50060, 271+247 a 291+185**

EJEMPLO ANALISIS POR FATIGA Y DEFORMACIÓN PERMANENTE						
DATOS DE ENTRADA PARA EVERSTRESS						
CAPA	ESPESOR (cm)	SPESOR (pul)	Mr (MPa)	Mr (psi)	Poisson	
CARPETA ASFÁLTICA NUEVA	10.00	3.94	3102.64	450000	0.35	
BASE MEJORADA	25.00	9.84	4309.22	625000	0.25	
SUBBASE EXISTENTE	38.00	14.96	72.39	10500	0.35	
SUBRASANTE	---	---	51.71	7500	0.45	
EJES EQUIVALENTES PARA 3 AÑOS	3.073E+06					
REPETICIONES ADMISIBLES EN LA BASE MEJORADA						
ESFUERZO EN LA FIBRA INFERIOR DE BASE MEJORADA	Sxx	0.33	47.282 PSI	Nf=		8.051E+12
	Srop	1.22	177.00 PSI	CESAL 3.073E+06		
	Log Nf=17.61-(17.61*(Sxx/Srop))			Nf> CESAL CUMPLE		
ANÁLISIS POR FATIGA EN BASE MEJORADA						
	Sxx/Srop <0.45			0.27 <0.45 CUMPLE		
REPETICIONES ADMISIBLES PARA CONTROLAR DEFORMACION PERMANENTE						
DEFORMACION EN LA FIBRA SUPERIOR DE SUB-RASANTE	Nd= f4* (Ezz^f5)			Nd=		9.218E+08
	Ezz	1.04E-04	f4	CESAL 3.073E+06		
			f5	Nd> CESAL CUMPLE		

**Figura 34.** Estructuras de pavimentos propuestas, Informe 01-842-2017, Rehabilitación Ruta Nacional 1 sección de Control, 50060, Fuente LGC, 2017.

Por otro lado, en la readecuación del diseño de la Ruta Nacional 256 se evidenció en el análisis de desempeño el uso de un módulo elástico distinto al valor considerado dentro del procedimiento para la estimación de los espesores propuesto. En la Figura

Informe LM-PI-AT-121-2017	Marzo, 2018.	Página 71 de 149
---------------------------	--------------	------------------



35 se observan los módulos contemplados por el diseñador para la estimación de los espesores de las estructuras propuestas. Se observa que valor del módulo elástico de la subbase granular considerado fue 15 000 psi.



Tabla N° 8. Propiedades mecánicas de las capas del pavimento

Capa	Designación	CBR (%)	Módulo Resiliente (psi)	Coefficiente estructural	Coefficiente de drenaje
Carpeta asfáltica	M45(A)	NA	450 000	0.44	NA
Base mejorada	Resistencias mayores a los 15 kg/cm <sup>2</sup> a 7 días y CBR > 80	NA	500 000	0.12	1.0
Subbase granular (material existente)	Material existente	43	15 000	0.11	0.9

Figura 35. Propiedades mecánicas. Readecuación del diseño de la Rehabilitación Ruta Nacional 256. Sección de Control, 720020, Fuente ORION, 2017.

Sin embargo, para el análisis de desempeño de las estructuras propuestas, se utilizó un módulo elástico de 16 000 psi para la capa de subbase.



Corrida Tramo 1. Sección de control 70710 y parcialmente la SC 70720

#	Módulo E (psi)	Poisson v(1)	Espesor h (in)	Descripción
1	450000.0	0.35	2.76	MAC
2	500000.0	0.2	9.84	Base mej
3	16000.0	0.4	9.84	Sub base
4	10279.0	0.45		Subrasante

Figura 36. Propiedades mecánicas. Readecuación del diseño de la Rehabilitación Ruta Nacional 256. Sección de Control, 720020, Fuente ORION, 2017.

En relación al análisis de desempeño del cartel de licitación en el ítem M403(1)A establece:

*"Deberá incluirse la capacidad de carga en términos de ejes equivalentes para la falla por agrietamiento en la capa asfáltica superior por fatiga y para la falla por deformación plástica de subrasante."*



Según lo anterior, la evaluación del desempeño de las estructuras no responde a las condiciones y proporciones de las estructuras propuestas por los diseñadores. Por lo tanto, el análisis de desempeño por fatiga y deformación permanente corresponde a una estructura distinta a la diseñada.

Si bien el análisis del equipo auditor determinó que tanto el análisis de fatiga como de deformación permanente cumplieron con los requisitos de diseño para las dimensiones y propiedades originales de las estructuras propuestas según las ecuaciones contempladas en el oficio DVOP-5170-07, es criterio de la auditoría que estos diseños no debieron ser aprobados debido a que no se realizó la debida corroboración del análisis de desempeño acorde a la estructura propuesta.

La evaluación de una estructura de pavimento distinta a la propuesta incide directamente en la incertidumbre de que la estructura propuesta no cumpla con el desempeño a fatiga o deformación permanente necesarios para soportar las cargas de tránsito durante el periodo de diseño.

Un aspecto adicional que se evidenció en la evaluación de las estructuras de pavimentos a partir de ejes equivalentes de 18 mil libras fue que en algunos diseños, el análisis se consideró para un eje simple de una llanta, cuando la metodología AASHTO 93 considera un eje simple dual (dos llantas). En relación con este aspecto el cartel de licitación no brinda claridad, por lo que la evaluación de las estructuras para la determinación de las respuestas del pavimento queda a criterio del diseñador, tal como se evidenció en el análisis realizado por el equipo auditor.

## **SOBRE LAS RECOMENDACIONES Y CONSIDERACIONES PROPUESTAS POR LOS DISEÑADORES PARA EL CORRECTO DESEMPEÑO DE LAS ESTRUCTURAS DISEÑADAS DURANTE PERIODO DE DISEÑO**

### **OBSERVACIÓN 6. SE ENCONTRÓ FALTA DE CLARIDAD EN EL CARTEL DE LICITACIÓN RESPECTO A LAS RECOMENDACIONES Y CONSIDERACIONES PROPUESTAS POR LOS DISEÑADORES PARA EL CORRECTO DESEMPEÑO DE LAS ESTRUCTURAS DISEÑADAS DURANTE PERIODO DE DISEÑO.**

De acuerdo con lo revisado en el cartel de licitación, se ha encontrado falta de claridad en lo solicitado para los diseños estructurales en cuanto a recomendaciones antes y durante la construcción y para el periodo futuro de mantenimiento.

En el capítulo 3: Especificaciones Especiales, en la sección 2: Descripción de los renglones de pago, para el renglón M403(1)A Diseño de Rehabilitaciones y

Informe LM-PI-AT-121-2017	Marzo, 2018.	Página 73 de 149
---------------------------	--------------	------------------



Sobrecapas Asfálticas se especifican requerimientos mínimos que debe incluir el diseño contratado. Dentro de estos requerimientos indica que debe incluir:

*“Espesor de sobrecapa o capa asfáltica de superficie y, si es aplicable, espesor de capa asfáltica existente a perfilar, por tramo homogéneo. Deberán indicarse las intervenciones requeridas para períodos de diseño de 3 a 15 años, indicándose lo requerido año por año. Se aplicará la metodología de diseño de la AASHTO 1993.*

*Espesor de capas intermedias, en los casos de rehabilitación, ya sean sub-bases o bases de cualquier tipo, por tramo homogéneo. Deberán indicarse las intervenciones requeridas para períodos de diseño de 3 a 15 años, indicándose lo requerido año por año. Se aplicará la metodología de diseño de la AASHTO 1993.*

*Recomendaciones adicionales y criterios de preparación para la estructura de pavimento, de previo a la aplicación de una sobrecapa, o a la rehabilitación.”*

Como se puede ver, la redacción no es clara y deja abierta a interpretaciones subjetivas sobre la calidad de las recomendaciones que se deben indicar en los diseños estructurales, principalmente para mantenimiento futuro.

De acuerdo con la muestra de diseños revisados, se evidencia falta de homogeneidad en la calidad de recomendaciones incluidas en torno a definir intervenciones futuras para conservar el pavimento en buenas condiciones durante su vida útil. Algunos diseños muestran recomendaciones que debería cumplir la Administración durante el periodo de operación de la vía como una guía que permite tomar acciones preventivas. Por otro lado, existen diseños que aportan simplemente recomendaciones tales como mantener el sistema de drenajes en buen estado o cumplir con las especificaciones requeridas de los materiales utilizados en la construcción.

Es criterio de esta auditoría que debe existir claridad en el requerimiento cartelario para que la Administración asegure obtener recomendaciones en todos los diseños contratados, que puedan satisfacer técnicamente el objetivo de promover un mantenimiento futuro efectivo de la obra construida, a partir de la modelación del paquete estructural en concordancia con el tránsito estimado que pasaría por ese pavimento durante su vida útil.

Al no existir claridad en lo solicitado cartelariamente, se presentan casos en los que se exponen recomendaciones generales en los diseños estructurales que no aportan un valor agregado importante al análisis realizado con la información recopilada para la elaboración del documento técnico.



Se debe indicar que algunos diseños presentan recomendaciones importantes que aportan un apoyo técnico satisfactorio que puede ser utilizado por la Administración para un mantenimiento futuro. Sin embargo, a criterio del equipo auditor, se podría aprovechar con mayor optimización los resultados que puedan surgir de un análisis tan profundo como lo es la elaboración de un diseño de una estructura de pavimento.

## **SOBRE LA LA CONCORDANCIA ENTRE EL DISEÑO DE PAVIMENTOS REALIZADO, EL PROCESO CONSTRUCTIVO EN PROYECTOS DE CONSERVACIÓN VIAL Y LAS CONDICIONES EN SITIO**

### **HALLAZGO 7. SE EVIDENCIÓ QUE EL DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL RUTA NACIONAL 150 FUE PAGADO Y NO EJECUTADO POR VARIACIONES EN EL INCREMENTO DEL NIVEL DE RASANTE.**

Durante el proceso de ejecución de esta auditoría, se logró comprobar que el diseño de la rehabilitación de la Sección de Control 50651 de la Ruta Nacional 150 fue pagado y no ejecutado por la misma ingeniería de proyecto al presentarse estructuras de pavimentos con incrementos de nivel rasante que no se adaptaban las condiciones topográficas del entorno y niveles actuales de la superficie de pavimento y que además obligaron a la ejecución de otras actividades de conservación vial con el fin de dar transitabilidad en la vía.

Según el diseño de la rehabilitación de la Ruta Nacional 150 contenido en el informe de ITP-1012-16 y aprobado mediante el oficio DVP-23-17-0107 el día 21 de febrero de 2017, se propusieron estructuras de pavimentos con un incremento del nivel de rasante actual variable entre 33,0 y 44,5 cm para periodos de diseños entre 5 y 20 años.

El diseño de la rehabilitación de la Ruta Nacional 150 fue cancelado mediante la estimación de pago 6 de la línea 4 de la Licitación Pública 2014LN-000018-OCV00 correspondiente al mes de febrero de 2017, tal como se muestra en la estimación descriptiva de la Figura 37. Pese a la aprobación de la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes y la cancelación del diseño por parte de la ingeniería de proyecto, la rehabilitación no fue ejecutada. La decisión de la ingeniería de proyecto de no ejecutar el diseño propuesto en el informe de ITP-1012-16 fue argumentada en un incremento en el nivel de rasante superior a los 30 cm, lo cual generaría costos considerables por la readecuación de entradas, así como vulnerabilidad a inundaciones de viviendas, siendo una zona con una topografía plana.



ESTIMACIÓN DESCRIPTIVA N° 5/0 FONDO VIAL  
PERIODO DEL 01 DE ENERO AL 31 DE ENERO DEL 2017  
CONTRATO MP Y R: "MANTENIMIENTO PERIÓDICO Y REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA RED VIAL NACIONAL PAVIMENTADA"  
CONTRATACIÓN DIRECTA 2014CD-000140-0CV0  
EMPRESA CONSTRUCTORA MECO S.A.  
**DESCRIPTIVA POR ÍTEMES**

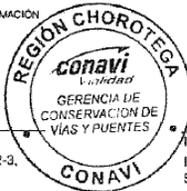
M403(1) A. Diseño de rehabilitaciones y sobre capas asfálticas

N° BOLETA	FECHA	ROTA	SECCION DE CONTROL	EST INICIO	EST FINAL	CANTIDAD	INSPECTOR	PROYECTO/ESTRUCTURA	COMENTARIO
	24/02/2017	150	50651	26+645	43+290	14.645	Jose Alonso Vargas	LICITACIÓN PÚBLICA No. 2014LN-000018-0CV00. CONTRATO MP Y R: "MANTENIMIENTO PERIÓDICO Y REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA RED VIAL NACIONAL PAVIMENTADA"	

TOTAL A RECONOCER EN ESTA ESTIMACIÓN  
PRECIO UNITARIO  
A PAGAR EN COLONES

14.645  
€378.518,16 km  
€14.331.862,90

Ing. Diego Vásquez Sánchez  
Ingeniero a Cargo de la Zona 2-3,  
Santa Cruz y Zona 2-4, Nicoya  
Gerencia de Conservación de Vías y  
Puentes



Ing. Mauricio Calvo Balazar  
Ingeniero Organismo Inspección Zona 2-3,  
Santa Cruz y Zona 2-4, Nicoya  
Consortio Consultoría de Servicios Viales  
de Guanacaste

Ing. Luis Adrián Torres Castillo  
Ingeniero Residente  
Empresa Constructora MECO S.A.

**Figura 37.** Estimación descriptiva de la estimación de pago N° 6, Línea 5  
Fuente: CONAVI

En relación con esta determinación, el equipo auditor considera acertado no haber procedido a la construcción de una estructura que incrementaría el nivel de rasante en más de 30 cm según las condiciones descritas, sin embargo se considera inadmisibles que el diseño de la rehabilitación con las estructuras propuestas haya sido aprobado y pagado sabiendo de previo que la Ruta Nacional 150 presenta este tipo de condiciones topográficas y lo cual a la vez representa en una inversión ineficiente cercana a los catorce millones de colones. De acuerdo con lo anterior, se puede concluir que existió una falta de previsión de la ingeniería de proyecto al no considerar de previo el nivel de rasante y la condición actual de la vía y establecerlo como una restricción en el diseño.

Las condiciones anteriormente descritas fueron corroboradas en visita realizada por el equipo auditor a la sección de control 50651 de la Ruta Nacional 150, el día 14 de setiembre de 2017. En la visita realizada se evidenció la presencia de un tratamiento superficial como superficie de ruedo con múltiples deterioros (huecos, deformaciones, agrietamientos) y cuyo nivel de rasante se vería directamente afectada por un incremento de más de 30 cm en su estructura debido a la topografía existente en la ruta.

Por otro lado, la técnica de bacheo a profundidad fue la intervención seleccionada por la ingeniería de proyecto para la atención de la Ruta Nacional 150 en lugar de la realización de la rehabilitación, con el fin de dar transitabilidad a la ruta, según lo indicado por el inspector del proyecto.



En relación con este aspecto, es criterio del equipo auditor que la técnica de bacheo a profundidad no corresponde a una técnica óptima a emplear en una ruta que está categorizada para una rehabilitación mayor debido su condición estructural, por lo que si bien esta intervención podría contribuir desde el punto de vista funcional, pone en riesgo el desempeño y durabilidad e inversión de las intervenciones realizadas.



**Figura 38** Bacheo a profundidad parcial realizado en la Ruta 150, Sección de Control 10990.  
Fecha: 23 de mayo de 2017. Fuente: UAT-LanammeUCR.

Posterior a la emisión del informe preliminar LM-PI-AT-121B-17 se colocó una sobrecapa asfáltica de 5 cm sobre la sección de control 50651 de la Ruta Nacional 150, de igual manera que en el caso del bacheo a profundidad, el tratamiento seleccionado, en este caso una rehabilitación menor, no responde a las necesidades estructurales de la ruta.

Es criterio del equipo auditor que una buena práctica en la etapa de diseño, en casos como el evidenciado en la Ruta Nacional 150, es que la misma ingeniería de proyecto genere restricciones de nivel de rasante previo a la realización del diseño. De manera tal que el diseñador pueda establecer las propuestas de estructuras de pavimentos de acuerdo a las necesidades y condición topográfica de la ruta. Lo anterior a la vez permitiría un trámite más eficiente del proceso de aprobación de diseños por la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes ya que facilitaría la aceptación o rechazo del dimensionamiento de estructuras y se evitaría el proceso de que el diseño sea aprobado por dicha Gerencia y rechazado por la ingeniería de proyecto al no cumplir con las especificaciones como ha ocurrido en otras ocasiones.

**HALLAZGO 8. SE EVIDENCIÓ QUE EL DISEÑO DE PAVIMENTOS DE LA SOBRECAPA DE LA RUTA NACIONAL 2 NO CONTEMPLÓ LA**

Informe LM-PI-AT-121-2017	Marzo, 2018.	Página 77 de 149
---------------------------	--------------	------------------



## REALIZACIÓN DE UN SANEAMIENTO MEDIANTE TÉCNICAS DE BACHEO A PROFUNDIDAD Y BACHEO FORMAL DENTRO DE LAS ACTIVIDADES A EJECUTAR EN EL PROYECTO PROPUESTO

Durante la visita del equipo auditor el día 20 de setiembre de 2017 al proyecto de mantenimiento de la Ruta Nacional 2, el equipo auditor observó la realización de actividades de bacheo sobre la estructura de pavimento de la RN 2 previo a la colocación de la sobrecapa, tal como se muestra en las fotografías.



**Figura 39** Bacheo a profundidad parcial realizado en la Ruta 2, Sección de Control 10990.  
Fecha: 23 de mayo de 2017  
Fuente: UAT-LanammeUCR.



**Figura 40.** Bacheo a profundidad parcial realizado en la Ruta 2, Sección de Control 10990.  
Fecha: 23 de mayo de 2017  
Fuente: UAT-LanammeUCR.

De acuerdo con la revisión del diseño contemplado en el informe ITP-1155-16 (correspondiente al diseño de la sobrecapa de la RN 2) estas actividades de saneamiento evidenciadas no fueron contempladas por el diseñador dentro del informe, ya que según como se describe en el siguiente párrafo del informe, los deterioros registrados correspondían a daños estructurales leves a moderados.

*"Con respecto al estado actual de la superficie de ruedo (capa asfáltica), se observó **un leve a moderado deterioro del pavimento desde el punto de vista estructural y funcional**. Desde el punto de vista estructural, fue posible identificar zonas con niveles de **agrietamiento por fatiga con una severidad baja** posiblemente producto de la pérdida de durabilidad que ha sufrido la capa asfáltica durante los años combinado con las significativas repeticiones de carga que gobiernan dichas secciones de control. De igual forma, se identificaron agrietamientos longitudinales debidamente sellados durante actividades de preservación aplicadas en períodos anteriores así como una gran cantidad de bacheos en regular estado que han producido una pérdida de regularidad superficial importante del camino".*

Sobre las actividades de saneamiento previo a la colocación de la sobrecapa en la Ruta Nacional 2, el equipo auditor realizó la consulta a la inspección de obra sobre la naturaleza de las intervenciones, a lo cual según informó la inspección, la ruta presentaba en múltiples secciones deformaciones y agrietamientos importantes, atendiendo espesores entre 10 cm y 12 cm. Sin embargo no se logró determinar el monto y cantidad de



toneladas de bacheo formal y bacheo a profundidad atendidos en la ruta debido a que no se encontró ningún registro en SIGEPRO de estas actividades.

En relación con este aspecto cabe destacar que la atención de la ruta y saneamientos de secciones con debilidades estructurales y otros tipos de deterioros previos a la colocación de la sobrecapa son considerados como una buena práctica de ingeniería que contribuirá al desempeño y durabilidad de la intervención posterior a realizar en la ruta.

Sin embargo es criterio del equipo auditor que existió un limitado análisis de la evaluación de la condición y caracterización de tipos de deterioros existentes en la ruta según el diseño planteado en el informe ITP-1155-16, lo cual generó adicionalmente que se debieran atender numerosos deterioros que no fueron considerados en el informe de diseño de la sobrecapa Ruta Nacional 2 como recomendaciones de preparación de la estructura previo a la colocación de la sobrecapa.

Si bien transcurrieron 2 meses entre la presentación del diseño por parte del contratista en diciembre del 2016 y la aprobación por la Administración el 1 de febrero de 2017, es criterio del equipo auditor que las deformaciones evidenciadas no ocurrieron en el transcurso del proceso de aprobación y responden a daños estructurales que pudieron ser alertados a la Administración mediante el análisis de deflexiones.

El cartel de licitación menciona en relación con este aspecto que los informes de diseño y rehabilitación deberán contener adicionalmente.

*"Recomendaciones adicionales y criterios de preparación para la estructura de pavimento, de previo a la aplicación de una sobrecapa, o a la rehabilitación".*

Este tipo de omisiones de atención previa de la estructura a intervenir en los diseños de pavimentos incide directamente en la gestión a nivel de proyecto ya que se genera incertidumbre en el costo total de una intervención, así como en el plazo y cantidad de recurso humano necesario para completar el mantenimiento de la ruta.

Por lo que se reitera nuevamente la importancia de realizar una adecuada inspección y caracterización de la condición de la ruta previo al diseño. De manera tal que si se identificaran secciones con deterioros estructurales del pavimento puntuales, estos puedan ser corroborados con los análisis de deflectometría realizados y a la vez esto permita al diseñador proponer otros tipos de atenciones en la ruta según sus necesidades previo a la colocación de una sobrecapa una sobrecapa.



## **OBSERVACIÓN 7. SOBRE LA FALTA DE CAPACIDAD OPERATIVA DEL CONAVI PARA GESTIONAR EL DISEÑO DE PAVIMENTOS DE PROYECTOS DE MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL**

El diagnóstico realizado por el equipo auditor permitió detectar debilidades en el mecanismo y estructura organizacional actual para gestionar y ejecutar un diseño de pavimentos como parte de las actividades del proceso de atención de la red vial nacional bajo el marco de la licitación vigente.

La evaluación de los informes de diseño y la realización de entrevistas a la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes y Gerencia de Conservación de Vías y Puentes permitieron evidenciar que actualmente existe un faltante de capacidad operativa del CONAVI para gestionar el proceso de aprobación, ejecución y modificación de los diseños de pavimentos de las rehabilitaciones y sobrecapas del área de conservación vial.

El equipo auditor identificó potenciales problemas relacionados con la falta de personal en la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes en relación con el volumen de diseños presentados, ausencia de capacidad técnica de las ingenierías de proyecto para incidir en la toma de decisiones preliminares de las propuestas presentadas por los contratistas, duplicidad de funciones así como potenciales conflictos en la determinación de responsabilidades profesionales en el diseño de pavimentos debido a las interacciones de los actores partícipes del proceso de aprobación de diseños de pavimentos. Todos estos potenciales problemas inciden directamente en los plazos de ejecución de los proyectos de conservación vial.

A manera de descripción general se muestra en la Figura 41 las respectivas etapas y actores del proceso de aprobación de un diseño de pavimentos bajo el marco de la contratación 2014LN-000018-0CV00.

La Figura 41 evidencia un proceso tramitológico complejo que depende de la interacción de diferentes actores, por lo cual es claro aseverar que el diseño de una intervención para el mantenimiento de la red vial nacional requiere un proceso de planificación anticipado, de manera que los diseños sean aprobados cercanos a la fecha de ejecución.

Según lo comentado por ambas gerencias, no existe un canal de comunicación fluido, por lo que se generan atrasos en los procesos de envío y remisión de oficios, lo cual obliga a los mismos diseñadores a reunirse con la Gerencia de Contratación con el fin de agilizar el proceso de aprobación de los diseños. La condición evidenciada puede incidir en los atrasos de aprobación del diseño, lo cual según lo indicado por la Gerencia de Contratación tarda alrededor de diez días hábiles en la revisión de los



diseños, y esta condición es aún más crítica cuando se deben realizar correcciones y modificaciones al diseño.

La Gerencia de Contratación de Vías y Puentes actualmente solo cuenta con una única ingeniera para la revisión de todos los diseños de conservación vial, según lo consultado a esa dependencia. Adicionalmente, la misma ingeniera está encargada de atender la revisión de otros diseños de otras dependencias del CONAVI, por lo que el espacio para la revisión de los diseños se ve condicionado también a otras cargas de trabajo.

Según lo expresado por la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes, la revisión del diseño se limita únicamente a la revisión del diseño de oficina y no se contempla dentro de sus funciones el análisis previo de las condiciones de sitio mediante inspecciones de campo, así como la verificación de la construcción de las estructuras propuestas por parte de los contratistas, pese a que la misma Gerencia indica que se tratan de realizar visitas de campo. Es criterio del equipo auditor que la no realización de inspecciones de campo por parte de esta Gerencia encargada de la revisión del diseño es que no se pueda girar recomendaciones y correcciones de los diseños de pavimentos de acuerdo con las condiciones existentes de las rutas por lo que la revisión del diseño se limita generalmente al cumplimiento de los requerimientos establecidos del cartel de licitación o a las metodologías utilizadas.

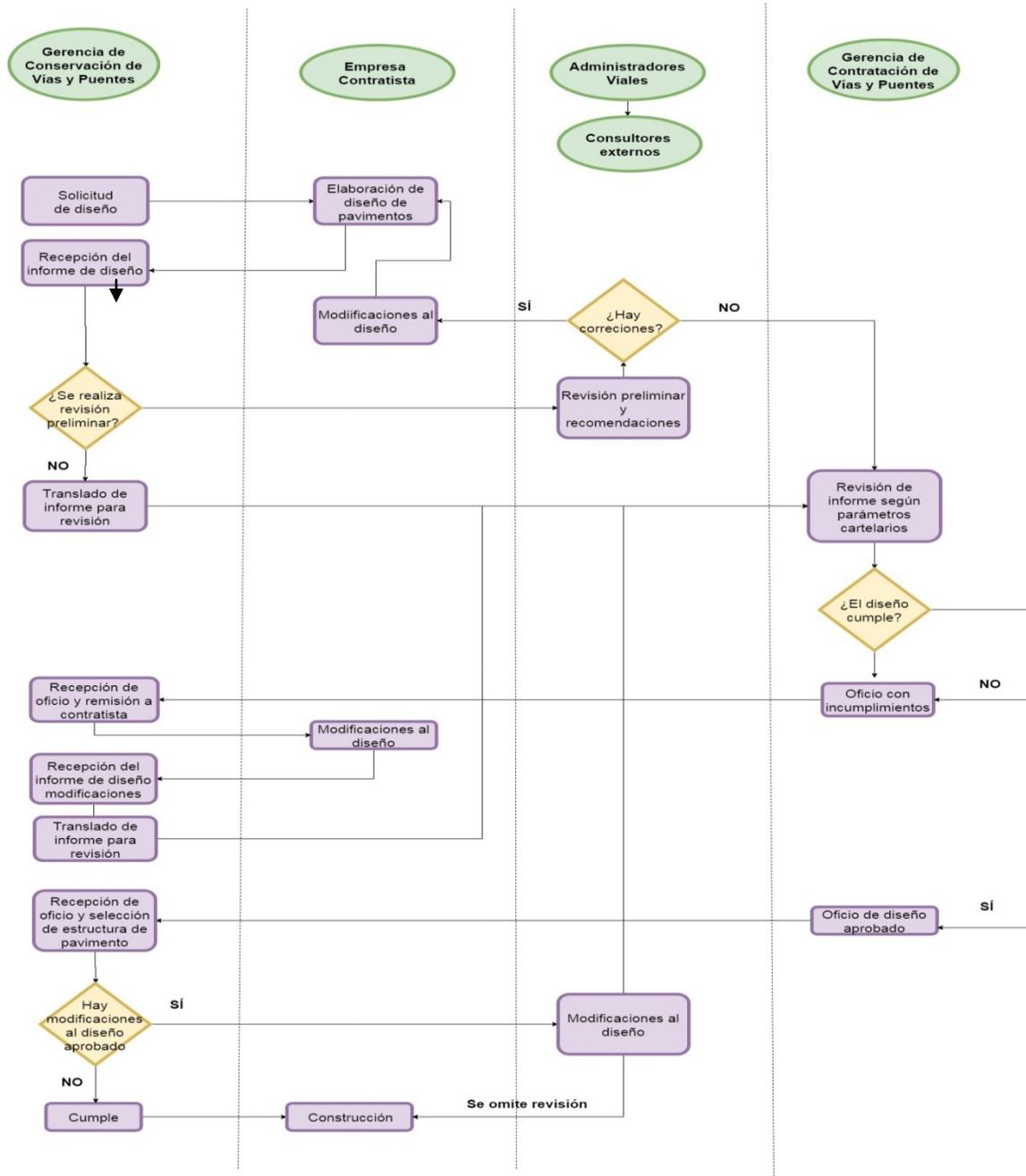


Figura 41. Procedimiento aprobación de diseños Licitación Pública 2014LN-000018-0CV00. Fuente: UAT-LanammeUCR.

Otra de las consecuencias de que exista un personal limitado para la revisión de diseños en la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes es que existe una dependencia directa de la Gerencia de Conservación Vial respecto a la aprobación de



readecuaciones de diseños producto del proceso constructivo. Lo anterior implica que se genere un proceso adicional de la aprobación del diseño, generando atrasos en los procesos de ejecución debido a la tramitología en que se debe incurrir.

Es criterio del equipo auditor que no existe suficiente personal capacitado para que mediante inspecciones de campo se pueda validar los ajustes de diseños realizados por las empresas contratistas, mediante un debido registro de las necesidades estructurales de las rutas ante las variables no consideradas que ocurren durante los procesos constructivos.

Por otra parte, de acuerdo con la entrevista realizada a la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, se mencionó que existe una limitación técnica por parte algunas ingenierías de proyecto respecto a la revisión de los diseños de pavimentos, ya que en muchos casos el enfoque técnico de los ingenieros de proyecto está asociado a procesos constructivos, razón por la cual se debe recurrir a la figura de los Administradores Viales y recientemente a consultores externos, pagados mediante fondos del Administrador Vial, como apoyo para la revisión preliminar de diseño y el ajuste de los diseños a las condiciones existentes actuales.

Precisamente en relación con la figura del consultor externo, el equipo auditor identificó la participación de una empresa externa en el proceso de aprobación del diseño propuesto por el contratista en la rehabilitación de la Ruta Nacional 256. El financiamiento de la consultoría se realizó mediante partidas del Administrador Vial de la zona 5-1.

En relación con el trabajo desarrollado por el consultor externo, el equipo auditor identificó que si bien la participación de consultores externos, constituye un apoyo técnico valioso para las ingenierías de proyecto en la revisión del diseño y readecuación de las estructuras de pavimento con base en las condiciones existentes de las rutas, su posicionamiento dentro del marco actual del proceso de aprobación de un diseño de pavimentos podría ser un punto de conflicto para la Administración y la empresa contratista. Lo anterior debido a que existe un potencial riesgo de que se diluya la responsabilidad profesional de la empresa contratista sobre el diseño propuesto, al consultor realizar modificaciones de las estructuras propuestas posterior a la aprobación del diseño. Esto ya que ante una posible falla del diseño podría generar un conflicto de responsabilidades entre la empresa contratista y la Administración, poniendo en riesgo la garantía de las obras.

Otro aspecto de la participación de la figura del consultor externo en la etapa posterior a la aprobación del diseño, es que existe el eventual riesgo de duplicidad de funciones por la realización de un nuevo diseño a partir del original. La Administración estaría



incurriendo en un pago adicional por una actividad (ítem M403(1) Diseño de rehabilitaciones y sobrecapas asfálticas) que está contemplada dentro del cartel de licitación, pese a que es conocido que el servicio brindado por el consultor externo en el tema de diseño de pavimentos es financiado con fondos públicos a través del Administrador Vial.

Sin embargo pese a lo anterior es claro la necesidad de fortalecer la dependencia de la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes, con más profesionales que refuercen el criterio técnico para la revisión y aprobación de diseños de pavimentos, así como la atención de vacíos y áreas grises que la Administración no ha podido atender como la valoración del diseño de acuerdo con las condiciones de las estructuras existentes y las readecuaciones de diseño conforme al desarrollo del proceso constructivo.

Un último aspecto que se debe atender en el tema de gestión del proceso de aprobación del diseños de pavimentos, es el mejoramiento de las especificaciones actuales del ítem M403 (1)A Diseño y Rehabilitaciones de sobrecapas asfálticas. Actualmente, algunos requerimientos no son claros en cuanto a su aplicación, por lo que en muchos casos los informes de diseño son devueltos por no ajustarse a estos parámetros o inclusive por realizar o considerar criterios fuera de las especificaciones vigentes. A criterio del equipo auditor es necesario que se generen nuevas especificaciones de acuerdo con los procedimientos actuales de diseño y parámetros de diseños propios del país, así como existe la necesidad de que se establezca requerimientos sobre el formato y la estructura de los informes que se solicitan a los contratistas de manera que se facilite el proceso revisión de la Administración y se evite así la heterogeneidad en el contenido de los informes, tal y como se evidenció en la evaluación realizada para la elaboración del presente informe de auditoría técnica.

## 10. CONCLUSIONES

### Sobre estudios básicos

- Se evidenció que en ninguno de los informes de diseño aprobados se realizó una caracterización visual de los materiales existentes, ni el ensayo de CBR en sitio , según lo indicado en el cartel de licitación, pese a la realización y registro de los sondeos.
- Se determinó que diez de trece informes revisados realizaron únicamente un sondeo por kilómetro para la caracterización de la subrasante según el contenido de sus informes, lo cual constituye un incumplimiento cartelario al ser tres el número de sondeos mínimos por realizar y aumenta la incertidumbre sobre la variabilidad de las propiedades mecánicas y del tipo subrasante existente .Además



en los informes E4 194-2016 y E3 198-2016, no se logró verificar el cumplimiento de este requisito debido a que el informe no contenía la información requerida.

- El diagnóstico de las especificaciones del ítem M403(1)A permitió concluir que actualmente el cartel de licitación no establece una frecuencia de ensayos definida, según la jerarquía de las rutas por diseñar, así como tampoco existe un lineamiento de tipos de ensayos a considerarse para la caracterización de materiales según la importancia de la ruta.
- La evaluación realizada por el equipo auditor identificó que tres de los trece informes revisados incumplieron con la frecuencia de ensayo de deflectometría establecida en el cartel de licitación lo cual incide directamente en un incremento de la incertidumbre y variabilidad en los procesos de caracterización de la ruta por secciones homogéneas, así como en el procedimiento de retrocálculo.
- Se evidenciaron debilidades en la caracterización de los deterioros existentes de los diseños aprobados en relación con la longitud y severidad de los deterioros como parte del diagnóstico de la condición estructural de las rutas de análisis previo al diseño de pavimentos.
- La especificación actual M403(1)A no cuenta con una metodología definida que sirva de guía a los diseñadores en la caracterización y cuantificación de los deterioros de las rutas que se van a intervenir.

#### Sobre tránsito de diseño

- Se observó de manera general en los informes de diseño evaluados la utilización de datos de tránsito de Planificación Sectorial del MOPT, los cuales responden a datos a nivel de red.
- En ninguno de los informes se evidenció la realización del análisis de capacidad de las rutas para la estimación del tránsito de diseño, por lo que no hay una garantía si durante el periodo de diseño se haya alcanzado el tránsito de saturación de las rutas y por ende se sobreestime el tránsito de diseño.
- Se evidenció la utilización de factores de camión desactualizados que no responden a las demandas de cargas tránsito actuales, por lo que existe el riesgo de sobreestimar el tránsito de diseño.

#### Sobre el seccionamiento homogéneo de las rutas

- La evaluación de los informes de diseño permitió evidenciar la omisión del seccionamiento de las rutas de análisis de acuerdo a la condición estructural, lo cual implica la posibilidad de que secciones de carretera de las rutas de análisis hayan sido sobrediseñadas o subdiseñadas y que a la vez podría generar ineficiencia en la inversión realizada en el mantenimiento de la red vial nacional.



- El cartel de licitación mediante el ítem M403(1)A no establece como obligatorio el uso del análisis por deflexiones como un requisito obligatorio, para la determinación de las estructuras por diseñar.

#### Sobre el retrocálculo de módulos

- La normalización de las deflexiones es un procedimiento ampliamente aceptado y muy útil para poder realizar comparaciones con valores de referencia, sin embargo, la falta de información en los informes e incongruencias observadas generan incertidumbre sobre la validación de los datos y dificulta la revisión de los parámetros seleccionados.
- La generalización del cuenco de deflexiones podría considerarse un procedimiento inadecuado para realizar el retrocálculo, ya que se pierde mucha información valiosa referente a la distribución de las deflexiones respecto a la profundidad del pavimento.
- La metodología empleada para realizar los retrocálculos es muy importante, ya que condiciona la precisión de los datos. La utilización de aproximaciones con pocos geófonos y que no consideren la no linealidad de los materiales podría incidir negativamente en la optimización de los diseños realizados.
- La utilización de métodos estadísticos adecuados para estimar las deflexiones características y módulos de diseño en combinación de tramos homogéneos es una práctica poco común al día de hoy por los consultores que realizan los diseños de las rehabilitaciones.

#### Sobre el dimensionamiento de las estructuras metodología AASHTO 93

- Se evidenció en la mayoría de diseños evaluados, la omisión de los valores de módulo de rigidez estimados a partir del retrocálculo de módulos como parte de los parámetros base del dimensionamiento de las estructuras propuestas para las rehabilitaciones y sobrecapas de la Red Vial Nacional. Por lo que en contraposición, en la mayoría de los casos se utilizaron valores de módulos elásticos estimados a partir de correlaciones empíricas de CBR.
- Se observó la utilización de criterios de diseño conservadores en la generalización de la condición más crítica de las propiedades de los materiales existentes para las rutas de diseño, mediante valores mínimos de módulos elásticos para un único estacionamiento, incidiendo en estructuras de pavimentos sobrediseñadas.
- Se identificó que 3 de los 13 diseños evaluados no presentaron la justificación del uso de parámetros de diseño para el dimensionamiento de estructuras de pavimentos flexible según lo establecido la metodología AASHTO 93, por lo cual se genera la incertidumbre si los datos empleados responden a las condiciones de diseños adecuadas para el dimensionamiento de las estructuras propuestas.



- Se evidenció que la especificación del ítem M403(1)A , no establece lineamientos sobre la justificación de los parámetros de diseño, de manera tal que se identificaron diferencias en la información contenida en los informes de diseño.
- Se identificaron inconsistencias en el uso y selección de coeficientes estructurales para el dimensionamiento de las estructuras en los diseños de las rehabilitaciones de las Rutas Nacionales 141 y 256, lo cual incidió en la estimación de los espesores de las estructuras propuestas.
- Se determinó que 2 de los 8 diseños de las rehabilitaciones que fueron aprobados no contemplaron la evaluación y cumplimiento estructural de capas intermedias, por lo que los espesores propuestos de estos diseños no garantizan la protección de las capas inferiores de acuerdo con la metodología AASHTO93.
- El diagnóstico de los requerimientos del ítem M403(1)A determinó que actualmente el dimensionamiento de las estructuras de pavimentos para el mantenimiento de la Red Vial Nacional se limita únicamente a la metodología AASHTO 93, sin considerar otras metodologías más actualizada como las guías mecanístico-empírico.

#### Sobre el análisis de desempeño de las estructuras de pavimento

- Se establecieron inconsistencias en los análisis de desempeño de los diseños aprobados de las rehabilitaciones de las Rutas Nacionales 1 y 256 en relación con las dimensiones de las estructuras evaluadas y propiedades de los materiales considerados previamente en el diseño, por lo que los análisis realizados no muestran el desempeño de las estructuras propuestas.

#### Sobre recomendaciones de las estructuras propuestas para garantizar el adecuado desempeño de las estructuras propuestas

- Se determinó que dentro de la especificación del ítem M403(1)A, no existen lineamientos claros sobre el tipo de recomendaciones y consideraciones para el correcto desempeño de las estructuras propuestas, previo , durante y posterior al proceso constructivo, por lo cual se evidenció falta de homogenización en el contenido de las recomendaciones propuestas por cada uno de los diseñadores para garantizar el adecuado desempeño de las estructuras diseñadas durante su periodo de diseño.

#### Sobre la concordancia entre el proceso constructivo y el diseño de pavimentos

- Se evidenció que el diseño de la Ruta Nacional 150 fue facturado mediante la estimación de pago 6 de la línea 4 de la Licitación Pública 2014LN-000018-OCV00



y no fue ejecutado por diferencias en los incrementos de los niveles rasante propuestos por el diseñador del informe ITP-1012-16.

- Se evidenció que la condición del pavimento del diseño de la sobrecapa de la Ruta Nacional 2 descrito en el informe de diseño ITP-1155-16, no respondía al tipo de deterioro existente, por lo cual la Administración tuvo que realizar otras actividades de conservación no contempladas por el diseñador previo a la construcción de la sobrecapa.

#### Sobre la capacidad operativa del CONAVI en la gestión del diseño de pavimentos

- Se identificaron potenciales problemas o debilidades en la gestión del CONAVI en el proceso de aprobación de los diseños de pavimentos para el mantenimiento.
- De acuerdo con el personal actual de la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes, no existe la capacidad operativa por parte del CONAVI para complementar la realización de diversas actividades del proceso de aprobación de diseño y verificación del cumplimiento del diseño propuesto en los proyectos de conservación vial.
- La participación de la figura del consultor externo en el proceso de aprobación de diseños podría generar conflictos de responsabilidades y duplicidad de funciones y pagos dependiendo de la etapa en que incida en el proceso.
- La especificación actual del ítem M403, presenta debilidades en relación con los lineamientos del contenido de cada uno de los requerimientos establecidos en la especificación lo cual incide de forma parcial en los tiempos de aprobación de los diseños de pavimentos para el mantenimiento de la Red Vial Nacional.

## 11. RECOMENDACIONES

### A la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes

- Se recomienda la formulación de una estructura de informe de diseño, como un lineamiento al ítem M403 (1)A, de manera que se establezcan requerimientos sobre el contenido de los apartados del informe presentado por los contratistas y a la vez facilite el proceso revisión de la Administración y se evite así la heterogeneidad en el contenido de los informes.
- Se recomienda la inclusión de un apartado en los informes de diseño que contenga un registro fotográfico de los sondeos solicitados según la frecuencia de muestreo indicada en el cartel de licitación.
- Se sugiere la revisión de la frecuencia y tipos de ensayos solicitados en el ítem M403(1)A para la caracterización de los materiales existentes de la estructura de pavimentos, de manera tal que estos se ajusten a la jerarquía de las rutas a intervenir.

Informe LM-PI-AT-121-2017	Marzo, 2018.	Página 89 de 149
---------------------------	--------------	------------------



- Se recomienda la implementación del Manual de Auscultación Visual de Pavimentos de Costa Rica (MAV-2014) como un requisito del requerimiento de la *descripción de los principales tipos de deterioro* del ítem M403 (1)A, de manera que se cuente con una metodología nacional homogénea y sistematizada de los criterios de auscultación para el diagnóstico imparcial, objetivo y técnicamente sustentado en la evaluación de los pavimentos de Costa Rica.
- Se recomienda valorar para futuras especificaciones la inclusión de estudios de tránsito de los proyectos a intervenir, de manera que se corroboren los datos de Planificación Sectorial del MOPT o se propongan otros valores según las demandas de las rutas a intervenir.
- Se sugiere solicitar a los diseñadores la estimación del tránsito de diseño a partir de una proyección mediante curvas logísticas, de manera que se considere la capacidad de las rutas.
- Se propone la Administración la adopción de nuevos factores camión estimados por el LanammeUCR según la Tabla 4 del informe, como parte de los parámetros para la estimación del tránsito de diseño empleado para el dimensionamiento de las estructuras.
- Se recomienda el establecimiento del análisis de deflexiones como requisito obligatorio en el seccionamiento por tramos homogéneos de las estructuras a diseñar en las rutas a intervenir.
- Se sugiere la adopción en el ítem M403 (1)A, de los módulos retrocalculados como un requisito obligatorio de los parámetros de diseños de manera que se obtenga un mayor grado de confiabilidad en las propiedades mecánicas de los materiales existentes a partir de ensayos con una frecuencia a nivel de proyecto. Adicionalmente, una buena práctica sería solicitar la verificación de los resultados estimados a partir del retrocálculo con los valores de los ensayos de CBR o ensayos a determinar por la Administración.
- Se sugiere la solicitud en el ítem M403 (1)A, de estadística y seccionamiento por tramos homogéneos como herramienta para optimizar el dimensionamiento de las estructuras de pavimentos y no se incurra en el sobrediseño y subdiseño de estructuras de pavimentos como parte del mantenimiento de la Red Vial Nacional.
- Se sugiere valorar la incorporación o uso de otros mecanismos de ensayos para la caracterización de materiales la mezcla asfáltica en futuras especificaciones, tal como el uso del ensayo de módulo dinámico o módulo resiliente de mezclas asfálticas, de manera que no se restrinja el módulo de diseño de este material a valores determinados por el nomograma de la metodología AASHTO 93.
- Se sugiere para futuras especificaciones la ampliación y adopción de nuevas metodologías de diseño de pavimentos, como las guías mecanísticas- empíricas, de manera que se ajusten a las condiciones y propiedades de los materiales, clima y tránsito del país, con el fin de diseñar estructuras más durables.



- Se recomienda generar lineamientos sobre el requerimiento del ítem M403 (1)A sobre "recomendaciones adicionales y criterios de preparación para la estructura de pavimento, de previo a la aplicación de una sobrecapa, o a la rehabilitación", con el fin de aclarar el alcance del mismo y a la vez estas recomendaciones sean de utilidad y aprovechadas por la Administración.
- Se sugiere que la ingeniería de proyecto genere restricciones de nivel de rasante previo a la realización del diseño por parte del contratista de manera tal que el diseñador pueda establecer las propuestas de estructuras de pavimentos de acuerdo a las necesidades y condición topográfica de la ruta.
- Se recomienda el uso del análisis de deflectometría como requisito en la identificación deterioros estructurales de las rutas de análisis, mediante el uso de indicadores de deflexiones o a través de la misma técnica del retrocálculo de módulos.
- Se sugiere la valoración de la participación de consultores externos dentro del proceso de aprobación del diseño, de manera que la Administración garantice que su interacción en el proceso no genere conflictos de responsabilidades ni pagos extras por una actividad de conservación vial que ya está contemplada dentro del contrato de la Licitación Pública 2014LN-000018-0CV00.
- Se recomienda la formulación de una comisión (Administración, LanammeUCR, consultores) para la revisión del ítem M403 (1)A, de manera tal que se puedan llegar a acuerdos sobre requerimientos a incidir en la próxima licitación de conservación vial y se generen a la vez lineamientos a las especificaciones del ítem actual para agilizar el trámite de aprobación de los diseños de pavimentos de las rehabilitaciones y sobrecapas.

#### **A la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes**

- Se recomienda a la Administración exigir el cumplimiento de los requerimientos establecidos en el cartel de licitación en relación con la frecuencia de medición de deflectometría, de manera tal que se logre caracterizar las estructuras de pavimentos a intervenir en función de su condición estructural y se logren desarrollar diseños más acordes a las demandas reales de la condición estructural las rutas de la Red Vial Nacional.
- Se propone valorar la solicitud de realización de los 3 sondeos de subrasante establecidos como requerimiento de la especificación M403(1)A, de forma espaciada a lo largo del kilómetro de diseño.
- Se recomienda fortalecer mediante capacitaciones, conceptos y fundamentos de las metodologías actuales de retrocálculo de módulos de manera que exista un panorama más amplio en el diagnóstico de la condición estructural del pavimento y se pueda brindar un mayor aprovechamiento a la información obtenida de los ensayos de deflexiones a nivel de proyecto.



- Se recomienda la solicitud de procedimientos de análisis más detallados en el retrocálculo de módulos, donde se muestren los supuestos considerados, modelos matemáticos y la información referente a la normalización de las deflexiones.
- Se sugiere solicitar la realización del procedimiento de retrocálculo de módulos utilizando técnicas como la de multicapa elástica, con la información de 7 o más geófonos. Además, debería reportarse el tipo de error utilizado para cada estacionamiento y los umbrales considerados para aceptar el retrocálculo.
- Se recomienda solicitar la utilización de métodos estadísticos adecuados (como la metodología de diferencias acumuladas o similar) para determinar tramos homogéneos en primera instancia. Posteriormente, podrían utilizarse los procedimientos descritos en párrafos previos para determinar deflexiones características y módulos de diseño adecuados.
- Se recomienda reforzar la revisión por parte de la Administración del uso y justificación de los parámetros de diseño, de manera que estos se ajusten a la realidad del tipo de materiales empleados en el país, así como la condición estructural y de drenaje de las vías de análisis.
- Se recomienda fortalecer la revisión de los análisis de desempeño a fatiga y deformación permanente de manera que se asegure la adecuada serviciabilidad de la vía durante los periodos de diseño de acuerdo con las estructuras propuestas.
- Se sugiere generar una nota aclaratoria donde se especifique al diseñador, el tipo de eje que debe ser empleado en el análisis del desempeño de pavimentos.
- Se recomienda garantizar el cumplimiento estricto del análisis estructural de metodología de diseño actual, de manera tal que se brinde la protección adecuada a las diferentes capas de las estructuras propuestas.

#### **A ambas Gerencias**

- Se sugiere la valoración de la participación de consultores externos dentro del proceso de aprobación del diseño, de manera que la Administración garantice que su interacción en el proceso no genere conflictos de responsabilidades ni pagos extras por una actividad de conservación vial que ya está contemplada dentro del contrato de la Licitación Pública 2014LN-000018-0CV00.
- Se recomienda la formulación de una comisión (Administración, LanammeUCR, consultores) para la revisión del ítem M403 (1)A, de manera tal que se puedan llegar a acuerdos sobre requerimientos a incidir en la próxima licitación de conservación vial y se generen a la vez lineamientos a las especificaciones del ítem actual para agilizar el trámite de aprobación de los diseños de pavimentos de las rehabilitaciones y sobrecapas.

#### **A la Dirección Ejecutiva del CONAVI**

Informe LM-PI-AT-121-2017	Marzo, 2018.	Página 92 de 149
---------------------------	--------------	------------------



- Se recomienda el fortalecimiento del personal de la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes de manera tal que se puedan atender las distintas actividades que involucran el procedimiento de aprobación desde el proceso de revisión, readecuaciones de diseño, y verificación del proceso constructivo.

## 12. REFERENCIAS

- AASHTO(1993). Guía para el diseño de estructuras de pavimento 1993. Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes, Washington DC,USA.
- Arriola Guzmán, R., Hidalgo Arroyo, A., Sequeira Rojas, W., & Loria Salazar, L. G. (2013). Informe de Auditoría Técnica LM-AT-051-2013: “Evaluación de los Estudios Preliminares y Diseños para el Proyecto de Construcción de la Ruta Nacional No.4 Sección: Bajos de Chilamate – Vuelta de Kooper” . San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
- Arriola Guzmán, R., Rodríguez Morera, J., Hidalgo Arroyo, A., Sequeira Rojas, W., & Loria Salazar, L. G. (2013). Informe de Auditoría Técnica LM-AT-052-2013: “Estudio Sobre los Requisitos Técnicos para la Contratación de los Diseños y Estudios Técnicos de los proyectos en las dependencias del CONAVI” . San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
- Arriola Guzmán, R., Salas Chaves, M., Chaverri Jiménez, J. (2008). Informe de Auditoría Técnica LM-AT-113-2008: “Mejoramiento de la Ruta Nacional N° 606 secciones: Carretera Interamericana-Guacimal y Santa Elena Monteverde” . San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
- Barrantes, J. (2017). Contrato de apoyo técnico especializado a la Dirección de Conservación de Vías y Puentes Proyecto: Ruta nacional 256, SC 70710 y 70720 Homecreek-Manzanillo. Orion Ingeniería y Consultoría, San José, Costa Rica.
- Barrantes González, R., Rodríguez Mora, M., (2005). Informe de Auditoría Técnica LM-PI-PV-AT-02-05: “Proyecto de Conservación Vial de la General Cañas” . San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
- Barrantes González, R., Rodríguez Mora, M., (2005). Informe de Auditoría Técnica LM-PI-PV-AT-08-05: “Proyecto de Conservación Vial de la Autopista



Bernardo Soto” . San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.

- Barrantes González, R., Salas Chaves, M., Rodríguez Mora, M., (2004). Informe de Auditoría Técnica LM-PI-PV-AT-29-04: “Sobre el Mejoramiento a los Accesos al Puente sobre el río Tempisque” . San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
- Consejo Nacional de Vialidad (2016). Licitación Pública Número 2014LN-000018-0CV00: Mantenimiento Periódico y Rehabilitación y Rehabilitación del Pavimento de la Red Vial Nacional Pavimentada. MOPT, CONAVI, San José, Costa Rica.
- Chavarría Bravo L.(2017). Informe 01-469-2017 Diseño estructural Ruta 1, sección de control 50040,50050, 240+972 a 271+247 Licitación Pública N°2014 LN-000018-0CV00"MP-R Mantenimiento periódico y rehabilitación del pavimento de la red vial nacional" Zona 2-1 línea 4. LGC Ingeniería de pavimentos, San José Costa Rica.
- Chavarría Bravo L.(2017). Informe 01-842-2017 Diseño estructural Ruta 1, sección de control 50060 271+247 a 291+185 Licitación Pública N°2014 LN-000018-0CV00"MP-R Mantenimiento periódico y rehabilitación del pavimento de la red vial nacional" Zona 2-1 línea 4. LGC Ingeniería de pavimentos, San José Costa Rica
- Chavarría Bravo L.(2016). Informe 01-507-2017 Diseño estructural Ruta 716, sección de control 21590,20210, 0+000 a 6+085 LGC Ingeniería de pavimentos, San José Costa Rica
- Fernández Cerdas, S., Martínez Martínez, O., (2016). Informe ITP-1155-16, Diseño estructura de pavimento, Proyecto: Ruta Nacional No. 2. Zona 4-3, SC60011 Río Claro(R.14) -Lte Cant. Golfito/Corredores(R.Caracol), SC 60002 Lte Cant. Golfito/Corredores(R.Caracol)-Ciudad Neilly(R237)(R.608), SC 60001 -Ciudad Neilly(R237)(R.608) - Paso Canoas(R.238)(Frontera Sur). Constructora MECO S.A., Ingeniería Técnica de Proyectos, San José, Costa Rica.
- Fernández Cerdas, S., Martínez Martínez, O., (2016). Informe ITP-1012-16, Diseño estructura de pavimento, Proyecto: Ruta Nacional No. 150. Zona 2-4, SC50651 Casitas (RN 157)- Belén(Iglesia). Constructora MECO S.A., Ingeniería Técnica de Proyectos, San José, Costa Rica.
- Fernández Cerdas, S., Martínez Martínez, O., (2016). Informe ITP-1075-16, Diseño estructura de pavimento, Proyecto: Ruta Nacional No. 253. Zona 2-3, SC51060 Comunidad(RN21)- Lte. Cant. Carrillo/Liberia, SC51090 Lte. Cant. Carrillo/Liberia- Paseo Nacascolo. Constructora MECO S.A., Ingeniería Técnica de Proyectos, San José, Costa Rica.



- Fernández Cerdas, S., Martínez Martínez, O., (2017). Informe ITP-206-17, Diseño estructura de pavimento, Proyecto: Ruta Nacional No. 4. Zona 6-2, SC20721 Lte Cantonal San Carlos/ Guatuso (El Edén)- San Rafael, Guatuso(RN143). Constructora MECO S.A., Ingeniería Técnica de Proyectos, San José, Costa Rica.
- Fernández Cerdas, S., Martínez Martínez, O., (2017). Informe ITP-083-17, Diseño estructura de pavimento, Proyecto: Ruta Nacional No. 152. Zona 2-3, SC50262 Villareal (RN 155)- Playa Tamarindo(Playa). Constructora MECO S.A., Ingeniería Técnica de Proyectos, San José, Costa Rica.
- Gallardo Mejía, M., Torres Morales, P., Chaverri Jiménez, J.. (2008). Informe de Auditoría Técnica LM-AT-110-2008: “Evaluación de la Rehabilitación de la Ruta 933 Zona 2-3 Sección de Control 50421 Huacas (R180) –Matapalo (Plaza), proyecto de Conservación Vial de la Red Vial Nacional” . San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
- LanammeUCR(2014). Interfaz gráfica para diseño mecanístico empírico de pavimentos en Costa Rica. San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
- LanammeUCR(2014). LM-PI-GM-INF-22-14 " Recomendaciones técnicas para el diseño estructural de pavimentos flexibles con la incorporación de criterios mecánico-empíricos ". San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
- Méndez Soto O,(2017). Oficio:E3 198-2016 Diseño estructura pavimento flexible Proyecto: Diseño de la rehabilitación (o reconstrucción) y mejoramiento de la Ruta Nacional No.141, Sección Control 20610 “Lte Cant. Naranjo/Alfaro Ruiz (Rio Espino) – Entrada Laguna”. OJM Consultores de calidad y laboratorio S.A, San José, Costa Rica.  
Méndez Soto O,(2017). Oficio:E3 194-2016 Diseño estructura pavimento flexible Proyecto: Diseño de la rehabilitación (o reconstrucción) y mejoramiento de la Ruta Nacional No.141, Sección Control 20600 “El Muro (R.148) - Lte Cant. Naranjo/Alfaro Ruiz (Rio Espino)”. OJM Consultores de calidad y laboratorio S.A, San José, Costa Rica.
- Ministerio de Obras Públicas y Transporte (2007).Oficio "DVOP-5107-07 ", Despacho Viceministro Obras Públicas, San José, Costa Rica.
- Ministerio de Obras Públicas y Transporte (2007).Oficio "DVOP-6152-07 ", Despacho Viceministro Obras Públicas, San José, Costa Rica.
- Ministerio de Obras Públicas y Transporte (2010). Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010, Dirección General de Vialidad, San José, Costa Rica.
- Ministerio de Obras Públicas y Transporte (2015)."Anuario de información de tránsito 2015 ", Proceso de Planificación Estratégica Multimodal de Servicios



de Infraestructura y de Transporte, Secretaría de Planificación Sectorial, San José, Costa Rica.

- Ministerio de Obras Públicas y Transporte (2016). "Manual de Auscultación Visual de Pavimentos en Costa Rica MAV 2016 ", Ministerio de Obras Públicas y Transporte, San José, Costa Rica.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo(2008). Código de Normas y especificaciones técnicas de obras de pavimentación. Ministerio de Vivienda y Urbanismo, División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional, Santiago de Chile.
- Morales, G., Herrera, E., Chaverri, J., (2005). Informe de Auditoría Técnica LM-PI-PV-AT-39-05: "Mejoramiento de la Ruta Nacional N° 34, Barú – Piñuela – Palmar Norte, Sección N° 1: Barú Piñuela (trabajos finales)" . San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
- SIECA(2002). Manual Centroamericano para diseño de Pavimentos. Secretaría de Integración Económica Centroamericana. Guatemala.
- Ulloa, A. (2011). " Guía de pruebas de laboratorio y muestreo en campo para la verificación de calidad en materiales de un pavimento asfáltico. San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.



<b>EQUIPO AUDITOR</b>		
<b>Preparado por:</b> <b>Ing. Sergio Guerrero Aguilera</b> <b>Auditor Técnico</b>	<b>Preparado por:</b> <b>Ing. Eliécer Arias Barrantes</b> <b>Auditor Técnico</b>	<b>Preparado por:</b> <b>Ing. Luis Diego Herra Gómez</b> <b>Auditor Técnico</b>
<b>Revisado por:</b> <b>Ing. Mauricio Salas Chaves</b> <b>Auditor Técnico</b>	<b>Aprobado por:</b> <b>Ing. Wendy Sequeira Rojas,</b> <b>MSc.</b> <b>Coordinadora Unidad de</b> <b>Auditoría Técnica - PITRA</b>	<b>Aprobado por:</b> <b>Ing. Luis Guillermo Loría</b> <b>Salazar, Ph.D.</b> <b>Coordinador General PITRA</b>
	<b>Visto bueno de legalidad:</b> <b>Lic. Miguel Chacón Alvarado</b> <b>Asesor Legal Externo</b> <b>LanammeUCR</b>	



## 13. Anexos

### 13.1 A1. Oficio DVP-23-18-0056



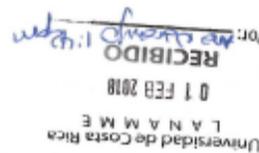
#### Dirección de Diseño de Vías y Puentes

Tel: 2202-5498/5499 Fax: 2524-1433  
e-mail: [sofia.rodriguez@conavi.go.cr](mailto:sofia.rodriguez@conavi.go.cr)

31 de enero de 2018.

DVP-23-18-0056

(515)



Ingeniera  
Wendy Sequeira Rojas, MSc.  
Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica  
PITRA-Lanamme UCR  
S. O.

Ref.: Comentarios referentes al Informe LM-PI-AT-121B-17, titulado "Evaluación de Parámetros y Metodología utilizada en los Diseños de Pavimentos Realizados Bajo el Marco de la Licitación Pública 2014-LN-000018-0CV00.

Estimada señora:

En atención al oficio No. LM-AT-9-18, de fecha 19 de enero de 2018, del tema indicado en la referencia, a continuación, se presentan los comentarios a los respectivos hallazgos y observaciones presentadas en el documento en cuestión.

**Hallazgo 1.** Se aprobaron diseños de pavimentos con ensayos insuficientes para caracterizar las propiedades de los materiales existentes de la estructura de pavimentos según el cartel de licitación.

#### Sobre la clasificación visual de los sondeos

Se hace alusión que los informes E4 194-2016 y E3 198-2016, que corresponden a la ruta nacional No. 141 no cuentan con registro de espesores, sin embargo, esto fue revisado y los informes sí cuentan con el registro de espesores por kilómetro solicitado en el cartel, lo anterior fue presentado en la primera versión de cada uno de los informes, se presenta en el Anexo No. 1.

En lo que respecta a clasificación de las propiedades físicas, si bien es cierto no se menciona el color, forma y textura de los agregados, sí se incluye la clasificación de suelos según AASHTO, que indica de manera indirecta estos parámetros.

En cuanto al criterio del equipo auditor de realizar un registro fotográfico de los sondeos realizados, el parecer de esta Gerencia es que es muy acertado y debería ser incluido en próximos carteles.

#### Sobre la caracterización de la subrasante

Nuevamente, se hace alusión que los informes E4 194-2016 y E3 198-2016, que corresponden a la ruta nacional No. 141 no cuentan con el registro de datos para la subrasante lo cual fue

Consejo Nacional de Vialidad. 100 metros Este de la Rotonda de Betania, Montes de Oca.  
Tel: (506) 2202-5300 Fax: (506) 2202-5315 Apartado Postal 616-2010 San José, Costa Rica  
[www.conavi.go.cr](http://www.conavi.go.cr)





## conavi Vialidad

1 de febrero de 2018  
DVP-23-18-0056  
Página No. 2

*revisado y los informes si cuentan con el registro de sondeos de subrasante, como se indicó anteriormente, se presenta en Anexo No.1.*

*En lo que respecta a los tres sondeos por kilómetro, me parece que esto deberá ser más claro en próximos carteles ya que al indicarse que " al menos un sondeo deberá ser bajo la superficie de ruedo", se presta para que el consultor entienda que basta con el sondeo bajo la superficie de ruedo para cumplir con los términos cartelarios.*

*Con respecto a CBR in situ, si bien es indicado en el cartel, es un ensayo que no es tan común, de hecho los laboratorios contratados no lo hacen, además, es un ensayo en el cual se debe de tener cuidado en la época que se realiza para no sobreestimar la capacidad del suelo, por lo que se considera que el valor de CBR de laboratorio que es más crítico, y dados los tiempos para la realización de los proyectos, está acorde a los requerimientos.*

**Hallazgo 2.** Se evidenció la aprobación de diseños de pavimentos con incumplimientos cartelarios en relación con la frecuencia de ensayos de deflectometría para caracterizar la condición estructural del pavimento a intervenir.

*Es criterio de esta Gerencia que, en condiciones de rehabilitación mayor, en donde se modifican los estados de esfuerzo debido a la eliminación e incorporación de materiales, no solicitar requerimientos que no serán utilizados en el diseño para no hacer a la administración incurrir en largos periodos sin ejecución de los proyectos.*

*Este fue el caso de la ruta nacional No. 141, donde se obvio está parte del cartel, sin embargo, en el caso de la ruta nacional No. 253, que es una sobrecapa, este criterio fue revisado en detalle y si cumple cartelariamente, en el Anexo No. 2 se presenta la deflectometría cada 50m.*

*Además, es criterio de esta Gerencia que evaluar la condición estructural como referente para decidir el tipo de intervención a realizar como ustedes bien lo indican en la página No. 25, párrafo No. 1 del informe, es trabajo de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes.*

**Hallazgo 3.** Se evidenciaron debilidades en la caracterización de los tipos de deterioros que presentaron las rutas a intervenir.

*Con respecto a este punto cabe destacar que se comparte el criterio de la auditoria, en cuanto a que en próximos carteles se debe de incluir el manual de Auscultación visual como guía para la determinación de la cuantificación de los deterioros, esto para que sirva junto con la deflectometría a la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, en la toma de decisiones en cuanto a las intervenciones a realizar, ya que en el cartel actual no se indica ningún manual a que acudir para realizar esto quedando a la libre del consultor lo que quieran indicar.*



1 de febrero de 2018  
DVP-23-18-0056  
Página No. 3

Sobre la estimación del tránsito de diseño en el dimensionamiento de las estructuras para rehabilitaciones

**Observación 1.** Se utilizaron tasas de crecimiento vehicular sin considerar la capacidad de las rutas intervenidas de acuerdo al período de diseño.

*El cartel realizado por la Gerencia de Conservación Vial, no hace indicaciones detalladas con respecto a cómo se quiere la información de TPD y tasa de crecimiento vehicular.*

**Observación 2.** Sobre la utilización de factores camión desactualizados en el diseño de pavimentos para rehabilitaciones y sobrecapas.

*Si bien es cierto los mismo se encuentran desactualizados, no se cuenta con factores camión más recientes que hayan sido oficializados, y el contar con la información requerida para que sean calculados para cada proyecto que es lo ideal, es sumamente complicado.*

**Hallazgo 4.** Se evidenciaron oportunidades de mejora en la tramificación de la ruta en secciones homogéneas para el diseño de pavimentos en rehabilitaciones y sobrecapas.

*Puesto que se incorpora la deflectometría en los informes y que este es un parámetro para realizar tramos homogéneos, esta Gerencia considera que se debería de utilizar en este aspecto, sin embargo, lo que se nos ha indicado por parte de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes es que se busca homogenizar la estructura para cada sección de control.*

Sobre el desarrollo y metodologías de retrocálculo empleadas en el diseño de pavimentos de rehabilitaciones de sobrecapas asfálticas.

**observación 3.** La metodología del retrocálculo utilizada en algunos de los diseños de rehabilitaciones no corresponde a las teorías y mecanismos actuales utilizados en el retrocálculo de módulos.

**Observación 4.** Los módulos retrocalculados no fueron utilizados en el diseño de las rehabilitaciones y sobrecapas desarrolladas.

*Si bien se concuerda con la auditoría en cuanto a la estandarización de la información, se recalca que dicha información solamente ha sido evaluada cuando se ha tratado de diseños con sobrecapa.*

*En cuanto al punto que se señala con respecto a la R.N. 716, el modulo para la subrasante utilizado es el correlacionado con ensayos de laboratorio, no como erróneamente se indica que fue el del retrocálculo multiplicado por 0.33. Se presenta en el Anexo No.3.*



## conavi Vialidad

1 de febrero de 2018  
DVP-23-18-0056  
Página No. 4

*Lo que sí es muy cierto es el punto, "por lo tanto, según lo anterior se infiere que la especificación del ítem M4031 solicita la realización de retrocálculos de módulos como un requisito más del diseño de pavimentos, sin embargo, la disposición no vincula los resultados del procedimiento con los módulos de los materiales existentes a emplear en el dimensionamiento de las capas por lo que su aplicación queda a criterio de diseñados".*

*Es el criterio de esta Gerencia que se sea más detallista en la realización del cartel y se pida la información de forma tal que sea utilizada de la mejor manera, para que la misma no sea un mero requisito que cumpla ninguna función.*

**Hallazgo 5.** Se evidenciaron en algunos de los diseños revisados inconsistencias con la utilización y justificación de los parámetros de diseño de la ecuación AASHTO 93.

### Justificación de los parámetros de diseño según metodología AASHTO93

*En el cartel no se realiza indicación expresa a la justificación de los parámetros. Sin embargo, se tendrá presente para futuras revisiones que todos los parámetros se encuentren bien justificados.*

### Inconsistencias del uso de coeficientes estructurales

*Si bien los valores de coeficiente estructural para la carpeta asfáltica de la ruta nacional No. 141, secciones de control Nos. 20610 y 20600 son diferentes en cuanto a la comparación de la tabla No.14 de ambos informes, se debe de revisar los informes completos, ya que en ambos diseños se utiliza el valor de 0.4, que se encuentran dentro del rango de valores típicos que indica AASHTO 93, eso fue un error en esa tabla.*

*En cuanto a los valores para la R.N. 256, de nuevo se debe de revisar todo el informe ya que como se puede evidenciar en la página No. 14, los datos indicados si concuerdan con los datos de la tabla No.8, de las propiedades mecánicas de las capas del pavimento. Como se muestra seguidamente.*



1 de febrero de 2018  
DVP-23-18-0056  
Página No. 5

Tabla N° 8. Propiedades mecánicas de las capas del pavimento

Capa	Designación	CBR (%)	Módulo Resiliente (psi)	Coefficiente estructural	Coefficiente de drenaje
Carpeta asfáltica	M45(A)	NA	450 000	0.44	NA
Base mejorada	Resistencias mayores a los 15 kg/cm <sup>2</sup> a 7 días y CBR > 80	NA	500 000	0.12	1.0
Subbase granular (material existente)	Material existente	43	15 000	0.11	0.9

Figura No.1. Tabla No. 8. Propiedades mecánicas de las capas del pavimento, Ruta Nacional No. 256. (SC 70720) Fuente: Orion 2017

DETERMINACION ESTRUCTURA

Vida útil según EAL(años)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
SN requerido	2.54	2.62	2.69	2.76	2.82	2.88	2.93	2.98	3.03	3.07	3
Propiedades SN calculado	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3
	Cumple										
Carpeta	a	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0
	D (in)	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2
	D (cm)	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7
	SN	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1
Base	a	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0
	D (in)	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9
	D (cm)	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25
	m	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1
	SN	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1
Subbase	a	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0
	D (in)	11.22	11.22	11.22	11.22	11.22	11.22	11.22	11.22	11.22	11
	D (cm)	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28
	m	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0
	SN	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1

Figura No.2. Memoria de cálculo para la determinación de la estructura Ruta Nacional No. 256. (SC 70720) Fuente: Orion 2017



1 de febrero de 2018  
DVP-23-18-0056  
Página No. 6

**Hallazgo 6.** Se evidencio que en algunos diseños no se revisó el cumplimiento del análisis estructural según metodología AASHTO 93.

*En todos los diseños se revisa el correcto cumplimiento de las estructuras según AASHTO 93, en estos casos en particular se debe de tomar en consideración, como lo indica AASHTO 93 que para materiales de capas mayores a 40 000 psi, este procedimiento no debe de ser utilizado, sin embargo es practica nacional utilizarlo aun sea para bases estabilizadas que tienen módulos mucho mayores, para estos casos, en donde el módulo sea mayor a 40 000 psi, el manual recomienda que los espesores sobre esta capa sean establecidos basado en consideraciones de espesores mínimos o por criterios de costo efectividad.*

*Asimismo, se debe indicar que, si bien el espesor de la base es menor al espesor requerido, todos los demás espesores se han redistribuido, de forma tal que al ser evaluado el número estructural total contra el numero estructural requerido para toda la estructura, y este cumple, además al evaluar las fallas de fatiga para la base, la estructura está cumpliendo criterios.*

Sobre el análisis de desempeño de las estructuras de pavimento diseñadas

**Hallazgo 7.** Se evidenciaron inconsistencias en los análisis de desempeño realizados de acuerdo con las estructuras de pavimentos propuestas en los informes de diseño de las rehabilitaciones de las rutas nacionales Nos. 1 y 256.

*Si bien es cierto, que la tabla en donde se indica el ejemplo de cálculo del análisis por fatiga y deformación, muestra errores, por medio de la revisión total del informe se puede hallar la información correcta, ésta es la que se evalúa y aprueba, por lo que esta Gerencia no ve la necesidad de incurrir en atrasos burocráticos que acarean costos para la administración cuando analizando toda la información se puede hacer el debido análisis. Esto basándose en el principio de eficiencia y eficacia.*

Sobre las recomendaciones y consideraciones propuestas por los diseñadores para el correcto desempeño de las estructuras diseñadas durante periodo de diseño

**observación 6.** Se encontró falta de claridad en el cartel de licitación respecto a las recomendaciones y consideraciones propuestas por los diseñadores para el correcto desempeño de las estructuras diseñadas durante el periodo de diseño.

*Corresponde a la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes.*



1 de febrero de 2018  
DVP-23-18-0056  
Página No. 7

Sobre la concordancia entre el diseño de pavimentos realizado, el proceso constructivo en proyectos de conservación vial y las condiciones de sitio.

**Hallazgo 8.** Se evidencio que el diseño de la rehabilitación de la ruta nacional No. 150 fue pagado y no ejecutado por variaciones en el incremento del nivel de rasante.

*Corresponde a la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes.*

**Hallazgo 9.** Se evidencio la realización de un saneamiento mediante técnicas de bacheo a profundidad y bacheo formal que no fueron contempladas en el diseño de pavimento dela sobrecapa de la ruta nacional 2.

*Corresponde a la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes.*

**Observación 7.** Sobre la falta de capacidad operativa del CONAVI para gestionar el diseño de pavimentos de proyectos de mantenimiento y rehabilitación de la red vial nacional.

Se hace constar que no es parte de las funciones contempladas para esta Gerencia la realización de evaluaciones antes y después de construidos los diseños realizados, no obstante, lo anterior, se hace un esfuerzo para realizar visitas a los proyectos en caso de que el ingeniero de proyecto lo solicite.

**A modo de comentarios generales**

Se considera que la solicitud de la deflectometría podría enriquecer más a los informes si se utilizara en forma correcta, no se le está dando el mejor uso a la delfectometría, en cuanto en el cartel no se indica con detalles para que utilizarla. Sería importante incorporarla en un sistema de gestión de pavimentos o utilizarla para la realización de los tramos homogéneos.

También se hace la observación de que los periodos de diseño indicados en el cartel deberían de ajustarse a un plan debidamente estipulado por la Gerencia de conservación vial.

Además, se hace saber que una vez que los diseños son recibidos en la Gerencia de Contratación para su revisión los mismos han pasado varios filtros como lo son la empresa que contrato el diseño de pavimentos, los administradores viales y los ingenieros de proyecto de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, por lo que, a pesar de ser revisados a detalle en la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes, los mismos ya deberían venir bastante depurados para su revisión final.



1 de febrero de 2018  
DVP-23-18-0056  
Página No. 8

Favor incorporar este oficio con sus anexos, al informe final realizado por ustedes.

Cordialmente,

**Ing. Sofia Rodriguez Lépez**  
Dirección de Diseño de Vías y Puentes



**Ing. Gabriela Baltodano Vargas**  
Directora de Diseño de Vías y Puentes

  
**Ing. Edgar Salas Solís**  
Gerente a.i de Contratación de Vías y Puentes

c.c. Lic. Carlos Solís Murillo, MBA  
Reynaldo Vargas Soto  
Expediente  
Archivo  
Copiador  
Archivo No. DVP-23-18-0056.doc

Dirección Ejecutiva –CONAVI  
Auditoría Interna-CONAVI





UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

13.2 A2. Oficio GCSV-92-2018-0826



GERENCIA DE  
CONSERVACIÓN DE VÍAS Y PUENTES

alexander.guerra@conavi.go.cr

16 de febrero de 2018  
GCSV-92-2018-0826 (182)

Señora  
Wendy Sequeira Rojas  
Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica  
LanammeUCR

Universidad de Costa Rica  
LANAMME  
19 FEB 2018  
RECIBIDO  
Pr. ASPI 8:06

REFERENCIA: LM-AT-9-18. Informe preliminar de auditoría técnica n° LM-PI-AT-121B-2017 "Evaluación de parámetros y metodología utilizada en los diseños de pavimentos realizados bajo el marco de la Licitación Pública 2014LN-000018-OCV00".

Estimada señora:

En atención a su oficio LM-AT-9-18, mediante el cual se hizo de conocimiento de este Gerencia el informe de referencia, remitimos para su valoración algunas consideraciones sobre lo indicado en el informe con respecto al accionar de esta Gerencia, así como sobre aspectos discutidos en la reunión de presentación de la versión preliminar.

Tal y como se comentó en dicha reunión, valoramos el punto de vista externo que brinda a la Administración una perspectiva que complementa la experiencia interna de la institución. En ese marco de respeto, también discrepamos en algunos criterios que se detallan más adelante.

Específicamente nos referiremos a los hallazgos del informe, pues las observaciones por lo general se refieren a sugerencias del equipo auditor, sin embargo, resultó necesario referirse a la observación 7, pues en esta última consideramos que incluye criterios que desconocen el antecedente de los contratos, así como la realidad institucional.

Adicionalmente a lo que se indica para cada apartado, es relevante hacer notar que la actualización de diversa normativa aplicable en los contratos de obra vial, como lo son los diversos manuales técnicos nacionales, forma parte del trabajo conjunto del MOPT y el LanammeUCR, por lo que, en el caso de todas las referencias a actualización de metodologías de diseño o especificaciones técnicas de diversa índole, consideramos apropiado que se limite su mención en general, en este informe y otros similares, por cuanto no es competencia de esta Gerencia iniciar el proceso de actualización de los mismos.

Tal es el caso de la guía de diseño Mecánico – Empírico que ha desarrollado el LanammeUCR, misma que se propone incorporar en los carteles de licitación, y que no ha sido oficializada por los organismos gubernamentales pertinentes; de acuerdo con lo anterior, se considera necesario que en primera instancia se oficialice para valorar su inclusión en nuevas contrataciones. En concordancia con lo anterior se solicita valorar eliminar esta recomendación tanto del cuerpo del

Consejo Nacional de Vialidad. 100 metros Este de la Rotonda de Betania, Montes de Oca.  
Tel: (506) 2202-5300 Ext.5635 Fax (506) 2225-4254 Apartado Postal 616-2010 San José, Costa Rica  
www.conavi.go.cr



Informe LM-PI-AT-121-2017	Marzo, 2018.	Página 106 de 149
---------------------------	--------------	-------------------

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr  
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.  
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.



GERENCIA DE  
CONSERVACIÓN DE VÍAS Y PUENTES

alexander.guerra@conavi.go.cr

16 de febrero de 2017  
GCSV-92-2018-0826 (182)  
Página 2 de 12

informe, o bien, cambiar su redacción para que el lector entienda que no es un elemento oficializado.

**Sobre el Hallazgo No. 1, en referencia a los ensayos para caracterización de materiales.**

En complemento a lo ya indicado en el oficio DVP-23-18-0056 de la Dirección de Diseño de Vías y Puentes, consideramos oportuno referirnos a la definición cartelaria en lo que se refiere al ensayo de CBR.

En la página 20 del informe preliminar se muestra un extracto de lo que establece el ítem M403 (1) A, Explicitamente lo que se cita es lo siguiente:

*"Caracterización del material de sub-rasante. Deberá determinarse la granulometría, límites de Atterberg, clasificación AASHTO, ensayo Próctor estándar, índice de soporte de California al porcentaje de compactación en sitio y al porcentaje mínimo de compactación requerido. (91%)"*

(El resaltado no es del original)

De lo anterior, para esta Gerencia es claro que la especificación cartelaria está solicitando el ensayo de CBR al porcentaje compactación en sitio, en vez de lo que interpreta el equipo auditor, de realizar el CBR en sitio. Así las cosas, es criterio de esta Gerencia es que la evidencia de que los valores de CBR han sido obtenidos en laboratorio, no incumple la especificación técnica para el ítem M403 (1) A.

Por lo anterior, se considera necesario solicitar al equipo auditor que valore si este punto en concreto debería ser eliminado, o bien redactado como observación, debido a que la variable "criterio" (en términos de auditoría), se basa en una mala interpretación de lo establecido.

**Sobre el Hallazgo No. 2, relacionado con la frecuencia de ensayos de deflectometría.**

Se menciona en la condición encontrada de este hallazgo, que algunos de diseños no cumplen con la frecuencia de pruebas de deflectometría. Al respecto, en el oficio DVP-23-18-0056 de previa cita, la Dirección de Diseño de Vías y Puentes explica que, para rehabilitaciones, en donde se modifican los estados de esfuerzo debido a la eliminación e incorporación de materiales, esta información pierde relevancia, por lo que, para la aprobación del diseño, se solicitan solamente las correcciones o aclaraciones que tiene relación directa con la propuesta técnica resultante de analizar la condición del pavimento.



GERENCIA DE  
CONSERVACIÓN DE VÍAS Y PUENTES

alexander.guerra@conavi.go.cr

16 de febrero de 2017  
GCSV-92-2018-0826 (182)  
Página 3 de 12

Sumado a lo anterior, consideramos oportuno resaltar que, dentro del proceso de diseño estructural, las pruebas de deflectometría corresponden a un paso necesario para la determinación del tipo de intervención a proponer. Es decir, para el momento en que se hacen las mediciones, se desconoce la magnitud de la solución técnica a aplicar, por lo que dichas pruebas son un elemento indispensable para la toma de decisiones por parte de la ingeniería de campo de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes.

En este contexto, a diferencia de la Dirección de Diseño de Vías y Puentes, esta Gerencia considera necesario que se mantenga la evaluación previa de deflectometría, y que, para el caso específico de revisión de la propuesta estructural, sea la Dirección de Diseño la que determine cuáles son los elementos decisivos que rigen el diseño, y solicite las aclaraciones que sean necesarias en cada caso.

**Sobre el Hallazgo No. 3: Sobre la caracterización de deterioros.**

Adicional a lo indicado en el oficio DVP-23-18-0056, de previa cita, se reitera la postura manifestada en la reunión de la presentación del informe que nos ocupa, en lo que respecta a la disposición de esta Gerencia, para incluir en próximos carteles los manuales y normas técnicas que al respecto genere el LanammeUCR y que sean oficializados por el MOPT a través de los mecanismos establecidos, sin embargo, el criterio de esta Gerencia, es que la clasificación como "debilidades en la caracterización de los tipos de deterioros" que se hace en el informe de Auditoría, usa un criterio para evaluar cumplimiento que excede lo indicado cartelariamente, ya que el cartel no indica ningún manual o norma técnica como referencia para la evaluación de deterioros. Lo anterior se debe a que, para el momento en el que se elaboró el cartel de licitación, no se contaba con las actualizaciones del CR-2010 o del manual de auscultación de pavimentos. Por lo anterior se solicita que se revalore este hallazgo, pues en lo que se refiere a generalidad de las evaluaciones de deterioros, no existe un criterio para comparar lo encontrado por el equipo auditor.

**Sobre el Hallazgo No. 4: En referencia a la tramificación en secciones homogéneas.**

Este hallazgo se basa en que se evidenciaron oportunidades de mejora en la tramificación de la ruta en secciones homogéneas, según el propio criterio del equipo auditor, pues así se indica en la página 37 (primer párrafo), y más adelante se menciona "[...] la misma normativa cartelaria no establece como obligatorio el uso de la condición estructural (deflexiones) como criterio del seccionamiento de la ruta diseño. Referente a este último aspecto, llama la atención de este equipo auditor, la omisión del seccionamiento de la ruta de diseño por condición estructural del pavimento [...]".

(El subrayado no corresponde al original)





GERENCIA DE  
CONSERVACIÓN DE VÍAS Y PUENTES

alexander.guerra@conavi.go.cr

16 de febrero de 2017  
GCSV-92-2018-0826 (182)  
Página 4 de 12

En consecuencia, se considera necesario valorar si este punto en concreto debería ser redactado como observación, debido a que la variable de "criterio" (en términos de auditoría) fue escogida por el LanammeUCR y no tomada de las especificaciones cartelarias, es decir, no se menciona norma alguna que fuera trasgredida u omitida por esta Gerencia, según lo expresado líneas arriba, ya que corresponde un aspecto de interpretación.

En todo caso, se reafirma que esta Gerencia sí realiza una valoración que busque seccionar y homogenizar según la condición estructural, lo que coincide en muchos casos con las secciones de control, realizando los ensayos de deflectometría para la toma de decisiones.

**Sobre el Hallazgo No. 5, referido a los parámetros de diseño AASHTO 93.**

Al respecto, para que sea valorado por el equipo auditor, se adjunta en el Anexo 2 explicación del diseñador de la intervención para la Ruta Nacional No.256, donde se asevera que no existe riesgo respecto al cálculo para coeficientes estructurales para la estructura propuesta y el análisis empleado, asimismo, amplía la escogencia de dichos coeficientes según lo ya indicado en su informe. Lo anterior como complemento a lo señalado en el oficio DVP-23-18-0056 de la Dirección de Diseño de Vías y Puentes.

**Sobre el Hallazgo No. 6, sobre el cumplimiento del análisis estructural.**

Sobre lo indicado en el informe preliminar, nuevamente nos referimos al Anexo 2 de este documento, y al oficio DVP-23-18-0056 de la Dirección de Diseño de Vías y Puentes.

En específico, existen criterios referidos al recrecido de la ruta, los cuales son explicados detalladamente por el diseñador para la intervención de la Ruta Nacional No. 256, y en complemento en el oficio DVP-23-18-0056, se aclara que, para la revisión y aprobación del diseño, se revisó cumplimiento con los criterios de número estructural para todo el paquete, y de evaluación por fatiga. Por lo anterior, nuevamente se solicita que se revalore el hallazgo a la luz de la información suministrada.

**Sobre el Hallazgo No. 7, sobre los análisis de desempeño.**

Se menciona en el informe preliminar, que tanto el análisis de fatiga como el de formación permanente cumplieron, sin embargo, no debieron ser aprobados porque no se realizó una debida corroboración del análisis de desempeño, para lo cual solicitamos que se considere el criterio vertido en oficio DVP-23-18-0056, donde se aclaran los criterios tomados para la aprobación, con base en la revisión global del diseño.



GERENCIA DE  
CONSERVACIÓN DE VÍAS Y PUENTES

alexander.guerra@conavi.go.cr

16 de febrero de 2017  
GCSV-92-2018-0826 (182)  
Página 5 de 12

Así bien, se considera necesario valorar si este punto en concreto debería ser redactado como observación, debido a que la variable "criterio" (en términos de auditoría), no explica dentro del contexto cual norma ha sido la elegida para medir o comparar la condición de auditoría encontrada; sino más bien, corresponde un aspecto procesal.

**Sobre el Hallazgo 8, con respecto al diseño para rehabilitación de la Ruta Nacional No. 150.**

La condición encontrada en la auditoría gira en torno a que existe un diseño para rehabilitación de la Ruta Nacional No. 150, el cual fue pagado al contratista, y no fue ejecutado debido a que el mismo no se adaptaba a las condiciones topográficas.

Al respecto, se adjunta en el Anexo 1 aclaración sobre este tema por parte de la ingeniería de proyecto, que se refiere básicamente a los costos de ejecución del diseño presentado, que de haberse realizado el proyecto, habría representado una concentración significativa de presupuesto en una sola ruta.

Así bien, esta Gerencia considera necesario que se revalore este punto, y en concreto a lo que nos referimos, es a que debería ser redactado como una observación, debido a que la variable "criterio" no se explica dentro del contexto normativo, es decir, no se indica cual norma ha sido la elegida para medir o comparar la condición encontrada; sino más bien, corresponde un aspecto de decisión estratégica.

Tal y como se señaló también para el caso del Hallazgo 2, las pruebas realizadas como parte del diseño estructural sirven a la Administración para la toma de decisiones estratégicas, y el trabajo efectivamente realizado por el contratista, servirá a la ingeniería de proyecto para decidir la mejor vía, dentro de los mecanismos institucionales, para la intervención del pavimento estudiado.

Esta toma de decisiones debe realizarse buscando la sabia administración de los contratos y fondos disponibles, análisis del marco de acción de cada dependencia dentro de CONAVI, así como análisis de costo-beneficio. En este último aspecto, debe tenerse en cuenta que el costo de los estudios y diseño, constituyen un porcentaje muy bajo del costo total de una intervención estructural profunda de la ruta, y en casos como este, descartar la propuesta presentada y decantarse por una estrategia diferente, es una alternativa perfectamente válida en aplicación del principio de uso eficiente de los fondos públicos.

Para este caso particular, la decisión tomada es trasladar el caso de la Ruta Nacional No. 150 para que sea considerada como candidata a incluirse en el Plan Operativo Institucional como un



GERENCIA DE  
CONSERVACIÓN DE VÍAS Y PUENTES

alexander.guerra@conavi.go.cr

16 de febrero de 2017  
GCSV-92-2018-0826 (182)  
Página 6 de 12

proyecto de reconstrucción o mejoramiento del corredor vial, y esta decisión se tomó con base en los resultados del estudio y diseño estructural presentado por el contratista, con lo que la información demuestra su utilidad para la Administración. Una vez que se reciba respuesta de Planificación Institucional, se ajustarían las medidas necesarias para dar mantenimiento y transitabilidad a la ruta según la expectativa temporal para inicio de una contratación específica para la ruta.

Dicho diseño sirvió como insumo para tomar una decisión, misma que fue ejecutada; así también este diseño fue insumo fundamental para proponer esta ruta como proyecto nuevo ante Planificación Institucional, y la información de exploración y evaluación estructural de la ruta, mantiene su validez y utilidad, independientemente de la ejecución del proyecto.

Es criterio de esta Gerencia que la conclusión alcanzada en la página 76 del informe debería evaluarse de una manera distinta, debido a que se afirma que "existió una falta de previsión de la ingeniería de proyecto al no considerar de previo el nivel de rasante y la condición actual de la vía y establecerlo como una condición de diseño", este aspecto es conclusivo y es criterio de esta Gerencia, que dicha parte debería ser eliminada, ya que no corresponde a las posibilidades reales según la condición de cada ruta.

En todo caso, en el Hallazgo 6, en lo referido al diseño estructural para la Ruta Nacional No. 256, el equipo auditor cuestiona las decisiones de diseño tomadas para restringir el aumento en el nivel de rasante, y en la Observación 7 se expresa recelo sobre el mecanismo utilizado para ajustar dicho diseño a las condiciones apropiadas para la construcción del proyecto, de manera que consideramos respetuosamente que el equipo auditor está externando criterios contradictorios, y formulando hallazgos con base en esos criterios propios, lo cual puede generar confusión al lector, de manera que se solicita que tanto este hallazgo, como otros puntos relacionados con la toma de decisiones estratégicas, tácticas y operativas, sean reconsiderados.

**Sobre el Hallazgo No. 9, referido al saneamiento de las rutas previo a la colocación de sobrecapas.**

Se menciona que se evidenció la realización de un saneamiento mediante técnicas de bacheo a profundidad y bacheo formal que no fueron contemplados en el diseño, según el informe que nos ocupa, esto dejaría entre ver un limitado análisis de la evaluación de la condición.

Lo anterior es incongruente con los criterios del informe que nos ocupa y de lo externado por el mismo equipo auditor en la reunión de presentación del mismo, pues en lo conversado sobre la





## GERENCIA DE CONSERVACIÓN DE VÍAS Y PUENTES

alexander.guerra@conavi.go.cr

16 de febrero de 2017  
GCSV-92-2018-0826 (182)  
Página 7 de 12

tramificación homogénea, quedó claro que existen deterioros puntuales que requieren tratamiento adicional para asegurar el mejor desempeño y durabilidad de las intervenciones.

La condición de auditoría encontrada no gira en torno a realizar saneamientos ya que esto es catalogado por el informe de marras como una buena práctica -cita textual, página 79-:

*"En relación con este aspecto cabe destacar que la atención de la ruta y saneamientos de secciones con debilidades estructurales y otro tipo de deterioros son considerados como una buena práctica de ingeniería que contribuirá al desempeño y durabilidad de la intervención [...]"*

Por otra parte, lo que se refiere a la descripción de deterioros, esto anteriormente fue desarrollado en el hallazgo 3, por lo que se solicita que dicho hallazgo sea incorporado como una observación o bien dentro del hallazgo No.3, al cual corresponde.

### **Sobre la observación No. 7, sobre la capacidad operativa del CONAVI para gestionar diseños de pavimentos.**

Se señala que existe una falta de capacidad operativa del CONAVI para gestionar el diseño de pavimentos, y para ello se toma de referencia principalmente el proceso de revisión y ajuste de diseños presentados por los contratistas, previo a la aprobación por parte de la Dirección de Diseño de Vías y Puentes.

Sobre este particular, es necesario aclarar que el proceso de revisión al que se hace mención en el informe preliminar, correspondió a una práctica que fue necesaria al inicio de la licitación 2014LN-000018-0CV00, pues en dicho cartel se modificaron las especificaciones técnicas que se habían venido utilizando durante un largo periodo, lo que se reflejó en diseños aparentemente conservadores en exceso, que podrían implicar sobrecostos, recrecidos significativos (con los correspondientes efectos en altura libre bajo el tendido eléctrico y otras instalaciones superiores a las rutas, afectación a intersecciones, reducción de la altura libre de las barreras de contención, dificultades para el acceso a propiedades colindantes con la vía, entre otros.), concentración del presupuesto en la intervención de pocas rutas (con la consecuente limitación para dar mantenimiento al resto de la red), entre otros.

Por tal motivo, consideramos, en primer lugar, que debería reconsiderarse la redacción general de la Observación 7.



GERENCIA DE  
CONSERVACIÓN DE VÍAS Y PUENTES

alexander.guerra@conavi.go.cr

16 de febrero de 2017  
GCSV-92-2018-0826 (182)  
Página 8 de 12

Si bien es cierto, el CONAVI en general tiene problemas de capacidad operativa y la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes no es la excepción, se han buscado aprovechar al máximo los recursos disponibles (como por ejemplo, el contrato de Administradores Viales), para suplir las actividades que lamentablemente se limitan por el faltante de recurso humano interno de CONAVI.

Como es de conocimiento de esa auditoría, los funcionarios de esta Gerencia asumen recargos de funciones constantemente, lo que limita la posibilidad de que se especialicen en el área de diseño estructural de pavimentos, o que, aun contando con el conocimiento en la materia, puedan realizar una revisión detallada inicial de cada supuesto de los diseños, antes de que sean presentados para revisión y eventual aprobación por parte de la Dirección de Diseño de Vías y Puentes.

Es decir, la ingeniería de proyecto sirve como filtro a la hora de revisión de los documentos básicos solicitados contractualmente, lo cual, además, coincide con la figura contractual existente para el mantenimiento de las vías, donde los estudios y diseños estructurales son parte de las labores contratadas.

En este contexto, el anteriormente indicado cambio en las especificaciones técnicas para la presentación de diseños de pavimentos, requirió un proceso de ajuste tanto de los contratistas como de la Administración, que implicó diversidad de criterios que debían cotejarse para definir el mejor para la Administración, lo que se tradujo en un esfuerzo adicional en revisión de cada caso, que no podía ser realizado por el personal interno de esta Gerencia.

Ante este panorama es indispensable el adecuado aprovechamiento de los recursos a disposición, para ello, mediante la figura de Administrador Vial, se solicitó en algunas ocasiones, la revisión de los diseños presentados por los contratistas de obra vial.

Específicamente sobre lo mencionado en el párrafo final de la página 80, reconocemos que tanto la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, como la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes, sufren de una notoria falta de personal, lo cual genera aumentos desmedidos en las cargas de trabajo, aumento de los plazos para trámites y revisiones, entro otras dificultades.

Tal y como se mencionó anteriormente, una de las estrategias tomadas es recurrir al contrato de Administradores Viales para contar con apoyo en múltiples tareas. Lo anterior no implica una duplicidad de funciones, pues la figura contractual de los Administradores Viales está concebida para dar apoyo a las ingenierías de proyecto, y en los casos indicados por el equipo auditor, está claro que la propuesta del contratista resultaba inviable o inconveniente para el bien público, lo que hacía necesario contrastar la alternativa de los contratistas con otras opciones, para que el



GERENCIA DE  
CONSERVACIÓN DE VÍAS Y PUENTES

alexander.guerra@conavi.go.cr

16 de febrero de 2017  
GCSV-92-2018-0826 (182)  
Página 9 de 12

criterio de eficiencia en el uso de los fondos públicos fueran aplicado en el diseño y toma de decisiones. Estas corresponden a funciones de una robusta y crítica ingeniería de proyecto, que busca incluir la ingeniería de valor como parte de sus funciones, por lo cual consideramos que la revisión de diseños se ajusta a la expectativa de excelencia en la administración de fondos públicos.

Es preocupante para esta Gerencia ver que en dicho informe se menciona el riesgo de duplicidad de funciones y pagos adicionales cuando, por motivos previamente mencionados, se accionaron mecanismos para una revisión del diseño antes de su aprobación, lo cual resulta en un costo marginal con respecto a la alternativa de construir rehabilitaciones con espesores excesivos. Por lo tanto, se solicita concretamente eliminar dichas afirmaciones del informe con el fin de no dar a entender erróneamente al lector una situación que no corresponde a la realidad.

Adicionalmente, sobre el mismo párrafo final de la página 80, así como lo indicado en la página 83 (párrafos 2, 3 y 4) sobre las responsabilidades, es criterio de esta Gerencia que el accionar tomado no pondría en riesgo el proceso constructivo, ni podría generar un conflicto de responsabilidades, ni podría poner en riesgo la garantía de las obras, ya que, al ejecutar los trabajos, el contratista está aceptando ejecutar el diseño revisado y autorizado por la Administración (la cual asume siempre responsabilidad por lo aprobado), con base en ensayos realizados por el contratista (los cuales son la base para el diseño), y éste debe mantener la garantía por las cantidades y obras ejecutadas, pues es el responsable de todos los procesos constructivos, pues el contrato vigente es un contrato por precios unitarios.

Por lo indicado anteriormente, y lo delicado de las aseveraciones que realiza el equipo auditor, es preciso solicitar que se modifique la figura 42 en la página 81, ya que el lector fácilmente podría interpretar que el CONAVI contrata consultores externos para la revisión de diseños, lo cual sería erróneo, ya que como se indicó, se utiliza la Figura de Administrador Vial. También es necesarios que se elimine toda mención a un consultor externo diferente de la figura de Administrador Vial.

Finalmente, en aras que la respuesta enriquezca de la mejor manera posible el proceso de auditoría, nos vemos en la necesidad de solicitar que dicho documento con sus anexos, sea incorporado al informe final realizado.

Quedamos en la mejor disposición de ampliar o detallar cualquier aspecto que consideren necesario como parte del proceso de auditoría.

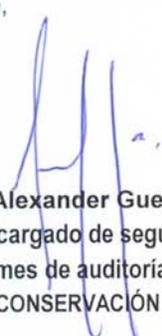


GERENCIA DE  
CONSERVACIÓN DE VÍAS Y PUENTES

alexander.guerra@conavi.go.cr

16 de febrero de 2017  
GCSV-92-2018-0826 (182)  
Página 7 de 9

Cordialmente,

  
Ing. Alexander Guerra Morán  
Encargado de seguimiento  
informes de auditorías externas



  
Ing. Edgar May Cantillano  
Gerente

GERENCIA DE CONSERVACIÓN DE VÍAS Y PUENTES

GERENCIA DE CONSERVACIÓN DE VÍAS Y PUENTES

EMC/AGM

- C. Directores Regionales – Gerencia de Conservación de Vías y Puentes.  
Sra. Gabriela Baltodano Vargas – Dirección de Diseño de Vías y Puentes.  
Archivo  
Copiador

### 13.3 ANÁLISIS DEL DESCARGO DEL INFORME PRELIMINAR LM-PI-AT-121B-17

De acuerdo con los procedimientos de esta auditoría técnica del PITRA-LanammeUCR, este informe en su versión preliminar LM-PI-AT-121B-17 fue remitido a la Administración el día 22 de enero de 2018 mediante oficio LM-AT-9-18, para que fuese analizado y donde se indicó que la presentación oral del informe se realizaría el día 29 de enero de 2018. En la presentación oral del informe se acordó fijar un plazo máximo hasta el 12 de febrero de 2018 para la entrega del descargo por parte de la Administración de los hallazgos y observaciones planteadas en el informe.

El día 01 de febrero de 2018, se recibió el documento de descargo por parte de la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes, Oficio DVP-23-18-0056 emitido por la Ing. Sofía Rodríguez, Ing. Gabriela Baltodano Vargas e Ing. Edgar Salas Solís. Adicionalmente, el día 16 de febrero de 2018, se recibió el documento de descargo por parte de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, Oficio GSV-92-2018-0826 emitido por el Ing. Alexander Guerra Morán e Ing. Edgar May Cantillano.

Informe LM-PI-AT-121-2017	Marzo, 2018.	Página 115 de 149
---------------------------	--------------	-------------------



Estos oficios fueron analizados por el equipo auditor y considerados para realizar aclaraciones y mejoras al informe con el fin de que sea de mayor claridad para la Administración.

A continuación se detalla el análisis del descargo realizado para cada uno de los hallazgos y observaciones contempladas en el diseño.

### **HALLAZGO 1. SE APROBARON DISEÑOS DE PAVIMENTOS CON ENSAYOS INSUFICIENTES PARA CARACTERIZAR LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES EXISTENTES DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS SEGÚN EL CARTEL DE LICITACIÓN.**

#### Sobre la clasificación visual de los sondeos

De acuerdo con la evidencia presentada en el Anexo 1 del descargo DVP-23-18-0056 en alusión al registro de espesores de los sondeos realizados en los informes de diseño E4 194-2016 y E3 198-2016, el equipo auditor elimina del primer párrafo de este apartado del informe preliminar LM-PI-AT-121B-17 la frase **"a excepción de los informes E4 194-2016 y E3 198-2016 de la rehabilitación de la Ruta Nacional 141, los cuales no presentaron ningún registro dentro de su contenido"**

Por lo que la redacción del párrafo del informe final LM-PI-AT-121-17 se modifica a:

***"De acuerdo con la revisión realizada todos los informes de diseño cumplieron con la frecuencia de sondeos establecida en el cartel de licitación a razón de un sondeo de espesores por kilómetro."***

A manera de aclaración se menciona que la revisión de los informes de diseño se realizó con los insumos suministrados por las ingenierías de proyecto en su momento como lo indica la metodología del informe, por lo que la evaluación original realizada por el equipo auditor no contempló en su contenido la nueva información aportada por la gerencia de Contratación que forma parte del informe original.

Además se modifica la figura 3 del informe ya que la ingeniería de proyecto responsable de la intervención del proyecto de atención de la Ruta Nacional 716 suministró un informe distinto al aprobado en el oficio DVP-23-2017, razón por la cual se realizó la evaluación del informe 1226-2016 (correspondiente a un informe de diseño previo de la Ruta nacional 716) en lugar del informe 01-507-2017.

Una vez que la ingeniería de proyecto envió el informe correcto, se procedió a realizar la evaluación del mismo según lo indicado en la metodología del informe LM-PI-AT-

Informe LM-PI-AT-121-2017	Marzo, 2018.	Página 116 de 149
---------------------------	--------------	-------------------



121-2017. El resultado de la revisión determinó la misma condición evidenciada previamente en el informe 1226-2016, razón por la cual se sustituye la figura 3 del informe por el cuadro de espesores del anexo 1 del informe 01-507-2017.

	LGC INGENIERÍA DE PAVIMENTOS S.A. INFORME DE ENSAYO	Página: 3 de 36
		N° Informe 01-507-2017

### ANEXO N° 1

#### DATOS OBTENIDOS

Espesores obtenidos por medio de un muestreo a cielo abierto en la ruta correspondiente.

RUTA N°716  
 INICIO: 0+000, FINAL 6+085

CAPA	ESPESORES (cm)									PERFIL CARACTERÍSTICO
	ESTACIÓN									
	0+250	1+100	1+500	1+900	3+000	3+500	4+100	5+000	5+950	
CARPETA ASFÁLTICA	8	6	6	7	6	6	6	5	7	6
SUBBASE GRANULAR	24	29	30	26	20	29	25	24	25	26
SUBRASANTE	∞									

**Figura 3. Informe 01-507-2017(Rehabilitación 716, SC 21590 y 20210). Fuente LGC, 2017**  
 En relación con el párrafo del oficio DVP-23-18-0056, donde se señala que "si bien no se menciona el color, forma y textura de los agregados si se incluye la clasificación AASHTO de manera que se indica de manera indirecta a estos parámetros", el equipo auditor coincide en que el tipo de clasificación de suelo AASHTO, contempla de forma indirecta este tipo de propiedades dentro de su matriz, sin embargo el cartel de licitación es claro que la clasificación visual de los materiales debe indicarse como un requisito del ítem.

Por lo tanto según la redacción del informe preliminar no se modifica el enfoque del hallazgo, pero sí se modificaron dos oraciones del mismo de manera que se brinde mayor claridad en las evidencias registradas, ya que si bien pudo haberse realizado clasificaciones visuales de los materiales para la clasificación AASHTO, las mismas no fueron reportadas.

Se elimina la palabra **generó** del primer párrafo del apartado del informe final y se modifica la redacción del mismo de la siguiente forma:



*Sin embargo, pese al cumplimiento de la frecuencia de sondeos, ninguno de los informes de diseños presentados por los laboratorios para la vigente licitación **indicó dentro de su contenido la clasificación visual de los materiales extraídos.***

Se modifica la redacción del párrafo 5 de apartado con el fin de brindar mayor claridad al incumplimiento evidenciado

*"Por lo tanto, los diseños que fueron aprobados **no muestran dentro del contenido del informe una categorización visual de los materiales de acuerdo a lo establecido en la especificación.**"*

#### Sobre la caracterización de subrasante

De forma similar al apartado anterior de acuerdo con la evidencia presentada en el Anexo 1 del descargo DVP-23-18-0056 por la gerencia de Contratación en alusión al registro de espesores de los sondeos realizados en los informes de diseño E4 194-2016 y E3 198-2016, el equipo auditor elimina el siguiente párrafo del informe final

***"Adicionalmente, se debe indicar nuevamente que los informes de diseño E4 194-2016 y E3 198-2016 de la rehabilitación del a Ruta Nacional 141, no presentaron en su contenido ningún registro ni detalle de la realización de algún tipo de sondeo de subrasante, pese a que el informe sí se menciona que se realizaron ensayos de caracterización de los materiales existentes y se muestran algunas fotografías de los sondeos realizados. Por lo tanto, el equipo auditor no logró establecer con base en el contenido de los informes proporcionados si los sondeos descritos fueron realizados. Sin embargo, cabe señalar que el registro de la realización de los sondeos es un requisito del ítem, por lo cual deben adjuntarse en el informe de diseños presentados".***

Sin embargo, según la evidencia presentada por la Gerencia de Contratación correspondiente al apartado 4 "Espesores de pavimentos existentes" de los informes E4 194-2016 y E3 198-2016, se observa únicamente la realización de un único sondeo por kilómetro de la subrasante, de manera que los dos diseños forman parte del incumplimiento establecido en el cartel de licitación como se indica en el contenido del informe final. Por lo tanto, en el primer párrafo del aparatado "Sobre la caracterización de subrasante" se sustituye el número 8 por 10 de la siguiente manera

Informe LM-PI-AT-121-2017	Marzo, 2018.	Página 118 de 149
---------------------------	--------------	-------------------



*Se evidenció que 10 de los 13 diseños revisados, correspondientes a los diseños de rehabilitaciones y sobrecapas de las rutas nacionales desarrollados por los laboratorio ITP y OJM presentaron dentro de sus informes el registro de un único sondeo del material de subrasante por kilómetro,*

Por otro lado, de acuerdo con lo indicado en el oficio GCSV-92-2018-082-00056 se menciona que la especificación sobre la caracterización de la subrasante obedece a una interpretación del equipo auditor sobre el contenido de la misma, en relación con la realización del ensayo del CBR en sitio.

Sobre el punto anterior el ítem M403(1) A del cartel de licitación es claro y establece la realización de dos ensayos tal como se indicó en el informe:

- Índice de soporte de california al porcentaje de compactación en sitio:

El ensayo del Índice de soporte de california para la determinación del porcentaje de compactación en sitio se realiza mediante el ensayo CBR in situ o ensayo de Anillo de carga realizado únicamente en la subrasante y sirve para correlacionarlo con el CBR en laboratorio, de acuerdo con la norma TB ENG 37 del Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos. También existen correlaciones mediante las mediciones obtenidas con el DCP.

- Índice de soporte de california al porcentaje mínimo de compactación requerido al 91%.

El ensayo al porcentaje mínimo de compactación requerido al 91% es realizado mediante el CBR en laboratorio, el cual se determina la capacidad soportante del suelo (Relación de Soporte de California, por sus siglas en Ingles), de acuerdo con las normas ASTM D 1883 / AASHTO T 193.

Además el mismo oficio DVP-23-18-0056 reafirma el criterio del equipo auditor sobre la solicitud del ensayo en el cartel de licitación, y comparte el criterio de la Gerencia de Contratación en que se debe brindar atención a la época en que se realiza el ensayo de CBR en sitio de manera que no se sobreestime la capacidad del suelo. Sin embargo, si es criterio del equipo auditor que se debe revisar que las condiciones en sitio se ajusten a los porcentajes de compactación mínimos propuestos.

De lo anterior se indica nuevamente el incumplimiento por parte de los diseñadores en la realización del ensayo del CBR en sitio necesario para corroborar los resultados del laboratorio con la capacidad de soporte del suelo en campo.



Por lo tanto la solicitud sobre la eliminación en el Hallazgo 1 del incumplimiento por parte de los diseñadores en la realización del ensayo de CBR en sitio es descartada ya que el mismo está claramente establecido en la especificación y no modifica el contenido del hallazgo.

**HALLAZGO 2. SE EVIDENCIÓ LA APROBACIÓN DE DISEÑOS DE PAVIMENTOS CON INCUMPLIMIENTOS CARTELARIOS EN RELACIÓN CON LA FRECUENCIA DE ENSAYOS DE DEFLECTOMETRÍA PARA CARACTERIZAR LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO A INTERVENIR.**

De acuerdo con la observaciones presentadas en el descargo DVP-23-18-0056 sobre el cumplimiento de la frecuencia de ensayos deflectometría en el diseño de la Ruta Nacional 253, el equipo auditor rectifica dentro del contenido del hallazgo que el incumplimiento evidenciado y atribuido al diseño de la Ruta Nacional 253 corresponde más bien al diseño de la rehabilitación de la Ruta Nacional 716 desarrollado por el laboratorio LGC, tal como se indicó en el informe y el mismo responde a un error en la redacción del informe preliminar.

Por lo tanto, según lo anterior se modifica en los párrafos 2 y 5 del Hallazgo 2 del informe preliminar el número de ruta 253 por 716, de manera que la redacción final queda de la siguiente manera.

*En la revisión realizada al contenido de los informes de diseño presentados por los laboratorios LGC (rehabilitación RN 1 y **RN 716**) y OJM (rehabilitación RN 141), se observó el registro de mediciones de deflectometría con frecuencia de espaciamiento cada 50 m en un único carril (o sentido) o en ambos carriles en el mismo estacionamiento*

*Según lo anterior, los diseños previamente señalados correspondientes a las intervenciones por realizar en las rutas nacionales 1, 141 y **716** fueron aprobados sin el cumplimiento del requerimiento asociado a la frecuencia de deflectometría establecido en el ítem M403 (1)A Diseño y rehabilitaciones de sobrecapas asfálticas.*

La revisión realizada en el informe 01-507-2017 de LGC Ingeniería de pavimentos permitió determinar que además del incumplimiento en relación a la frecuencia de espaciamiento de medición los ensayos de deflectometría, los mismos no abarcaron la totalidad del proyecto analizado.

Por consiguiente, según la condición evidencia, se agrega el siguientes párrafo y figura al informe final LM-PI-AT-121-17.

Informe LM-PI-AT-121-2017	Marzo, 2018.	Página 120 de 149
---------------------------	--------------	-------------------



***"Además en el caso del diseño de la rehabilitación de la Ruta Nacional 716, se evidenció el incumplimiento de la realización de los ensayos a lo largo de toda la longitud del proyecto, por lo que los ensayos fueron realizados parcialmente en un solo sentido hasta el kilómetro 4+473 siendo la longitud del proyecto 6,805 km. En la Figura 8 se observa que el último estacionamiento del reporte de los ensayos de deflectometría contenidos en el informe 01-507-2017 de la rehabilitación de la Ruta nacional 716 corresponde al estacionamiento 4+473."***

La incorporación de la figura 8 en el hallazgo 2, modifica la numeración original de las figuras del informe preliminar.



 INGENIERIA DE PAVIMENTOS	LGC INGENIERÍA DE PAVIMENTOS S.A. INFORME DE ENSAYO	Página: 10 de 36
		Nº Informe 01-507-2017

**CONTINUACIÓN TABLA Nº 6**  
**NORMALIZACIÓN DE DEFLEXIONES PARA RETROCÁLCULO DE MÓDULOS**  
**DATOS INICIALES**  
**Ruta 716, Sección de control 21590, 20210, 0+000 a 6+085**

NORMALIZACION DE DEFLEXIONES PARA RETROCÁLCULO DE MODULOS														
DATOS INICIALES														
RUTA Nº716, SECCIÓN 20210														
RUTA	EST.	TEMP. PAV (°C)	TEMP. AIRE (°C)	FRESOR kPa	CARGA kN	Deflexiones µm							EVALUACION	
						D1	D1 normalizada	D2	D3	D4	D5	D6		D7
						1	2	3	4	5	6	7		
716	2+290	32.9	24.5	559	39	782.73	772.13	491.72	239.07	145.13	99.97	82.77	61.87	47
716	2+349	32.6	24.0	552	39	620.20	605.01	357.38	170.02	93.28	83.93	65.33	30.35	48
716	2+359	33.4	24.2	556	39	753.52	739.89	441.45	209.02	113.70	103.38	82.33	37.88	49
716	2+450	32.8	24.1	533	38	939.28	884.28	413.33	160.02	102.08	104.90	102.02	48.75	50
716	2+501	33.3	23.5	570	40	948.73	954.76	410.65	160.03	101.07	103.15	89.38	45.12	51
716	2+551	33.4	23.9	556	39	651.80	640.47	386.93	214.17	118.25	46.82	37.10	13.20	52
716	2+600	33.2	24.6	546	39	836.42	809.45	439.00	273.05	140.72	54.80	42.95	67.33	53
716	2+650	32.8	24.0	556	39	1136.00	1115.32	698.70	324.28	167.57	87.13	42.13	82.32	54
716	2+701	32.9	24.3	521	37	1118.70	1029.54	722.60	247.92	128.00	85.87	47.58	68.67	55
716	2+751	32.5	23.6	551	39	812.80	791.47	451.35	208.55	126.35	87.17	53.33	36.40	56
716	2+801	32.5	24.3	549	39	992.98	963.66	559.60	254.48	150.83	102.52	65.85	45.00	57
716	2+850	32.8	24.3	557	39	839.95	826.02	504.68	264.78	138.20	99.83	74.98	61.27	58
716	2+900	32.9	24.2	571	40	836.75	843.62	476.58	253.28	138.12	99.15	75.12	61.23	59
716	2+950	32.7	24.1	559	40	486.05	480.31	207.87	71.43	40.63	28.85	21.96	10.75	60
716	3+003	33.0	24.4	568	40	592.60	594.27	247.92	87.83	49.88	35.10	26.42	13.05	61
716	3+053	33.0	23.7	552	39	697.58	679.88	308.05	104.28	55.25	35.53	27.92	15.53	62
716	3+100	33.1	24.1	558	39	726.82	716.92	310.48	109.53	58.98	30.83	28.25	16.00	63
716	3+150	33.5	23.9	563	40	571.57	569.52	256.97	87.25	48.02	38.75	27.80	24.95	64
716	3+200	33.0	24.2	574	41	714.05	724.45	311.73	110.23	59.78	47.27	33.70	29.65	65
716	3+251	33.0	23.5	569	40	949.52	954.07	458.02	178.55	89.27	58.78	48.08	39.30	66
716	3+300	32.8	23.7	566	40	887.42	887.67	479.02	163.67	94.75	61.17	49.25	40.22	67
716	3+350	33.4	23.7	565	40	954.85	954.06	341.73	134.20	69.08	43.65	29.09	57.42	68
716	3+402	33.0	24.3	550	39	1159.30	1125.91	406.25	158.78	83.20	52.98	36.67	70.37	69
716	3+452	33.2	24.0	552	39	1084.85	1058.46	436.45	157.57	91.70	66.80	39.18	83.47	70
716	3+500	32.9	24.1	561	40	1090.58	1051.30	438.55	163.23	93.45	68.73	39.25	69.63	71
716	3+550	33.0	24.4	560	40	588.95	582.48	215.52	67.90	38.27	31.05	22.68	13.78	72
716	3+601	32.7	23.9	568	40	723.87	725.95	268.60	82.43	46.90	38.03	28.40	17.00	73
716	3+651	32.9	23.9	557	39	658.07	647.45	286.40	104.02	61.98	43.70	35.82	26.67	74
716	3+701	32.9	23.6	563	40	608.15	602.47	280.90	111.20	65.28	44.55	34.40	28.13	75
716	3+751	33.4	23.9	559	40	718.38	709.84	183.35	59.45	40.03	28.62	24.37	15.53	76
716	3+800	32.8	24.0	560	40	860.82	851.79	221.65	73.90	48.20	34.27	28.78	15.10	77
716	3+850	33.4	24.0	549	39	705.03	684.02	214.12	84.92	52.67	39.13	33.23	26.63	78
716	3+901	32.9	23.9	563	40	707.82	704.27	224.62	87.30	54.17	41.53	33.42	28.42	79
716	3+951	32.9	24.1	557	39	520.28	511.82	213.15	82.70	52.80	43.57	33.72	19.15	80
716	4+002	32.9	24.1	563	40	621.93	618.49	255.65	102.37	61.53	43.75	30.85	24.20	81
716	4+052	33.1	24.1	584	40	591.52	589.60	230.38	93.30	65.02	52.95	39.62	34.43	82
716	4+100	32.7	23.9	567	40	608.53	600.16	232.77	90.80	68.33	57.18	43.72	34.28	83
716	4+150	32.9	23.8	556	39	477.22	468.99	187.03	70.23	42.18	34.78	23.78	20.88	84
716	4+204	33.0	23.9	556	39	584.70	574.70	228.43	87.95	52.95	43.85	28.75	25.80	85
716	4+251	32.8	24.2	565	40	549.75	549.07	268.32	114.62	66.33	51.67	38.00	33.12	86
716	4+297	33.1	23.6	557	39	538.78	529.87	276.93	120.32	67.28	53.18	39.18	34.30	87
716	4+347	32.9	24.1	563	40	713.75	710.00	280.27	106.60	67.88	63.07	43.73	31.35	88
716	4+400	32.9	23.7	554	39	838.47	820.52	342.83	129.13	84.07	76.25	53.33	38.80	89
716	4+450	33.2	23.7	552	39	772.93	753.06	355.20	140.23	90.40	86.87	51.67	35.93	90
716	4+473	33.4	23.9	570	40	873.98	879.30	480.35	255.20	137.08	85.85	60.87	43.57	91

**Figura 8.** Registro de deflexiones. Informe 01-507-2017-LGC (Rehabilitación RN716 SC21590-20210). Fuente LGC, 2017.



Por otra parte, en relación con el criterio aportado por la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes en el oficio DVP-23-18-0056, donde se indica textualmente que "...en condiciones de rehabilitación mayor, en donde se modifican los estados de esfuerzos debido a la eliminación e incorporación de materiales, no solicitar requerimientos que no serán utilizados en el diseño para no hacer a la administración incurrir en largos periodos sin ejecución de los proyectos". El equipo auditor no comparte el criterio anterior, ya que si bien como lo indica el oficio DVP-23-18-0056, hay modificaciones al estado de esfuerzos debido a la eliminación e incorporación de capas contempladas dentro de la intervención, no todas las capas son removidas de la estructura original del pavimento al tratarse de una rehabilitación. Por lo que, la caracterización de las propiedades mecánicas de los materiales existentes considerados dentro de la estructura de pavimento de la rehabilitación propuesta mediante ensayos de deflectometría a nivel de proyecto cada 50 m por carril es mucho más precisa que la caracterización considerada actualmente por la mayoría de diseñadores mediante correlaciones CBR con frecuencias de ensayo cada 1000 m.

Además como se indica en el informe y como lo reafirma la gerencia de Conservación de Vías y puentes en el oficio GCSV-92-2018-0826, la realización de los ensayos de deflectometría en un insumo fundamental en el proceso de diseño que contribuye a la definición del tipo de intervención a proponer con base en las condiciones estructurales propias del pavimento. Por lo que es considerado inconveniente no solicitar la realización de ese tipo de ensayos así como el análisis realizado a partir de los resultados.

Se considera las modificaciones anteriormente señaladas y se mantiene el contenido y enfoque del hallazgo.

### **HALLAZGO 3. SE EVIDENCIARON DEBILIDADES EN LA CARACTERIZACIÓN DE LOS TIPOS DE DETERIOROS QUE PRESENTARON LAS RUTAS A INTERVENIR**

En relación con lo indicado en el descargo GCSV-92-2018-082, sobre la revalorización del hallazgo debido a que el contenido de los informes de diseño evaluados hacen una estimación general de los deterioros existentes de la vías a intervenir y no responden a los incumplimientos cartelarios evidenciados por el equipo auditor, se debe mencionar que el criterio del hallazgo desarrollado en el informe no responde a subjetividades o al cumplimiento de requisitos fuera del cartel de licitación. Lo anterior se justifica reiterando nuevamente la especificación del ítem M403 (1)A en donde se menciona que se debe considerar una *descripción de los principales tipos de deterioro (indicando severidad y extensión)*. Las debilidades señaladas en el informe LM-PI-AT-121-17 en relación con la caracterización de los tipos de deterioros responden a la ausencia de la



caracterización de la longitud y severidad de los deterioros en los informes de diseños evaluados.

Además se debe aclarar que en ningún momento el equipo auditor indica en el informe que el uso del MAV 2015 es un requisito obligatorio del cartel de licitación, tal como se plantea en el descargo del informe, sino más bien se recomienda el uso del MAV 2015 como una alternativa para homologar o uniformar los criterios del levantamiento y caracterización de deterioros de las rutas a intervenir.

Según lo anterior las observaciones del oficio GCSV-92-2018-0826, no modifican el contenido del hallazgo.

Los comentarios del oficio DVP-23-18-0056 no modifican el contenido del hallazgo 3.

**OBSERVACIÓN 1. SE UTILIZARON TASAS DE CRECIMIENTO VEHICULAR SIN CONSIDERAR LA CAPACIDAD DE LAS RUTAS INTERVENIDAS DE ACUERDO AL PERIODO DE DISEÑO.**

De acuerdo con la observación del oficio DVP-23-18-0056, se aclara que el contenido de las evidencias encontradas en relación al uso de tasas de crecimiento vehicular sin considerar la capacidad de la vía responden a una observación y no así a un hallazgo. Por lo tanto, pese a que la especificación del ítem M403(1)A no especifica claramente directrices sobre la información del TPD y tasas de crecimiento como se indica en el oficio de la Gerencia de Contratación, las buenas prácticas de ingeniería en el diseño de pavimentos sí consideran este tipo de análisis para las proyecciones de tránsito.

Según lo anterior las consideraciones del oficio DVP-23-18-0056, no modifican el contenido de la observación.

El oficio GCSV-92-2018-0826, no contempla observaciones al hallazgo.

**OBSERVACIÓN 2. SOBRE LA UTILIZACIÓN DE FACTORES DE CAMIÓN DESACTUALIZADOS EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA REHABILITACIONES Y SOBRECAPAS.**

Con base en lo establecido en el oficio DVP-23-18-0056, se debe explicar que el hecho de que actualmente se utilicen factores camión desactualizados, no corresponde a un incumplimiento cartelario, sino más bien a una observación realizada por el equipo auditor. La incorporación de la observación tiene como propósito evidenciar que el uso de factores camión de acuerdo a la realidad del tipo de cargas que transitan en la red vial nacional podría generar el sobrediseño de estructuras de pavimento como parte de las actividades de mantenimiento y conservación vial. Por



otro lado, se busca promocionar la adopción por parte de la Administración de nuevos factores camión, generados mediante investigación por el LanammeUCR.

Por lo tanto, las disposiciones establecidas en el oficio DVP-23-18-0056, no modifican el contenido de la observación.

El oficio GCSV-92-2018-0826, no contempla observaciones al hallazgo.

**HALLAZGO 4. SE EVIDENCIARON OPORTUNIDADES DE MEJORA EN LA TRAMIFICACIÓN DE LA RUTA EN SECCIONES HOMOGÉNEAS PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS EN REHABILITACIONES Y SOBRECAPAS.**

De acuerdo con lo fundamentado en el descargo del informe GCSV-92-2018-0826, el equipo auditor considera adecuado modificar la naturaleza del hallazgo del informe preliminar LM-PI-AT-121B-2017 a una observación en el documento final. Lo anterior debido a que si bien el uso de las deflexiones está establecido dentro de la especificación como un criterio de seccionamiento para el establecimiento de tramos homogéneos, la redacción de la especificación hace que el mismo no sea obligatorio.

Sin embargo, pese al cambio del hallazgo a observación, se debe reiterar de nuevo que la posición del equipo auditor es que se considere como obligatorio el análisis por deflexiones como parte del seccionamiento de las rutas contempladas en los diseños de rehabilitaciones y sobrecapas. Ya que como se evidenció en el documento LM-PI-AT-121B-2017, en ninguno de los informes de diseños evaluados consideraron el seccionamiento por tramos homogéneos de acuerdo a la condición estructural de las vías pese en algunos casos sí se realizó, caso contrario a lo que se indica en el párrafo del descargo GCSV-92-2018-0826, donde se indica que textualmente que la Gerencia sí realiza una valoración que busque seccionar y homogenizar según la condición estructural.

Se modifica la clasificación de hallazgo 4 a observación 3, por lo tanto esto implica la modificación de la numeración de los restantes hallazgos y observaciones

**OBSERVACIÓN 3. SE EVIDENCIARON OPORTUNIDADES DE MEJORA EN LA TRAMIFICACIÓN DE LA RUTA EN SECCIONES HOMOGÉNEAS PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS EN REHABILITACIONES Y SOBRECAPAS.**

Por otro lado los comentarios del oficio DVP-23-18-0056 no modifican el contenido de la nueva observación.

**OBSERVACIÓN 3. LA METODOLOGÍA DEL RETROCÁLCULO UTILIZADA EN ALGUNOS DE LOS DISEÑOS DE REHABILITACIONES NO RESPONDE A LAS**

Informe LM-PI-AT-121-2017	Marzo, 2018.	Página 125 de 149
---------------------------	--------------	-------------------



## TEORÍAS Y MECANISMOS ACTUALES UTILIZADOS EN EL RETROCÁLCULO DE MÓDULOS.

No hay comentarios en el oficio DVP-23-18-0056, que modifiquen el contenido de la observación 3.

El oficio GCSV-92-2018-0826, no contempla observaciones al hallazgo.

Se modifican las figuras 16, 17 y 20 del informe LM-PI-AT-121-2017 al no corresponder a la evaluación del informe 01-507-2017 y se sustituye por las tablas 6 y 7 y gráfico de dicho informe. A la vez se menciona que las tablas y el gráfico anteriormente mencionados del informe 01-507-2017 son los mismos contenidos en informe 1226-2016 el cual fue evaluado previamente al ser suministrado por ingeniería de proyecto, por lo cual no se modifica el contenido de la observación.

 INGENIERÍA DE PAVIMENTOS	LGC INGENIERÍA DE PAVIMENTOS S.A. INFORME DE ENSAYO	Página: 9 de 36 Nº Informe 01-507-2017
---	--	--

**TABLA N° 6**  
**NORMALIZACIÓN DE DEFLEXIONES PARA RETROCÁLCULO DE MÓDULOS**  
**DATOS INICIALES**  
**Ruta 716, Sección de control 21590, 20210, 0+000 a 6+085**

NORMALIZACIÓN DE DEFLEXIONES PARA RETROCÁLCULO DE MÓDULOS														
DATOS INICIALES														
RUTA N°716, SECCIÓN 20210														
RUTA	EST.	TEMP. PAV. (°C)	TEMP. AIRE (°C)	PRESION. MPa	CARGA. kN	Deflexiones µm							EVALUACION	
						D1	D1 normalizada	D2	D3	D4	D5	D6		D7
						1	2	3	4	5	6	7		
716	0+000	32.7	23.9	553	39	189.97	155.65	141.63	95.70	57.37	38.23	22.65	15.59	1
716	0+050	33.1	24.0	555	39	647.33	634.37	252.95	94.50	80.15	31.97	25.65	44.37	2
716	0+101	33.0	23.8	556	39	589.67	578.93	244.03	97.43	76.63	28.48	18.42	39.33	3
716	0+150	33.0	24.0	562	40	425.35	422.44	276.52	161.08	85.87	39.13	28.29	22.27	4
716	0+200	32.8	24.2	530	37	847.67	606.78	390.32	254.02	144.02	74.40	61.79	48.48	5
716	0+250	33.3	24.0	538	36	540.53	519.42	387.12	300.98	262.15	129.87	114.88	78.88	6
716	0+300	33.4	23.9	550	39	536.75	520.59	366.62	296.55	206.02	136.38	119.42	76.17	7
716	0+350	33.1	23.9	560	40	346.70	343.10	208.20	106.78	57.22	37.18	35.78	22.42	8
716	0+400	32.9	24.4	554	38	440.26	431.03	281.10	117.13	71.65	42.45	35.18	25.10	9
716	0+450	33.1	24.2	533	35	882.42	830.85	472.77	277.62	110.77	56.75	45.77	30.63	10
716	0+511	33.3	24.2	549	35	916.28	880.17	475.17	213.62	107.70	56.03	37.12	27.30	11
716	0+553	33.0	24.2	556	39	1163.58	1143.57	477.55	213.60	120.62	97.25	46.72	28.62	12

**Figura16.** Normalización de deflexiones: Fuente: Informe 01-507-2017 de LGC Ingeniería de pavimentos.



 LGC INGENIERIA DE PAVIMENTOS	LGC INGENIERÍA DE PAVIMENTOS S.A. INFORME DE ENSAYO	Página: 11 de 36
		Nº Informe 01-507-2017

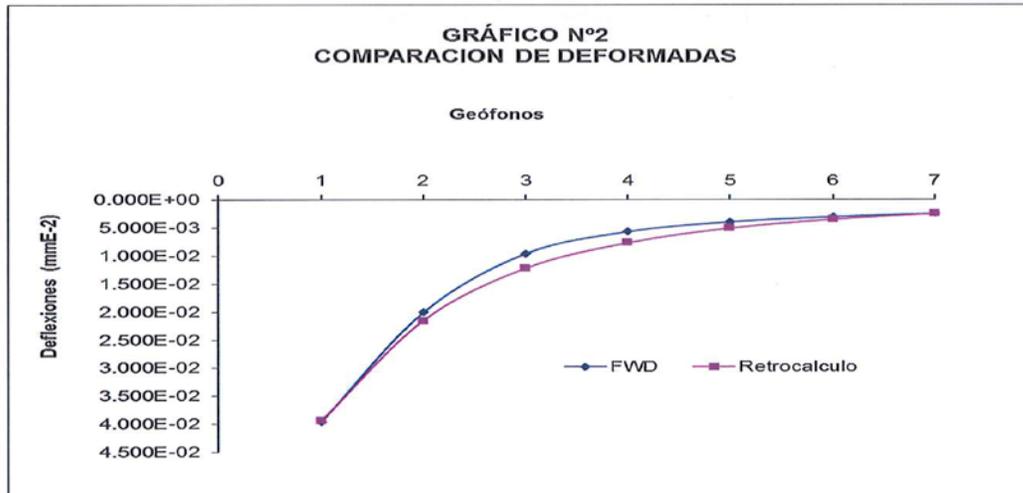
**TABLA N° 7**  
**Comparación datos FWD y Retrocálculo de módulos**  
**Ruta 716, Sección de control 21590, 20210, 0+000 a 6+085**

Promedio	727.63	345.71	151.72	90.66	63.64	48.08	38.42
Desviación	188.92	112.25	62.89	36.62	25.02	20.20	16.75
X+1,47σ	1005.334	510.720	244.176	144.494	100.421	77.773	63.034
DEF. CARAC.	3.958E-02	2.011E-02	9.613E-03	5.689E-03	3.954E-03	3.062E-03	2.482E-03
Geófono	1	2	3	4	5	6	7
UZ everstress	3.937E-02	2.15E-02	1.22E-02	7.68E-03	5.06E-03	3.49E-03	2.49E-03
Diferencia (%)	0.54						-0.19

**Figura 17** Retrocálculo con valores promedio y característicos del tramo.  
Fuente. Informe 01-507-2017 de LGC Ingeniería de pavimentos.

En el siguiente gráfico aparecen ambas deformadas, las cuales cumplen con la diferencia porcentual menor al 5%, respecto de la característica, para las lecturas de los geófonos D1 y D9

**GRÁFICO N°2**  
**COMPARACIÓN DE DEFORMADAS**  
**Ruta 716, Sección de control 21590, 20210, 0+000 a 6+085**



**Figura 20.** Extracción gráfico y párrafo del informe sobre comparación de deformadas.  
Fuente. Informe 01-507-2017 de LGC Ingeniería de pavimentos.

Se modifica la numeración del informe preliminar de la observación 3 a observación 4, debido a la modificación realizada al hallazgo 3, de manera que el documento final se establece como :

**OBSERVACIÓN 4. LA METODOLOGÍA DEL RETROCÁLCULO UTILIZADA EN ALGUNOS DE LOS DISEÑOS DE REHABILITACIONES NO RESPONDE A LAS**



## TEORÍAS Y MECANISMOS ACTUALES UTILIZADOS EN EL RETROCÁLCULO DE MÓDULOS.

### **OBSERVACIÓN 4. LOS MÓDULOS RETROCALCULADOS NO FUERON UTILIZADOS EN EL DISEÑO DE LAS REHABILITACIONES Y SOBRECAPAS DESARROLLADOS.**

Sobre el criterio de la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes indicado en el descargo DVP-23-18-00056 acerca del uso de la información de retrocálculos únicamente en los diseños de sobrecapas, se reitera nuevamente que a diferencia del criterio anterior, el equipo auditor considera que la caracterización de las propiedades mecánicas de las capas de la estructura de pavimento que no fueron sustituidas dentro del proceso de diseño de rehabilitaciones mediante una correcta técnica de retrocálculo de módulos a partir de un análisis de deflexiones a nivel de proyecto tienen una mayor exactitud que el uso de correlaciones empíricas que no se ajustan a las realidad de los materiales del país .

En relación con la observación realizada por la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes en el oficio DVP-23-18-00056, sobre el señalamiento de la no utilización factor de corrección de 0,33 en el módulo retrocalculado de la subrasante para el diseño de la rehabilitación de la RN 716, el equipo auditor considera acertado la observación acotada. Lo anterior debido a que la evaluación realizada por el equipo auditor en el informe preliminar se aplicó al informe 1226-2016, correspondiente a un informe previo de la ruta 716 facilitado por la ingeniería de proyecto, y no así al informe 01-507-2017 el cual fue aprobado mediante el oficio DVP-23-17-0286.

Por lo tanto, se eliminan los siguientes párrafos y figura 22 del informe final LM-PI-AT-121-17

***"En contraste, el mismo diseñador en la rehabilitación de la Ruta Nacional 716, utilizó para el diseño de las estructuras propuestas, el valor del módulo elástico de la subrasante a partir del retrocálculo de módulos. Sin embargo, el módulo retrocalculado fue multiplicado por un factor de corrección de 0,33 como se muestra en la siguiente figura.***



	<p>LGC INGENIERÍA DE PAVIMENTOS S.A.</p> <p>INFORME DE ENSAYO</p>	RC-36 V.20
		Aprobado: 2016-07-18
		Páginas 12 de 37
		Nº Informe 1226-2016

TABLA N° 8

	MODULOS RESILIENTES OBTENIDOS POR RETROCALCULO			DISEÑO	15,81 MPa	2293,5 psi
	ESPESOR	MODULO				
CARPETA ASFÁLTICA	6 cm (2,36 in)	3102,64 MPa	(450 000 psi)			
SUBBASE GRANULAR	26 cm (10,24 in)	175,81 MPa	(25 500 psi)			
SUBRASANTE	---	47,92 MPa	(6 950 psi)			

Figura 22. Módulos elásticos obtenidos por retrocálculo. Informe 1226-2016(rehabilitación RN 716, SC20210 y 21590). Fuente LGC, 2016

**Es importante diferenciar que el factor de 0,33 deber ser aplicado para la metodología de retrocálculo establecida por AASHTO 93. La utilización de otras metodologías para la estimación de los módulos existentes, como la del análisis de deflexiones a través de diferentes geófonos, no contemplan la corrección del módulo de subrasante por dicho valor. De modo que su utilización en otras metodologías induce a un error de sobrediseño. Tal es el caso de la rehabilitación de la ruta nacional 716, donde se evidenció un sobrediseño de la estructura de pavimento propuesta como mecanismo de intervención de la ruta. Así por ejemplo, un análisis de número estructural replicando todos los parámetros de diseño considerados en el informe 1226-2016, variando el módulo retrocalculado de la subrasante con o sin el factor de corrección AASHTO 93, determinó para el diseño de 10 años un aumento del número estructural requerido para la protección de la subrasante (SN3) de 2,88 (módulo de subrasante 6950 psi) a 4,20 (determinado para el módulo de 2293,5 psi empleado en las propuestas de diseño).**

**Además se debe mencionar que los valores retrocalculados corresponden a las condiciones y propiedades mecánicas propias de los materiales en sitio, razón por la cual si estos materiales son empleados en el diseño deberían mantener sus propiedades como tales y no ser corregidas. Es criterio del equipo auditor que en lugar de utilizar el factor de corrección de AASHTO93 en los módulos retrocalculados, sería más provechoso la realización de dos ensayos de deflectometría (en época seca y época lluviosa), de manera que se puedan determinar dos diferentes módulos elásticos y determinar un módulo efectivo en función de las estaciones climáticas del país, como ya lo realizan algunos diseñadores pero con valores de CBR."**



Además se elimina la conclusión asociada a dichos párrafos:

***"En el diseño de la Ruta Nacional 716, se aplicó el factor de corrección de la metodología de retrocálculo AASHTO93, en los valores de módulo de rigidez de la subrasante estimado a partir del retrocálculo realizado del análisis de deflexiones, lo cual no responde a un ajuste de dicha metodología, incidiendo en el sobrediseño de las estructuras propuestas."***

Por otro lado, la evaluación realizada del informe de diseño 01-507-2017, correspondiente a la rehabilitación de la Ruta Nacional 716, permitió determinar la utilización de valores de CBR promedios para la estimación de módulos retrocalculados mediante correlaciones empíricas. Por lo tanto la evaluación realizada al diseño del ruta nacional 716 se modifica el siguiente párrafo.

*"La revisión de los diseños de las rehabilitaciones en las secciones de control contempladas en las rutas nacional 1, 141, 150, 256, **716** y 751 evidenció que se utilizaron valores de CBR para la estimación de los módulos base de la estructura existente mediante el uso de correlaciones empíricas."*

Además se agrega el siguiente párrafo al informe final, para evidenciar la condición de la evaluación realizada al informe de diseño 01-507-2017.

***"En el caso de la Ruta Nacional 716 se utilizaron valores promedios de CBR para la estimación de módulos mediante la ecuación de Heukelom y Klomp."***

Se modifica la numeración del informe preliminar de la observación 4 a observación 5, debido a la modificación realizada al hallazgo 3, de manera que el documento final se establece como :

**OBSERVACIÓN 5. LOS MÓDULOS RETROCALCULADOS NO FUERON UTILIZADOS EN EL DISEÑO DE LAS REHABILITACIONES Y SOBRECAPAS DESARROLLADOS.**



## HALLAZGO 5. SE EVIDENCIARON EN ALGUNOS DE LOS DISEÑOS REVISADOS INCONSISTENCIAS CON LA UTILIZACIÓN Y JUSTIFICACIÓN LOS PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA ECUACIÓN AASHTO93.

### Inconsistencias del uso de coeficientes estructurales

Según el oficio DVP-23-17-0438 del 28 de agosto de 2017 los informes de diseño aprobados para la rehabilitación de la Ruta Nacional 141 corresponden a los informes E3-198-2016 y E4 194-2016. La revisión realizada por el equipo auditor se basó en los informes facilitados por la ingeniería de proyecto como se indica en la metodología del informe, los cuales corresponden respectivamente a los números de informes indicados en el oficio y que a la vez no contenían la información extra suministrada por la Administración en el oficio DVP-23-17-0438.

La revisión de los diseños determinó la utilización de dos valores distintos de módulo de elasticidad para la mezcla asfáltica para el diseño de la rehabilitación de dos secciones de control continuas como se evidenció en el hallazgo 5. Adicionalmente, el equipo auditor replicó los diseños de las estructuras propuestas y determinó que los valores calculados en las tablas A2 y A4 coinciden con los valores de las figuras 25 y 26 del informe, por lo tanto se logra evidenciar nuevamente el uso de coeficientes estructurales y módulos elásticos diferentes para un mismo material. Por lo tanto, la observación indicada en el descargo en que el valor de 0,45 corresponde a un error de la tabla 14 del informe, no es correcta, de acuerdo con las evidencias presentadas por el equipo auditor.

Tabla A1. Números estructurales requeridos para el diseño SC 20600 de la RN141.

CAPA	MR	SN <sub>REQUERIDO</sub>	$m_i$	$a_i$
CARPETA ASFÁLTICA	450,000	0,54	1,00	0,45
<b>1. BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO</b>	<b>625,000</b>	<b>3,50</b>	<b>1,00</b>	<b>0,16</b>
SUB-BASE / SOPORTE	10,500	4,81	0,90	0,08
SUBRASANTE	4,350	-	-	-

Tabla A2. Números estructurales obtenidos para el diseño SC 20600 de la RN141

Diseño RN141 SC 20600								
CARPETA ASFÁLTICA	SN <sub>i</sub>	$a_i$	H (in)	H (cm)	H (cm)	H(in)	SN <sub>CA REAL</sub>	Criterio
		0,54	0,45	1,20	3,1	19,0	7,48	3,37
1. BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO	SN <sub>i</sub>	$a_i$	H (in)	H (cm)	H (cm)	H(in)	SN <sub>BG REAL</sub>	Criterio
	3,50	0,16	0,83	2,1	15,0	5,91	4,31	CUMPLE
SUB-BASE / SOPORTE	SN <sub>i</sub>	$a_i$	H (in)	H (cm)	H (cm)	H(in)	SN <sub>SB REAL</sub>	Criterio

Informe LM-PI-AT-121-2017	Marzo, 2018.	Página 131 de 149
---------------------------	--------------	-------------------



	4,81	0,08	5,58	14,18	19,0	7,48	4,85	CUMPLE
--	------	------	------	-------	------	------	------	--------

Tabla A3. Números estructurales requeridos para el diseño SC 20610 de la RN141.

CAPA	MR	SN REQUERIDO	$m_i$	$a_i$
CARPETA ASFÁLTICA	400,000	0,54	1,00	0,40
<b>1. BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO</b>	<b>625,000</b>	<b>3,50</b>	1,00	0,16
SUB-BASE / SOPORTE	10,500	4,34	0,90	0,08
SUBRASANTE	5,850	-	-	-

Tabla A4. Números estructurales obtenidos para el diseño SC 20610 de la RN141

Diseño RN141 SC 20610								
CARPETA ASFÁLTICA A	SN <sub>i</sub>	a <sub>i</sub>	H(in)	H(cm)	H real (cm)	H real (in)	SN <sub>CA</sub> <sub>REAL</sub>	Criterio
		0,54	0,40	1,36	3,4	18,0	7,09	2,83
1. BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO	SN <sub>i</sub>	a <sub>i</sub>	H(in)	H(cm)	H real (cm)	H real (in)	SN <sub>BG</sub> <sub>REAL</sub>	Criterio
	3,50	0,16	4,12	10,5	15,0	5,91	3,79	CUMPLE
SUB-BASE / SOPORTE	SN <sub>i</sub>	a <sub>i</sub>	H (in)	H (cm)	H real (cm)	H real (in)	SN <sub>SB</sub> <sub>REAL</sub>	Criterio
	4,34	0,08	6,22	15,80	20,0	7,87	4,36	CUMPLE

Por otro lado, en los anexos del descargo DVP-23-18-0056, se adjuntan los informes de diseño presentados por el consultor OJM, los mismos fueron utilizados por la Administración como referencia para justificar el uso del mismo coeficiente estructural. Sin embargo, en la revisión de la información contenida en los anexos del descargo se identificaron tres distintos informes E3-198-2016, E4-194-2016, y E4-01-194-2016. Este último informe el E4-01-194-2016, no está considerado dentro del oficio de aprobación de diseños DVP-23-17-0483 que facilitó la Gerencia de Contratación por lo que no puede ser considerado como parte de las evidencias del hallazgo.

Adicionalmente, se debe indicar que en el anexo del descargo DVP-23-18-0056 se logran observar inconsistencias entre los informes E4-194-2016, y E4-01-194-2016 en relación con el uso del coeficiente. Así por ejemplo en la página 42 del informe E4-194-2016 (ver figura A1) se observa que se justifica la utilización de una mezcla con un coeficiente estructural de 0,45 y un módulo de 450.000,00 psi, mientras que en el informe E4-01-194-2016 (ver figura A2) se utiliza un coeficiente estructural de 0,44 y un módulo de 400.000,00 psi.



O. J. M. Consultores de Calidad y Laboratorios S.A.

DISEÑO DE PAVIMENTO

Oficio: E01-194-2016

La estimación de módulos y coeficientes estructurales se realiza mediante la figura 2.5 AASHTO 93. **Figura 15:** Nomograma de coeficientes para capa asfáltica a 25 °C.

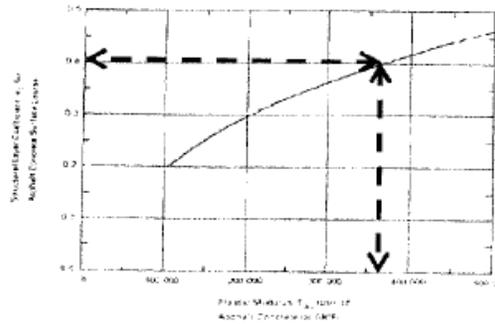


Figure 2.5. Chart for Estimating Structural Layer Coefficients of Bituminous Asphalt Concrete Based on the Elastic (Resilient) Modulus (E)

Coefficiente estructural: 0.40  
Módulo de diseño: 400.000 Psi

Figura A1. Estimación de módulos y coeficientes estructurales carpeta asfáltica, Informe E-194-2016, Rehabilitación Sección de Control 20600 Ruta Nacional 141. Fuente: OJM, 2016

O. J. M. Consultores de Calidad y Laboratorios S.A.

DISEÑO DE PAVIMENTO

Oficio: E01-194-2016

La estimación de módulos y coeficientes estructurales se realiza mediante la figura 2.5 AASHTO 93. **Figura 15:** Nomograma de coeficientes para capa asfáltica a 25 °C.

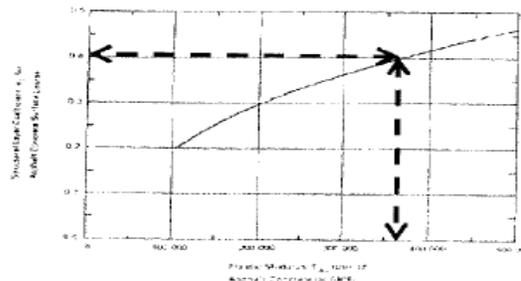


Figure 2.5. Chart for Estimating Structural Layer Coefficients of Bituminous Asphalt Concrete Based on the Elastic (Resilient) Modulus (E)

Coefficiente estructural: 0.40  
Módulo de diseño: 400.000 Psi

Figura A2. Estimación de módulos y coeficientes estructurales carpeta asfáltica, Informe E01-194-2016, Rehabilitación Sección de Control 20600 Ruta Nacional 141. Fuente: OJM, 2016



Por lo tanto, según lo evidenciado, el informe E4-194-2016 el cual fue aprobado para la rehabilitación de la sección de control 20600 de la RN141 se empleó un módulo de mezcla asfáltica distinto al módulo considerado en el informe E3-198-2016 correspondiente al informe de la rehabilitación de la sección de control 20610 de la RN141, por ende al contenido del informe no se realiza ninguna modificación.

En relación con las observaciones realizadas en el oficio DVP-23-18-0056 sobre el diseño de la Ruta Nacional 256 donde se indica textualmente:

"En cuanto los valores de la RN. 256 de nuevo se debe revisar todo el informe ya que como se puede evidenciar en el informe en la página No.14, los datos indicados si concuerdan con los datos de la tabla No. 8, de las propiedades mecánicas"

Sobre este aspecto se debe mencionar que el informe de diseño consta de dos propuestas al seccionarse en dos tramos, tal como se indica en la página 11 del informe de diseño "Propuesta de estructura del pavimento para el proyecto en Ruta nacional 256, Hone Creek-Manzanillo" desarrollado por la empresa Orion.

Los tramos identificados en el informe corresponden a:

- Tramo 1, estacionamientos:0+000 a 11+600 SC70710 y parte de la SC 70720
- Tramo 2, estacionamientos:11+600 a 18+730, parte de la SC 70720

Una vez aclarado esto, la tabla que se indica en la Figura No. 2 del oficio DVP-23-18-00056 y Figura 29 del informe LM-PI-AT121-17 corresponde a la memoria de cálculo para la determinación de la estructura propuesta para el tramo 2 de la Ruta Nacional 256, la cual coincide efectivamente con los valores de la tabla 8 del informe desarrollado por Orion. Sin embargo, el uso de las inconsistencias en los coeficientes estructurales fue detectado en la Figura 28 de este informe, la cual corresponde a la memoria de cálculo para la determinación de la estructura propuesta para el tramo 1 de la Ruta Nacional 256.

Por lo tanto, no es cierto que la evaluación realizada por el equipo auditor no consideró esa información ya que precisamente las variaciones entre ambas memorias de cálculo se utilizaron para identificar las inconsistencias señaladas.

Con base en lo anterior, se deben realizaron modificaciones a las denotaciones del informe borrador donde se indicó erróneamente que la propuesta de diseño correspondía al tramo 2 sección de control 70720. Por lo tanto, se realizan las



siguientes modificaciones a los párrafos contenidos en este hallazgo con el fin de brindar mayor claridad a las condiciones evidenciadas.

*"En el informe de la readecuación del diseño de las secciones de control 70710 y 70720 de la Ruta Nacional 256, se observó que los parámetros y coeficientes de diseño determinados por el diseñador en la tabla N°8 del informe no corresponden a los valores utilizados por el diseñador en la memoria de cálculo de la propuesta de diseño del tramo 1 de la Ruta Nacional 256 (estacionamientos:0+000 a 11+600 SC70710 y parte de la SC 70720), además estos valores y su variación no fueron justificados de acuerdo a la revisión del equipo auditor."*

*"En contraste, en la propuesta de diseño de la rehabilitación del tramo 1 de la Ruta Nacional 256 (estacionamientos:11+600 a 18+730, parte de la SC 70720), sí se emplearon los valores de diseño especificados en la tabla 8, tal como se muestra en la Figura 29."*

Adicionalmente se modifica el título de las figuras 27,28 y 29 del informe final.

**Figura 27.** Tabla 8 propiedades mecánicas de las capas de pavimento, Readecuación del diseño de la Ruta Nacional 256 (SC 70710 y 70720). Fuente: Orion, 2017.

**Figura 28.** Memoria de cálculo para determinación de estructura Tramo 1, Readecuación del diseño Ruta Nacional 256 (SC 70710 y 70720). Fuente: Orion, 2017

**Figura 29.** Memoria de cálculo para determinación de estructura Tramo 2, Readecuación del diseño Ruta Nacional 256 (SC 70720). Fuente: Orion, 2017

Por otra parte en el caso de las observaciones realizadas por el diseñador en el Anexo 2 del descargo GCSV-92-2018-0826 no serán tomadas en consideración como parte del descargo del informe LM-PI-AT-121-17, ya que las mismas no forman parte del contenido del informe que fue evaluado, por el equipo auditor.

Además es criterio del equipo auditor que la información contenida en el informe de diseño que se le entrega a la Administración como producto final para el proceso de aprobación, debe ser correcta, completa y debidamente justificada dentro del informe y no como se lo presenta el diseñador a la Administración mediante correos posteriores a la entrega del documento final. Por lo cual independientemente si el diseño cumple estructuralmente o no según los escenarios planteados, las inconsistencias en el uso de coeficientes estructurales y de drenajes así como la ausencia de la debida



justificación de los parámetros detectadas por el equipo auditor responden a las debilidades señaladas sobre el informe de diseño de la Ruta Nacional 256 desarrollado por Orión Ingeniería y Consultores. Por lo tanto, no se realizan modificaciones al contenido del hallazgo.

Se modifica la numeración del informe preliminar del hallazgo 5 a hallazgo 4, debido a la modificación realizada al hallazgo 3, de manera que el documento final se establece como:

**HALLAZGO 4. SE EVIDENCIARON EN ALGUNOS DE LOS DISEÑOS REVISADOS INCONSISTENCIAS CON LA UTILIZACIÓN Y JUSTIFICACIÓN LOS PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA ECUACIÓN AASHTO93.**

**HALLAZGO 6. SE EVIDENCIÓ QUE EN ALGUNOS DISEÑOS NO SE REVISÓ EL CUMPLIMIENTO DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL SEGÚN LA METODOLOGÍA AASHTO93.**

De acuerdo a lo indicado en el oficio DVP-23-18-0056 y consultando la Guía de Diseño AASHTO93, se coincide en que se debe aplicar los lineamientos de espesores mínimos, estipulados en la metodología de diseño, por encima de las capas granulares mayores a 40.000,00 psi. Sin embargo, tal como lo menciona la metodología AASHTO93, los números estructurales que se estimen con módulos elásticos de capas granulares inferiores a los 40,000.00 psi deben ajustarse al cumplimiento del análisis de diseño por capas como se mencionó en el informe.

De acuerdo a los diseños de rehabilitaciones evaluados en el informe, en cada uno de los casos se utilizaron módulos de base granular superiores a 40,000.00 psi al considerar mejoramientos o estabilizaciones con cemento. Por lo tanto, el uso y consideración de estas capas dentro de las estructuras propuestas permite que no se aplique el cumplimiento del número estructural SN1 para el espesor seleccionado de la capa asfáltica y más bien se empleen los lineamientos de diseño por espesores mínimos. Sin embargo lo anterior, no implica que se permita el incumplimiento de los números estructurales requeridos restantes SN2 y SN3 calculados a partir del módulo de las capas de subbase y subrasante respectivamente cuyos valores son inferiores a 40,000.00 psi según los escenarios planteados.

Nuevamente se menciona que el cumplimiento del número estructural SN3, no implica que no se deba revisar el cumplimiento de los números estructurales restantes que se ajusten a la condición anteriormente mencionada, ya que como se menciona en el informe la metodología AASHTO 93 establece como un procedimiento obligatorio el diseño por protección de cada una de las capas del paquete estructural y es en sí el enfoque del hallazgo.



Por lo tanto, de acuerdo a los casos evidenciados en el informe preliminar donde se identificaron incumplimientos en los números estructurales estimados a partir de las estructuras propuestas, únicamente el diseño de la rehabilitación de la Ruta Nacional 751 presentó un incumplimiento en el número estructural SN 1.

Se revisó nuevamente el diseño de la Ruta Nacional 751 para verificar el cumplimiento de los espesores mínimos de la capa asfáltica según la metodología AASHTO93, de acuerdo al tráfico de diseño. En el caso de las estructuras de pavimentos propuestas, el espesor de carpeta asfáltica seleccionado para los periodos de 5,10 y 15 años se ajusta al valor del espesor mínimo para un tránsito de diseño entre 2 millones y 7 millones de ejes equivalentes, el cual corresponde 3, 5 pulgadas o 9 cm según AASHTO 93. Por lo tanto, en el caso del diseño de la Ruta Nacional 751, no existe ningún incumplimiento en el diseño y el mismo será removido del hallazgo.

De acuerdo con lo anterior se eliminan del informe final LM-PI-AT-121-17, la figura 32 y Tabla 9 y 10 y los siguientes párrafos contenidos en el informe preliminar

**Por último, en el diseño de la rehabilitación de la Ruta Nacional 751, se detectó el incumplimiento del número estructural SN1, correspondiente a la protección de la capa de base mejorada proporcionada por la carpeta asfáltica. Nuevamente el diseño contempló únicamente la evaluación del número estructural SN3.**

**En la figura 32 extraída del informe ITP-165-17 se observa el cálculo estructural para el dimensionamiento de las estructuras propuestas para los periodos de diseños a los 5 y 10 años.**

Cuadro 15: Resumen - Dimensionamiento de espesores - Método empírico AASHTO SC 20994 RN 751					
PERIODO DE DISEÑO: 5 AÑOS					
Capa	Espesor de diseño (cm)	Espesor de diseño (in)	Coefficiente estructural (ai)	Coefficiente de drenaje (mj)	Número estructural de capa (SN <sub>i</sub> )
Capa asfáltica (AC-30)	9.50	3.74	0.44	1.0	1.65
Base granular mejorada con cemento hidráulico	30.0	11.81	0.14	1.0	1.67
Base granular existente (Nueva capa de sub-base granular)	3.0	1.18	0.118	0.8	0.11
Sub-base granular existente	20.0	7.87	0.127	0.8	0.80
SN <sub>TOTAL</sub>					4.22
SN <sub>REQUERIDO</sub> según M <sub>REPECUBRANTE</sub>					2.82
¿ SN <sub>TOTAL</sub> > SN <sub>REQUERIDO</sub> ?					SI
PERIODO DE DISEÑO: 10 AÑOS					
Capa	Espesor de diseño (cm)	Espesor de diseño (in)	Coefficiente estructural (ai)	Coefficiente de drenaje (mj)	Número estructural de capa (SN <sub>i</sub> )
Capa asfáltica (AC-30)	11.0	4.33	0.44	1.0	1.91
Base granular mejorada con cemento hidráulico	30.0	11.81	0.14	1.0	1.67
Base granular existente (Nueva capa de sub-base granular)	3.0	1.18	0.118	0.8	0.11
Sub-base granular existente	20.0	7.87	0.127	0.8	0.80
SN <sub>TOTAL</sub>					4.48
SN <sub>REQUERIDO</sub> según M <sub>REPECUBRANTE</sub>					3.18
¿ SN <sub>TOTAL</sub> > SN <sub>REQUERIDO</sub> ?					SI

**Figura 32. Resumen dimensionamiento de espesores. Informe ITP165-17(rehabilitación 751, SC 20994). Fuente ITP, 2017.**



*El análisis estructural realizado por el equipo auditor al igual que en los casos anteriores identificó un incumplimiento de la capacidad estructural para brindar la protección necesaria a la capa de la base mejorada. En este caso, se muestra en la Tabla 9 que el número estructural SN1 requerido (2,27) es mayor que el número estructural obtenido (1,91) para la estructura propuesta para el diseño de la rehabilitación para el periodo 10 años, por lo que el espesor de la carpeta asfáltica no brinda la protección adecuada a la capa de la base mejorada, esto pese a que todo el paquete estructural si brinda la protección requerida a la capa de subrasante.*

Tabla 9. Números estructurales requeridos para el diseño SC 70020 de la RN256.

CAPA	MR	SN REQUERIDO	$m_i$	$a_i$
CARPETA ASFÁLTICA	450.000	2,27	1,00	0,44
BASE MEJORADA CON CEMENTO	31.000	2,85	1,00	0,14
BASE GRANULAR EXISTENTE	16.500	2,76	0,80	0,12
SUB-BASE GRANULAR	18.000	3,18	0,80	0,13
SUBRASANTE	12.000	-	-	-

Tabla 10. Cuadro números estructurales obtenidos para el diseño SC 70020 de la RN256.

Diseño RN751 Sección SC 20994								
CARPETA ASFÁLTICA A	SN <sub>i</sub>	a <sub>i</sub>	H(in)	H(cm)	Espesor real (cm)	Espesor real (in)	SN <sub>CA</sub> REAL	Criterio de cumplimiento
		2,27	0,44	5,15	13,1	11,0	4,33	1,91
2. BASE GRANULAR								
BASE MEJORADA CON CEMENTO	SN <sub>i</sub>	a <sub>i</sub>	H(in)	H(cm)	Espesor real (cm)	Espesor real (in)	SN <sub>B1</sub> REAL	Criterio de cumplimiento
	2,85	0,14	6,66	16,9	30,0	11,81	3,57	CUMPLE
SUBRASANTE								
BASE GRANULAR R	SN <sub>i</sub>	a <sub>i</sub>	H(in)	H(cm)	Espesor real (cm)	Espesor real (in)	SN <sub>B2</sub> REAL	Criterio de cumplimiento
	2,76	0,12	-8,63	-21,9	3,0	1,18	3,69	CUMPLE
SUB-BASE GRANULAR								
SUB-BASE GRANULAR	SN <sub>i</sub>	a <sub>i</sub>	H(in)	H(cm)	Espesor real	Espesor real (in)	SN <sub>SB</sub> REAL	Criterio de cumplimiento



					(cm)			
	3,1 8	0,13	-4,94	-12,54	20,0	7,87	4,49	CUMPLE

Se modifican los siguientes párrafos del informe preliminar, en negrita se indican las modificaciones hechas al informe preliminar.

*"La evaluación de los hallazgos evidenció que en **2** de los 8 diseños de rehabilitaciones no se realizó el análisis estructural completo de para cada una de las capas de acuerdo con la Metodología AASHTO 93."*

*"La metodología AASHTO 93 establece como un procedimiento obligatorio el diseño por protección de cada una de las capas del paquete estructural **a excepción de las capas granulares donde el módulo supere los 40 000,00 psi, en donde se utilizaran los lineamientos de espesores mínimos según AASHTO93.** Para ello cada capa individual debe verificarse para asegurar que sobre ella se coloque una capa de espesor adecuado, y sea construida con un material de suficiente calidad que responda a la demanda estructural."*

*Adicionalmente se modifica la conclusión alusiva al hallazgo*

*"Se determinó que **2** de los 8 diseños de las rehabilitaciones que fueron aprobados no contemplaron la evaluación y cumplimiento estructural de capas intermedias, por lo que los espesores propuestos de estos diseños no garantizan la protección de las capas inferiores **de acuerdo a la metodología AASHTO93.**"*

Por otro lado en el caso de los diseños de las rehabilitaciones de las rutas nacionales 1 y 256, se evidenciaron incumplimientos del número estructural SN2, por lo tanto los casos evidenciados se mantienen en el hallazgo.

En relación con las observaciones realizadas en el oficio GCSV-92-2018-0826 sobre el recedido de la ruta 256, el equipo auditor no indica en el documento final del informe algún criterio donde se cuestione la readecuación del diseño a las condiciones en sitio. La evaluación realizada por el equipo auditor se limita al cumplimiento de la metodología AASHTO 93 tal como lo establece el cartel de licitación y como se evidenció en el hallazgo.

Por otra parte, el criterio sobre el incremento del nivel de rasante de la base mejorada o el incremento del espesor de la capa asfáltica para compensar el número estructural requerido, es una decisión del diseñador que se debe ajustar a las condiciones de sitio.

Informe LM-PI-AT-121-2017	Marzo, 2018.	Página 139 de 149
---------------------------	--------------	-------------------



Por lo tanto, si se requería un incremento en el espesor de mezcla asfáltica para asegurar la protección según la metodología de diseño vigente en el cartel es un costo que la Administración debe asumir para garantizar el adecuado desempeño de la estructura diseñada según AASHTO93.

Según lo anterior las observaciones del oficio GCSV-92-2018-0826 no modifican el contenido del hallazgo.

Nuevamente se indica que ya existen otras metodologías de diseño que permiten determinar los espesores requeridos en función de las repuestas de pavimentos en lugar de la utilización de Guías de Diseño de Pavimentos que se basan en fundamentos empíricos.

Se modifica la numeración del informe preliminar del hallazgo 6 a hallazgo 5, de manera que el documento final se establece como:

**HALLAZGO 5. SE EVIDENCIÓ QUE EN ALGUNOS DISEÑOS NO SE REVISÓ EL CUMPLIMIENTO DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL SEGÚN LA METODOLOGÍA AASHTO93**

**HALLAZGO 7. SE EVIDENCIARON INCONSISTENCIAS EN LOS ANÁLISIS DE DESEMPEÑO REALIZADOS DE ACUERDO CON LAS ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS PROPUESTAS EN LOS INFORMES DE DISEÑO DE LAS REHABILITACIONES DE LAS RUTAS NACIONALES 1 Y 256.**

Se reitera que las evidencias mostradas por el equipo auditor muestran que los datos adjuntados por los diseñadores en la memoria de cálculo de los informes diseño para la estimación de la respuestas del pavimento y el posterior análisis de fatiga y de deformación permanente no responden a las estructuras propuestas en los diseños.

En el oficio DVP-23-18-0056 se indica que "Si bien la tabla en donde se indica el ejemplo de cálculo del análisis por fatiga y deformación, muestra errores, por medio de la revisión total del informe, se puede encontrar la información correcta". Sobre este párrafo, la Administración no aporta ninguna evidencia que el análisis realizado por el diseñador haya considerado las estructuras propuestas, por lo tanto el contenido del hallazgo no se modifica.

Además se debe aclarar que dentro del informe LM-PI-AT-121-2017 se indica que la revisión realizada por el equipo auditor cumple con el análisis de desempeño considerando los espesores y propiedades mecánicas contempladas en las estructuras de pavimento propuestas, pese a que el análisis realizado consideró otras estructuras.



Además en el descargo al informe de la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes se indica precisamente de forma textual " ... por lo que esta Gerencia no ve la necesidad de incurrir en atrasos burocráticos que acarrear costos para la Administración cuando analizando toda la información se puede hacer debido al análisis. Esto basándose en el principio de eficiencia y eficacia."

En relación con este aspecto es criterio del equipo auditor que el contratista debe presentar el informe de diseño correcto y con la mayor claridad de acuerdo con lo establecido en el cartel de licitación, por lo que no existe justificación alguna para que el contratista ingrese información incorrecta dentro del informe, ya que es la misma Administración quien está pagando por un servicio con estándares técnicos que no se están cumpliendo. Además se debe señalar que la inclusión de información incorrecta en los informes, dificultan el proceso de revisión, generando que el evaluador tenga que descifrar la información correcta.

Si bien se indica que la corrección de estas omisiones o inclusión de información incorrecta podría generar atrasos burocráticos que inducen a costos extras para la Administración, los errores evidenciados son responsabilidad del contratista. Además es criterio del equipo auditor que deben existir canales de comunicación más locuaces para que se puedan atender las correcciones al diseño y se garantice que el informe de diseño final no considere ningún tipo de información incorrecta.

Por lo tanto, según lo anterior, la petitoria del descargo GCSV-92-2018-0826 sobre cambiar la naturaleza del hallazgo a observación no es aceptada por el equipo auditor, ya que las mismas obedecen a omisiones o errores del contratista en el informe de diseño, por lo que los diseños debieron ser corregidos y no aprobados en su momento. Con el fin de establecer mayor claridad sobre el incumplimiento al cartel de licitación evidenciado en el hallazgo se consideró agregar el siguiente párrafo al documento final del informe

**"En relación al análisis de desempeño del cartel de licitación en el ítem M403(1)A establece**

***Deberá incluirse la capacidad de carga en términos de ejes equivalentes para la falla por agrietamiento en la capa asfáltica superior por fatiga y para la falla por deformación plástica de subrasante."***

Por lo que la no realización del análisis de fatiga y de deformación permanente de acuerdo a las propiedades y dimensiones de las estructuras propuestas, representa un incumplimiento a los requerimientos solicitados en el cartel de licitación.

Informe LM-PI-AT-121-2017	Marzo, 2018.	Página 141 de 149
---------------------------	--------------	-------------------



Se modifica la numeración del informe preliminar del hallazgo 7 a hallazgo 6, de manera que el documento final se establece como:

**HALLAZGO 6. SE EVIDENCIARON INCONSISTENCIAS EN LOS ANÁLISIS DE DESEMPEÑO REALIZADOS DE ACUERDO CON LAS ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS PROPUESTAS EN LOS INFORMES DE DISEÑO DE LAS REHABILITACIONES DE LAS RUTAS NACIONALES 1 Y 256.**

**OBSERVACIÓN 6. SE ENCONTRÓ FALTA DE CLARIDAD EN EL CARTEL DE LICITACIÓN RESPECTO A LAS RECOMENDACIONES Y CONSIDERACIONES PROPUESTAS POR LOS DISEÑADORES PARA EL CORRECTO DESEMPEÑO DE LAS ESTRUCTURAS DISEÑADAS DURANTE PERIODO DE DISEÑO.**

Las observaciones del oficio DVP-23-18-0056, no modifican el contenido de la observación 5.

No hay observaciones en el oficio GCSV-92-2018-0826 que modifiquen el contenido de la observación.

**HALLAZGO 8. SE EVIDENCIÓ QUE EL DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL RUTA NACIONAL 150 FUE PAGADO Y NO EJECUTADO POR VARIACIONES EN EL INCREMENTO DEL NIVEL DE RASANTE.**

En relación con las observaciones realizadas en el oficio GCSV-92-2018-0826 , sobre la no realización del proyecto debido a que su ejecución implicaría una concentración significativa del presupuesto de la línea 5 en una sola ruta, el equipo auditor considera que esta justificación no es concordante en relación con los costos en los que se han incurrido durante la actual licitación, para dar transitabilidad a la Sección de Control 50651 de la Ruta Nacional 150, según lo indica la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes.

La inversión realizada en los trabajos de atención de esta ruta, bacheo de profundidad y pavimento bituminoso en caliente, según SIGEPRO a la fecha del 18 de febrero de 2018 asciende a los ₡ 1.399.068.843,00. El monto anterior corresponde aproximadamente e al 57,3 % del monto original que se destinaría a la rehabilitación mayor de la Ruta Nacional 150 según el diseño propuesto el cual correspondía ₡2.443.437.912,63. Por lo anterior, es criterio del equipo auditor que la justificación de la ingeniería de proyecto en no consumir el presupuesto de la línea 5 no tiene concordancia con lo indicado en el oficio de descargo cuando se incurre en una inversión cercana a 1400 millones de colones para dar transitabilidad a una ruta que necesita una rehabilitación mayor según el diseño propuesto.



Además como se menciona en el oficio GCSV-92-2018-0826, la Administración daría mantenimiento para dar transitabilidad a la ruta una vez que Planificación Institucional de CONAVI diera respuesta a la solicitud indicada en el oficio citado. Sin embargo, los trabajos de atención de la ruta consistieron en el saneamiento de la ruta mediante bacheo a profundidad y la colocación de una sobrecapa de 5cm. Según lo anterior la colocación de la capa asfáltica de 5cm sobre la estructura de pavimento existente, representa un refuerzo estructural del pavimento existente, por lo cual no se estaría realizando trabajos de mantenimiento para dar transitabilidad sino más bien se estarían realizando actividades de rehabilitación menor según lo que indica el informe de Evaluación de la Red Vial Nacional 2016-2017 del LanammeUCR. Por lo tanto, esta justificación tampoco es considerada técnicamente aplicable a criterio del equipo auditor.

En relación con las actividades de sobrecapa asfáltica éstas fueron ejecutadas durante el proceso de ejecución de la Auditoría y posterior a la emisión del informe preliminar , por lo que con fin de contemplarlas en el informe final se agrega el siguiente párrafo al documento final.

**"Posterior a la emisión del informe preliminar LM-PI-AT-121B-17 se colocó una sobrecapa asfáltica de 5 cm sobre la sección de control 50651 de la Ruta Nacional 150, de igual manera que en el caso del bacheo a profundidad, el tratamiento seleccionado, en este caso una rehabilitación menor, no responde a las necesidades estructurales de la ruta "**

Por último, en relación con la utilización del diseño de pavimentos de la Ruta Nacional 150 como insumo para otras dependencias del CONAVI al no poder ser ejecutado por la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, el equipo auditor considera que si bien es cierto que el diseño puede ser un respaldo para Planificación Institucional, esta dependencia tiene su propio presupuesto para realizar los estudios de prefactibilidad de la rutas que son candidatas a intervenciones mayores. Además no se considera conveniente de ninguna manera el uso y presupuesto de ítems de la Licitación Pública 2014-LN-0000018-OCV00 para justificar el accionar de otras dependencias de la institución, ya que como lo dice el mismo oficio se cuenta con un presupuesto limitado. A criterio del equipo auditor no se excluye que pueda existir colaboración entre dos dependencias del CONAVI, siempre y cuando exista una debida formalización por parte de ambas dependencias, aspecto que no fue evidenciado en el caso del diseño de la rehabilitación del Sección de Control 50651de la Ruta Nacional 150.

Por lo tanto según el análisis del descargo realizado del oficio GCSV-92-2018-0826, no se realizan modificaciones al hallazgo.



Las observaciones del oficio DVP-23-18-0056, no modifican el contenido del hallazgo.

Se modifica la numeración del informe preliminar del hallazgo 8 a hallazgo 7, de manera que el documento final se establece como:

**HALLAZGO 7. SE EVIDENCIÓ QUE EL DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL RUTA NACIONAL 150 FUE PAGADO Y NO EJECUTADO POR VARIACIONES EN EL INCREMENTO DEL NIVEL DE RASANTE.**

**HALLAZGO 9. SE EVIDENCIÓ LA REALIZACIÓN DE UN SANEAMIENTO MEDIANTE TÉCNICAS DE BACHEO A PROFUNDIDAD Y BACHEO FORMAL QUE NO FUERON CONTEMPLADOS EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS DE LA SOBRECAPA DE LA RUTA NACIONAL 2.**

En relación con las observaciones realizadas por la Gerencias de Conservación Vías y Puentes en el oficio GCSV-92-2018-0826 sobre el enfoque del hallazgo, se debe aclarar que en ningún momento el informe cuestiona la realización de las actividades de bacheo realizadas por la Administración para la atención de deterioros puntuales existentes en la Ruta Nacional 2 tal como se indica en el oficio.

El enfoque del hallazgo evidencia que el auscultamiento visual realizado en el informe de diseño de la sobrecapa de la Ruta Nacional 2 no contempló deterioros de relevancia, como las deformaciones indicadas que llevaron a la Administración a realizar un saneo de la estructura existente previo a la colocación de la sobrecapa. Lo anterior implica que la Administración incurra en costos y tiempo adicionales para reevaluar la estructura de pavimentos y determinar el tipo de atención, aspectos que bien pudieron haber sido contemplados en el informe de diseño con un adecuado auscultamiento visual y el uso de indicadores de deflectometría.

Por lo tanto el contenido del hallazgo se mantiene, pero se realiza un acomodo al título del hallazgo para generar mayor claridad en el informe, además se modifica la numeración del mismo a Hallazgo 8, de manera que el título contemplado en el documento final es:

**HALLAZGO 8. SE EVIDENCIÓ QUE EL DISEÑO DE PAVIMENTOS DE LA SOBRECAPA DE LA RUTA NACIONAL 2 NO CONTEMPLÓ LA REALIZACIÓN DE UN SANEAMIENTO MEDIANTE TÉCNICAS DE BACHEO A PROFUNDIDAD Y BACHEO FORMAL DENTRO DE LAS ACTIVIDADES A EJECUTAR EN EL PROYECTO PROPUESTO**

Las observaciones del oficio DVP-23-18-0056, no modifican el contenido del hallazgo.

**OBSERVACIÓN 7. SOBRE LA FALTA DE CAPACIDAD DE OPERATIVA DEL CONAVI PARA GESTIONAR EL DISEÑO DE PAVIMENTOS DE PROYECTOS DE MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL**

Informe LM-PI-AT-121-2017	Marzo, 2018.	Página 144 de 149
---------------------------	--------------	-------------------



Según lo indicado en el descargo DVP-23-18-0056 y de acuerdo con lo expresado en la presentación del informe preliminar, las evaluaciones antes y después de haberse construido los diseños realizados, no corresponden a funciones de la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes. De acuerdo con lo anterior se realizaron modificaciones al párrafo de la observación donde se indica que la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes no tiene el tiempo suficiente para llevar a cabo el tipo de labores mencionadas anteriormente.

De manera que la redacción del párrafo se modifica, siendo las palabras en negrita las que se agregan al párrafo de la OBSERVACIÓN 7 del informe preliminar:

*"Según lo expresado por la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes, la revisión del diseño se limita únicamente a la revisión del diseño de oficina y **no se contempla dentro de sus funciones** el análisis previo de las condiciones de sitio mediante inspecciones de campo, así como la verificación de la construcción de las estructuras propuestas por parte de los contratistas, **pese a que la misma Gerencia indica que se tratan de realizar visitas de campo.** Es criterio del equipo auditor que la **no realización** de inspecciones de campo **por parte de esta Gerencia encargada de la revisión del diseño podría incidir en que** no se pueda girar recomendaciones y correcciones de los diseños de pavimentos de acuerdo con las condiciones existentes de las rutas por lo que **la revisión del diseño se limita generalmente al cumplimiento de los requerimientos** establecidos del cartel de licitación o a las metodologías utilizadas"*

En relación con las observaciones realizadas en el oficio de descargo GCSV-92-2018-0826, muchas de estas coinciden con algunos de los criterios señalados por el equipo auditor en el diagnóstico realizado en relación con la capacidad operativa del CONAVI en el proceso de gestión de la aprobación de un diseño. Además también muchas de estas observaciones permiten profundizar en los problemas que presenta actualmente la entidad y como se han tratado de atender ante las limitantes evidenciadas.

Se modifica el párrafo donde indica la participación del consultor externo sobre la modificación del diseño de la Ruta Nacional 256, ya que cómo se explicó en la presentación oral del informe preliminar, el diseño aprobado corresponde al diseño elaborado por la Consultora Orion. De manera que en la redacción del párrafo se sustituye la palabra modificación por la frase "el proceso de aprobación", por lo que la redacción del párrafo es la siguiente:

Informe LM-PI-AT-121-2017	Marzo, 2018.	Página 145 de 149
---------------------------	--------------	-------------------



Precisamente en relación con la figura del consultor externo, el equipo auditor identificó la participación de una empresa externa en **el proceso de aprobación** del diseño propuesto por el contratista en la rehabilitación de la Ruta Nacional 256. El financiamiento de la consultoría se realizó mediante partidas del Administrador Vial de la zona 5-1.

En relación con la petitoria del descargo GCSV-92-2018-0826 en eliminar del informe toda mención a la figura de un consultor externo debido a que se utiliza la figura de los Administradores Viales para pagar este tipo de asesorías, el equipo auditor no la considera pertinente. Lo anterior debido a que la Licitación Pública 2012LN-000003-0CV00 y las ampliaciones de las misma, no consideran dentro del personal profesional y técnico fijo, la figura de consultores externos para brindar asesorías en el tema del diseño de pavimentos, por lo que se recurre a otros ítems de la contratación de los Administradores Viales(110.06 "Trabajo a costo más porcentaje (CR2010)" o "Monto global para pago de personal adicional) para financiar este tipo de servicios que igualmente son pagados con fondos públicos y por ende es criterio del equipo auditor que son dos figuras distintas, tal como se indicó en el informe pese a tener el mismo grado de responsabilidad.

Por otra parte, el equipo auditor sí considera acertado la modificación de la Figura 42 del informe preliminar (Figura 41 del informe preliminar), en colocar la figura del Administrador Vial y el consultor externo al mismo nivel o grado de responsabilidad de las actividades en las que pueden incidir en el proceso de aprobación de diseño.. De manera que la figura 41 del informe final queda de la siguiente manera:

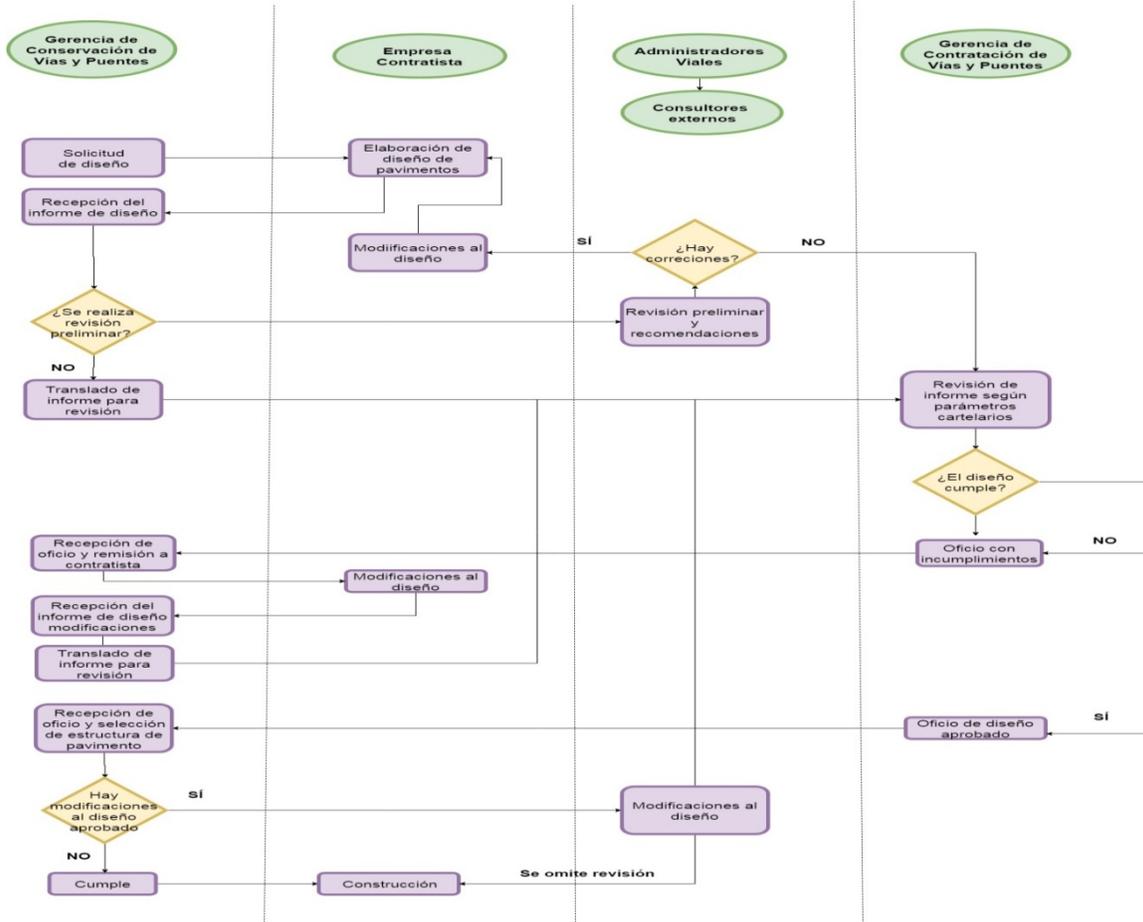


Figura 41. Procedimiento aprobación de diseños Licitación Pública 2014LN-000018-0CV00. Fuente: UAT-LanammeUCR.

Además con base en lo anterior se agrega la frase en negrita al siguiente párrafo del informe final LM-PI-AT-121-17 para dar mayor claridad a la forma en que se financia el pago de los consultores externos mencionados en el informe.

*"Por otra parte, de acuerdo con la entrevista realizada a la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, se mencionó que existe una limitación técnica por parte algunas ingenierías de proyecto respecto a la revisión de los diseños de pavimentos, ya que en muchos casos el enfoque técnico de los ingenieros de proyecto está asociado a procesos constructivos, razón por la cual se debe recurrir a la figura de los Administradores Viales y recientemente a consultores externos, **pagados mediante fondos del Administrador Vial**, como apoyo para la revisión preliminar de diseño y el ajuste de los diseños a las condiciones existentes actuales".*



Por último en relación a la solicitud de la Administración sobre la eliminación de las observaciones del equipo auditor por un posible riesgo de duplicidad de funciones y pagos adicionales según se indica en el oficio GCSV92-2018-0826, el equipo auditor aclara que los potenciales riesgos descritos corresponde a modificaciones o alteraciones de los diseños presentados por los contratista **posterior al proceso de aprobación** tal como se indica en los diferentes párrafos de la observación 7. Por lo tanto el diagnóstico realizado por el equipo auditor sobre el proceso de aprobación del diseño hasta su etapa de ejecución, permitió identificar que si existe el riesgo de que se genere duplicidad de funciones o pagos adicionales por una actividad que está contemplada dentro del cartel de licitación y conflicto de responsabilidades ante una variación de un tercero o de la propia Administración al diseño presentado por el contratista y aprobado por la misma Administración.

Con el fin de brindar mayor claridad al enfoque de la observación se modifica la redacción del siguiente párrafo del informe preliminar sobre el eventual riesgo de duplicidad de funciones y pagos adicionales en que podría incurrir la Administración por la participación del consultor externo en la etapa posterior a la aprobación del diseño de pavimentos.

*"Otro aspecto de la participación de la figura del consultor externo, durante la etapa posterior a la aprobación del diseño, es que puede existir duplicidad de funciones por la realización de un nuevo diseño a partir del original. La Administración estaría incurriendo en un pago adicional por una actividad que está contemplada dentro del cartel de licitación, pese a que es conocido que es financiada con otro tipo de fondos."*

De manera que el párrafo contemplado en el informe final se modifica a:

*"Otro aspecto de la participación de la figura del consultor externo **en la** etapa posterior a la aprobación del diseño, es que **existe el eventual riesgo de duplicidad de funciones por la realización de un nuevo diseño a partir del original. La Administración estaría incurriendo en un pago adicional por una actividad (ítem M403(1) Diseño de rehabilitaciones y sobrecapas asfálticas) que está contemplada dentro del cartel de licitación, pese a que es conocido que el servicio brindado por el consultor externo en el tema de diseño de pavimentos es financiado con fondos públicos a través del Administrador Vial.**"*



En relación a las responsabilidades y riesgo de garantía mencionadas por el equipo auditor en el informe, se debe aclarar que el enfoque de la observación no se refiere a las garantías de las cantidades ejecutadas en los procesos constructivos, sino más bien a la garantía del diseño propuesto por el contratista ya que el mismo está asociado a un periodo de diseño el cual debe garantizarse. Las modificaciones a un diseño presentado por el contratista posterior a su aprobación, ya sea por un ente externo o por la propia Administración hacen que la responsabilidad del contratista en relación con el diseño se vea modificada en virtud de una toma de decisión unilateral en el diseño. Por otro lado, en ningún momento se cuestiona que la Administración no tenga ninguna injerencia o responsabilidad sobre el diseño al aprobarlo, sino más bien lo que se indica es que en los casos que se presente modificaciones del diseño posterior a su aprobación podrían incidir en la garantía del diseño propuesto por el contratista, lo cual podría diluir la responsabilidad del mismo ante una eventual falla del dimensionamiento de la estructura.

A raíz de la aclaración anterior y reiterando en este análisis del descargo que los potenciales riesgos identificados por el equipo auditor se refieren a la etapa posterior al proceso de diseño, las observaciones realizadas por el equipo auditor se mantienen y no se eliminan del informe.

Únicamente se elimina la frase " o del proceso constructivo del mismo se" del párrafo 3 de la página 83 del informe preliminar, de manera que la redacción final del mismo es:

*"Esto ya que ante una posible falla del diseño podría generar un conflicto de responsabilidades entre la empresa contratista y la Administración, poniendo en riesgo la garantía de las obras."*