



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Informe Final LM-PI-AT-119-2018

Evaluación de las prácticas y procesos constructivos de la vía del proyecto: Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 616, Sección: La Managua-Cruce a Villanueva

Licitación Pública No. 2014LN-000005-0DI00

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
Diciembre, 2018



1. Informe Final LM-PI-AT-119-2018	2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: Evaluación de las prácticas y procesos constructivos de la vía del proyecto: Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 616, Sección: La Managua-Cruce a Villanueva	4. Fecha del Informe Diciembre, 2018	
7. Organización y dirección 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		
8. Notas complementarias		
9. Resumen El alcance del estudio consiste de una evaluación del desempeño de la estructura del pavimento construida en términos de la Regularidad Superficial (IRI), deflexiones del pavimento y agarre superficial (fricción), los materiales utilizados en la construcción de la estructura de pavimento, las prácticas y procedimientos constructivos de conformidad con la normativa actual y las buenas prácticas de la ingeniería. La Regularidad Superficial evidenció incumplimientos con las especificaciones del cartel de licitación. Como consecuencia de este resultado se realizaron correcciones en la superficie de ruedo, sin que se lograra un efecto significativo de mejora. El análisis de deflexiones medidas en el pavimento evidenció que la condición estructural de las capas de material granular, específicamente la capa de base, muestra una condición "Regular", que no es aceptable para un pavimento recién construido. Los resultados de la evaluación la fricción del pavimento recién construido evidenció tramos con condiciones de fricción por debajo de la categoría de "Bueno". La fricción superficial también se midió posterior a las reparaciones ejecutadas por regularidad y los resultados evidenciaron una disminución en la cantidad de tramos en condición "Bueno" y "Muy bueno" y, en contra parte, un aumento en la cantidad de tramos en condición "Regular" y "Malo". La calidad de los materiales empleados, evidenció incumplimientos en el contenido de asfalto, granulometría, porcentaje de vacíos en sitio de la mezcla asfáltica. Además, se observaron incumplimientos en la granulometría de los materiales granulares y dos de las muestras de base granular incumplen el parámetro CBR. Se evidenciaron deterioros en la capa de ruedo como exudación, desnudamiento, desprendimiento de agregados y deterioro superficial por correcciones de regularidad. Se evidenció la ausencia del estudio hidrológico e hidráulico, que se realizó durante la etapa de diseño del proyecto y que debió ser de consulta previa antes de realizar los cambios en el tipo de alcantarillas construidas. En las actividades de colocación de base granular y capa asfáltica de ruedo, se evidenció que la capa de base granular permaneció expuesta al tráfico y a la lluvia durante un tiempo prolongado. Esta condición ocasionó la aparición de deterioros en la capa final de base granular, tanto en los tramos imprimados como en los que aún no se había aplicado este tratamiento, con la consecuente pérdida de la inversión realizada en el riego de imprimación y el material de secado de los tramos imprimados. El control de los materiales utilizados para construir las capas de la estructura del pavimento evidenció debilidades en cuanto a la efectividad de los mecanismos implementados para contabilizar el material colocado y pagado por adelantado durante el avance de la obra. Esta condición de incertidumbre pudo afectar la durabilidad del pavimento y el costo del proyecto en caso de no ser detectado a tiempo por la Administración. Finalmente, incumplimientos de los requisitos de la planta de producción de mezcla asfáltica en cuanto a la separación entre tolvas, cribas, tanque de almacenamiento de asfalto y documentación del proyecto.		
10. Palabras clave PITRA, Construcción, Mezcla asfáltica, deflexiones, regularidad, fricción.	11. Nivel de seguridad: Ninguno	12. Núm. de páginas 115



INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

Evaluación de las prácticas y procesos constructivos de la vía del proyecto: Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 616, Sección: La Managua-Cruce a Villanueva

Departamento encargado del proyecto: Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, CONAVI.

Laboratorio de verificación de calidad: Vieto y asociados

Empresa contratista: RAASA (según contrato)

Laboratorio de control de calidad:

LGC Ingeniería de pavimentos (De marzo 2015 a agosto 2015)

OJM Consultores de Calidad y Laboratorios S.A. (De marzo 2016 a noviembre 2017)

ITP Ingeniería de Pavimentos (De diciembre 2017 en adelante)

Monto original del contrato: ₡ 2.390.982.490,76 (dos mil trescientos noventa millones novecientos ochenta y dos mil cuatrocientos noventa colones con 76/100)

Plazo original de ejecución: 180 días calendario

Proyecto: Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 616, Sección: La Managua-Cruce a Villanueva. Licitación Pública No. 2014LN-000005-ODI00

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.

Auditores:

Ing. Erick Acosta Hernández, Auditor Técnico Líder.

Ing. Mauricio Picado Muñoz, Auditor Técnico Adjunto.

Asesor Legal:

Lic. Miguel Chacón Alvarado

Lic. Owen Gooden Morales

Alcance del informe:

El alcance del estudio consiste en el análisis de los materiales utilizados en la construcción de la estructura de pavimento, capas de material granular y mezcla asfáltica. Se realizó una evaluación de las prácticas y procedimientos constructivos de conformidad con la normativa actual y las buenas prácticas de la ingeniería y una evaluación del desempeño de la estructura del pavimento construida en términos de Regularidad Superficial (IRI), deflexiones del pavimento y agarre superficial (fricción).



TABLA DE CONTENIDO

1.	FUNDAMENTACIÓN	8
2.	OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS	8
3.	OBJETIVOS DEL INFORME	9
3.1	OBJETIVO GENERAL.....	9
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
4.	ALCANCE DEL INFORME	9
5.	METODOLOGÍA.....	10
6.	DOCUMENTOS DE PREVALENCIA	10
7.	ANTECEDENTES.....	11
8.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	14
9.	AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSION PRELIMINAR LM-PI-AT-119B-18	17
10.	RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA	18
	SOBRE EL DESEMPEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO.....	19
	Hallazgo No. 1. El valor de Regularidad Internacional (IRI) obtenido en el proyecto a nivel de la superficie de ruedo final se encuentra fuera de los límites de especificación indicado en el contrato.....	19
	Observación No. 1.: El análisis del cuenco de deflexiones verticales realizado, evidencia que la durabilidad de estructura construida será menor que la vida útil esperada debido a la capacidad estructural de capa de base granular.....	26
	Observación No. 2. Existen secciones del pavimento construido en el proyecto con condiciones de fricción superficial deslizantes de diversos grados de severidad.	32
	Hallazgo No. 2: La nueva capa de rodamiento presenta secciones con deterioros prematurados superficiales que afectan su calidad y vida útil.....	38
	SOBRE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES.....	44
	Hallazgo No. 3: Los resultados de los ensayos realizados a los materiales empleados en la estructura de pavimento evidenciaron incumplimientos en los requisitos establecidos por el Manual de especificaciones para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010.....	44
	SOBRE LOS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS.....	60
	Hallazgo No. 4. Durante la fase constructiva del proyecto se realizaron modificaciones en los tipos de alcantarilla del proyecto sin que se evidencie la existencia de un estudio hidrológico e hidráulico del diseño del sistema de drenaje del proyecto.	60

Informe LM-PI-AT-119-18	Fecha de emisión: Diciembre 2018	Página 4 de 115
-------------------------	----------------------------------	-----------------



Hallazgo No. 5. La capa final de base granular estuvo expuesta al tráfico y la intemperie un tiempo prolongado, ocasionándole deterioros superficiales y la pérdida de la inversión realizada en emulsión asfáltica para riego de imprimación y material de secado en los tramos imprimados. 65

Hallazgo No. 6. Las debilidades de los mecanismos de control del material colocado, pagado y adelantado de la estructura de pavimento, provocaron incertidumbre al cuantificar el espesor del material granular de la estructura de pavimento. 71

Hallazgo No. 7. Se evidenciaron incumplimientos en los requisitos de la planta de producción de mezcla asfáltica en cuanto a la separación entre tolvas, cribas, tanque de almacenamiento de asfalto y documentación del proyecto. 77

11. CONCLUSIONES 85

12. RECOMENDACIONES 88

13. REFERENCIAS 90

Anexo A. Descargo del Auditado 92

Anexo B. Análisis del Descargo 105

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DATOS INDIVIDUALES DE IRI, SENTIDO MANAGUA-VILLANUEVA..... 22

FIGURA 2. PROMEDIOS FIJOS DE IRI CADA 5 TRAMOS DE 100 M, SENTIDO MANAGUA-VILLANUEVA. 22

FIGURA 3. DATOS INDIVIDUALES DE IRI, SENTIDO VILLANUEVA-MANAGUA..... 24

FIGURA 4. PROMEDIOS FIJOS DE IRI CADA 5 TRAMOS DE 100 M, SENTIDO VILLANUEVA-MANAGUA. 24

FIGURA 5. INDICADORES Y ZONAS DEL CUENCO DE DEFLEXIÓN 28

FIGURA 6. ANÁLISIS DEL CUENCO DE DEFLEXIONES SENTIDO LA MANAGUA-CRUCÉ VILLANUEVA..... 30

FIGURA 7. ANÁLISIS DEL CUENCO DE DEFLEXIONES PARA EL SENTIDO CRUCE VILLANUEVA – LA MANAGUA. 31

FIGURA 8. VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN. SENTIDO: LA MANAGUA – CRUCE A VILLANUEVA. FECHA DE ENSAYO: 07/09/2018. FUENTE: INFORME DE ENSAYO I-1198-18, LANAMMEUCR. 34

FIGURA 9. VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN. SENTIDO: CRUCE A VILLANUEVA - LA MANAGUA. FECHA DE ENSAYO: 07/09/2018. FUENTE: INFORME DE ENSAYO I-1198-18, LANAMMEUCR 35

FIGURA 10. GRÁFICO DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO DE ASFALTO EN LAS MUESTRAS DE MEZCLA ASFÁLTICA ENSAYADAS POR (A) AUTOCONTROL (B) VERIFICACIÓN..... 47

FIGURA 11. CURVAS GRANULOMÉTRICAS DE LAS MUESTRAS DE MEZCLA ASFÁLTICA ENSAYADAS POR (A) AUTOCONTROL (B) VERIFICACIÓN 52

FIGURA 12. ESQUEMA CRONOLÓGICO DE DOCUMENTOS. 72



ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 1. SECCIONES CON DIFERENTES GRADOS DE EXUDACIÓN DE ASFALTO.....	38
FOTOGRAFÍA 2. EXUDACIÓN DE ASFALTO EN JUNTA TRANSVERSAL. ESTACIÓN 3+350.	39
FOTOGRAFÍA 3. DESNUDAMIENTO DE AGREGADO EN EL TRAMO ENTE 2+200 Y 2+400.....	40
FOTOGRAFÍA 4. DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS ENTRE LA ESTACIÓN 1+840 A 1+900.	41
FOTOGRAFÍA 5. DETERIORO SUPERFICIAL POR CORRECCIONES DE REGULARIDAD. ESTACIÓN 2+190.	42
FOTOGRAFÍA 6. DETERIORO EN EL BORDE LA CALZADA. ESTACIÓN 4+350.	43
FOTOGRAFÍA 7. ALCANTARILLA DOBLE DE TUBO COLOCADA EN 0+000.....	61
FOTOGRAFÍA 8. ALCANTARILLAS DE TUBO COLOCADAS EN LA ESTACIÓN 3+825.	61
FOTOGRAFÍA 9. DETERIOROS EN LA BASE EN LA ESTACIÓN 1+850.....	65
FOTOGRAFÍA 10. TRAMO IMPRIMADO CON DETERIOROS SUPERFICIALES. ESTACIÓN 5+700.	67
FOTOGRAFÍA 11. DETERIOROS EN LA BASE GRANULAR. ESTACIÓN 4+000.	67
FOTOGRAFÍA 12. TRAMO IMPRIMADO Y POSTERIORMENTE RECONFORMADO. ESTACIÓN 2+710.	68
FOTOGRAFÍA 13. EXUDACIÓN OBSERVADA EN LA ESTACIÓN 2+710.	68
FOTOGRAFÍA 14. COLOCACIÓN DE “TRABA” SOBRE LA BASE GRANULAR SIN IMPRIMAR. ESTACIÓN 3+820.	69
FOTOGRAFÍA 15. BASE GRANULAR DETERIORADA A NIVEL DE CAPA TERMINADA, SIN IMPRIMAR Y CON ACUMULACIÓN DE AGUA. ESTACIÓN 0+000 Y 0+750.....	70
FOTOGRAFÍA 16. TOLVAS DE AGREGADO EN FRÍO.	78
FOTOGRAFÍA 17. AGREGADO CON SOBRE TAMAÑO IDENTIFICADO EN LA CARPETA DE RODADURA.	79
FOTOGRAFÍA 18. TOLVAS SIN SEPARACIÓN FÍSICA ENTRE ELLAS PARA EVITAR LA MEZCLA DE AGREGADOS.	79
FOTOGRAFÍA 19. TOLVAS SIN SEPARACIÓN FÍSICA ENTRE ELLAS PARA EVITAR LA MEZCLA DE AGREGADOS.	80
FOTOGRAFÍA 20. TANQUES DE MATERIAL COMBUSTIBLE SIN BARRERA PERIMETRAL.....	81
FOTOGRAFÍA 21. DERRAME DE COMBUSTIBLE CERCA DE TANQUES DE MATERIAL COMBUSTIBLE SIN BARRERA PERIMETRAL	81
FOTOGRAFÍA 22. EJEMPLO DE UN REPORTE DE PRODUCCIÓN DIARIO DE LA PLANTA DEL PROYECTO.....	84

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. COMUNICACIONES EMITIDAS DURANTE EL PROCESO DE AUDITORÍA.....	13
TABLA 2. RESUMEN DE RESULTADOS DE REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI) EN JULIO 2018.....	20
TABLA 3. SINGULARIDADES DEFINIDAS AL ANALIZAR EL PROYECTO: LA MANAGUA-NARANJITO DE LA RUTA No. 616.	20
TABLA 4. RESULTADOS DE REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI), SENTIDO MANAGUA-VILLANUEVA.....	21
TABLA 5. RESULTADOS DE REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI), SENTIDO VILLANUEVA-MANAGUA.....	23
TABLA 6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE IRI. FECHA DE ENSAYO: 27 DE AGOSTO DE 2018.	25
TABLA 6. CLASIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL CONSIDERANDO LOS PARÁMETROS DE CUENCOS DE DEFLEXIÓN PARA VARIOS TIPOS DE PAVIMENTOS	28
TABLA 7. RESUMEN DE RESULTADOS DE INDICADORES DEL CUENCO DE DEFLEXIONES.....	29
TABLA 8. TRAMOS CON INTERVENCIONES PARA MEJORAR LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DE LA VÍA.	32
TABLA 9. SECCIONES FUERA DE ANÁLISIS POR CONDICIONES DE ENSAYO.	33
TABLA 10. CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO SEGÚN EL GRIP NUMBER (GN).....	33

Informe LM-PI-AT-119-18	Fecha de emisión: Diciembre 2018	Página 6 de 115
-------------------------	----------------------------------	-----------------



TABLA 11. DISTRIBUCIÓN DE LA CONDICIÓN DE LA VÍA SEGÚN SU GN. SENTIDO: LA MANAGUA – CRUCE A VILLANUEVA.	34
TABLA 12. DISTRIBUCIÓN DE LA CONDICIÓN DE LA VÍA SEGÚN SU GN. SENTIDO: CRUCE A VILLANUEVA – LA MANAGUA	35
TABLA 14. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS MARSHALL OBTENIDOS DE LAS MUESTRAS DE MEZCLA ASFÁLTICA ENSAYADAS POR EL LABORATORIO DE AUTOCONTROL	45
TABLA 15. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS MARSHALL OBTENIDOS DE LAS MUESTRAS DE MEZCLA ASFÁLTICA ENSAYADAS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN.....	46
TABLA 16. RESULTADOS GRANULOMÉTRICOS DE LAS MUESTRAS DE MEZCLA ASFÁLTICA ENSAYADAS POR EL AUTOCONTROL	49
TABLA 17. RESULTADOS GRANULOMÉTRICOS DE LAS MUESTRAS DE MEZCLA ASFÁLTICA ENSAYADAS POR LA VERIFICACIÓN.....	50
TABLA 18. RESULTADOS GRANULOMÉTRICOS DE LA MUESTRA DE MEZCLA ASFÁLTICA ENSAYADA POR EL LANAMMEUCR	51
TABLA 19. RESULTADOS DEL PORCENTAJE DE VACÍOS DE ESPECÍMENES EXTRAÍDOS EN SITIO POR EL AUTOCONTROL	53
TABLA 20. RESULTADOS DEL PORCENTAJE DE VACÍOS DE ESPECÍMENES EXTRAÍDOS EN SITIO POR LA VERIFICACIÓN.....	54
TABLA 20. RESULTADOS DEL PORCENTAJE DE VACÍOS DE ESPECÍMENES EXTRAÍDOS EN SITIO POR EL LANAMMEUCR.	55
TABLA 22. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS A LAS MUESTRAS DE SUBBASE GRANULAR ENSAYADAS POR EL AUTOCONTROL.....	56
TABLA 23. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS GRANULOMÉTRICOS REALIZADOS A LAS MUESTRAS DE BASE GRANULAR ENSAYADAS POR EL AUTOCONTROL	58
TABLA 24. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS GRANULOMÉTRICOS REALIZADOS A LAS MUESTRAS DE BASE GRANULAR ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR	59
TABLA 25. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE MEDICIÓN Y ACEPTACIÓN REALIZADOS A LAS MUESTRAS DE BASE GRANULAR ENSAYADAS POR EL AUTOCONTROL.....	59
TABLA 26. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE MEDICIÓN Y ACEPTACIÓN REALIZADOS A LAS MUESTRAS DE BASE GRANULAR ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR.....	59
TABLA 27. ALCANTARILLAS A CONSTRUIR EN EL PROYECTO SEGÚN LOS PLANOS Y BITÁCORA DEL PROYECTO.	62
TABLA 28. ÍTEMS DE COLOCACIÓN DE RIEGO DE IMPRIMACIÓN.....	70
TABLA 28 CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE LA PLANTA DE MEZCLA ASFÁLTICA.....	83

ÍNDICE DE MAPAS

MAPA 1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.	16
MAPA 2. MAPA COMPARATIVO DE LA CONDICIÓN DE LA RUTA NACIONAL N° 616 SEGÚN SU GRIPNUMBER. SENTIDO: LA MANAGUA – CRUCE A VILLANUEVA. FECHAS DE ENSAYO: 06/06/2018 Y 07/09/2018..	37
MAPA 3. MAPA COMPARATIVO DE LA CONDICIÓN DE LA RUTA NACIONAL N° 616 SEGÚN SU GRIPNUMBER. SENTIDO: CRUCE A VILLANUEVA - LA MANAGUA. FECHAS DE ENSAYO: 06/06/2018 Y 07/09/2018...	37



INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA EN VERSIÓN PRELIMINAR.

EVALUACIÓN DE LAS PRÁCTICAS Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE LA VÍA DEL PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA RUTA NACIONAL No. 616, SECCIÓN: LA MANAGUA-CRUCES A VILLANUEVA

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

Analizar la calidad de los procesos constructivos de las diferentes etapas del proyecto, los materiales utilizados para construir la estructura de pavimento y su desempeño, para velar por el uso eficiente de los recursos invertidos, minimizar la posibilidad de atrasos en los plazos de ejecución y gastos adicionales que puedan presentarse por aspectos previsibles

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Informar oportunamente a la Administración sobre los resultados de ensayo que se realicen a los materiales del proyecto y aspectos constructivos que se consideren importantes, mediante el envío de notas-informe.
- Evaluar el cumplimiento de las especificaciones de los materiales a partir de muestreos puntuales realizados de conformidad a la normativa vigente en el Cartel de Licitación del proyecto.
- Evaluar las prácticas constructivas a partir de evaluaciones puntuales realizadas a lo largo de las visitas periódicas al proyecto de conformidad a la normativa vigente en el Cartel de Licitación del proyecto y las buenas prácticas de la Ingeniería.
- Analizar y comparar los datos de los laboratorios de Control y Verificación de Calidad del proyecto.
- Evaluar la capacidad funcional y estructural del pavimento mediante ensayos de regularidad superficial, deflexiones y resistencia al deslizamiento.

4. ALCANCE DEL INFORME

El alcance del estudio que desarrolla esta auditoría consiste en una evaluación de la calidad de los materiales que componen la estructura del pavimento y otros materiales utilizados en el proyecto. El periodo de ejecución de esta auditoría es el comprendido entre enero 2015 y julio de 2018, durante la etapa de construcción del proyecto.

La conformidad de las prácticas, procedimientos constructivos y calidad de materiales se evaluó con la normativa especificada en el Cartel de Licitación del proyecto y sus Enmiendas, el Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos Carreteras y Puentes (CR-2010), los planos del proyecto y otros documentos del proyecto, así como las buenas prácticas de la ingeniería.

Informe LM-PI-AT-119-18	Fecha de emisión: Diciembre 2018	Página 9 de 115
-------------------------	----------------------------------	-----------------



Con respecto a la evaluación de los materiales y la construcción de la estructura del pavimento, se realizaron visitas periódicas al proyecto entre los meses de enero 2015 a junio de 2018. Durante este mismo periodo se observaron los procedimientos y prácticas constructivas.

Finalmente, el estudio también comprendió una evaluación del desempeño de la estructura de pavimento colocada en términos de la regularidad superficial, deflexiones y resistencia al deslizamiento.

5. METODOLOGÍA

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 proyecto. La auditoría técnica que realiza el LanammeUCR no puede compararse, ni considerarse como una actividad de control de calidad o supervisión, 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.

Este informe se efectuó siguiendo los procedimientos de Auditoría Técnica, mediante la solicitud y revisión de la documentación del proyecto, así como la verificación en sitio de las condiciones indicadas anteriormente durante el proceso constructivo mediante visitas y ensayos de laboratorio.

Las actividades que fueron desarrolladas por el equipo de Auditoría Técnica consistieron en visitar los diversos frentes de trabajo y hacer una revisión de los documentos contractuales relacionados con el proyecto, así como programar muestreos a los materiales.

6. DOCUMENTOS DE PREVALENCIA

Los trabajos del proyecto deberán ser ejecutados de conformidad con los términos del pliego de condiciones y acordes con la última versión descrita en el Sección VI Requisitos de las Obras:

- Las especificaciones técnicas contenidas en el cartel 2014LN-000005-ODI000.
- Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes (CR-2010).
- Manual de materiales, normas, diseño y especificaciones, Disposición MN-02-2001. Renglones de pago, Conservación Vial.
- Manual de construcción de carreteras, caminos y puentes de Costa Rica (MC-2002).

Informe LM-PI-AT-119-18	Fecha de emisión: Diciembre 2018	Página 10 de 115
-------------------------	----------------------------------	------------------



- Tomo de disposiciones para la construcción y conservación vial.
- Código de cimentaciones de Costa Rica (CCCR).
- Código sísmico de Costa Rica 2010 (CSCR).
- Ley No. 7600. Ley de igualdad de oportunidades para las personas con discapacidad.
- Las normas para la colocación de dispositivos de seguridad para protección de obras.
- Decreto Ejecutivo No. 31363-Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) del 02 de junio de 2003 (Reglamento de circulación de por carreteras con base en el peso y las dimensiones de los vehículos de carga).
- Manual centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito (SIECA).
- Especificaciones de la Secretaria de Integración Económica Centroamericana (SIECA).
- Planos o esquemas -en caso de existir- y demás disposiciones contractuales.
- Reglamento de Reajustes en Contratos de Obra Vial, Decreto Ejecutivo No. 33114-MEIC y sus reformas, publicadas en el Diario Oficial La Gaceta Nos. 139 y 20 de fechas 19 de julio de 2006 y 27 de enero de 2012 (Decretos Nos. 33218-MEIC y 36943-MEIC).
- Decreto Ejecutivo No. 26041-MOPT.
- “Código de Buenas Prácticas Ambientales”, según lo señalado en el Decreto Ejecutivo No. 32079.
- Reglamento a la Ley de Contratación Administrativa.
- Ley del Sistema Nacional de Calidad,
- Ley No. 8279

7. ANTECEDENTES

Como parte de los antecedentes de este informe de auditoría resulta relevante mencionar el contenido de una serie de hechos y oficios relacionados con la ejecución de este informe. Así las cosas, es relevante apuntar que este proyecto ha tenido un total de cinco ingenieros de proyecto a cargo desde la fecha de orden de inicio (02 de febrero de 2015) a la fecha de finalización de este informe. Otro aspecto importante a destacar es la duración en días naturales (de febrero 2015 a la fecha equivalente a más de 3 años) que ha tenido la ejecución del proyecto en contraste con el plazo original (180 días naturales).

En el oficio LM-AT-152-15 del 15 de diciembre de 2015 (recibido el 18-12-15) se le consulta a la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes una serie de aspectos relevantes sobre el avance del proyecto y la calidad de las obras. Específicamente, se consultó sobre el avance del proyecto y la disminución paulatina de la actividad observada por el equipo auditor, por ejemplo, el 8 de diciembre de 2015, no se pudo ubicar personal ni maquinaria

Informe LM-PI-AT-119-18	Fecha de emisión: Diciembre 2018	Página 11 de 115
-------------------------	----------------------------------	------------------



en la obra. Como consecuencia de la situación observada, se envió el oficio LM-AT-145-15 (fecha de recibido el 26 de noviembre de 2015) solicitando al ingeniero de proyecto una actualización sobre los hechos que han provocado el atraso o modificación de las fechas de entrega del proyecto.

Por medio del oficio GCTI-29-15-1309-590 (recibido 11 de diciembre 2015), se adjuntan copias de las Órdenes de Servicio No. 3 y 4 y de la Estimación No. 5 (junio 2015). La revisión de los documentos enviados permitió evidenciar que se habían justificado, entre febrero y agosto de 2015, un total de 146 días calendario compensables por diversas razones, como levantamientos topográficos, trabajos a costo más porcentaje y días de lluvia, lo que da como resultado solo 34 días de ejecución de los 180 días calendario del plazo original de este contrato.

Por otro lado, en ese mismo oficio (LM-AT-145-15) se evidenciaron que algunos sistemas de drenaje colocados en el proyecto se encontraban inconclusos y en algunos casos muestran deterioros prematuros que ponen en riesgo la inversión realizada. Los deterioros encontrados se ubicaron en la alcantarilla con dissipador de energía construida en la estación 5+760 y las alcantarillas de tubo de la estación 3+825, donde según los planos referenciales del proyecto debería existir una alcantarilla de cuadro doble, tampoco cuentan con estructuras de toma y salida de aguas, muros ni aletones.

En el oficio DVCR-08-150045 (0590) del 27 de noviembre del 2015 se adjunta el Informe No. 1 sobre la visita realizada al proyecto por parte del Departamento de Calidad del CONAVI. En este oficio se enumeran una serie de conclusiones sobre las observaciones realizadas con respecto al avance del proyecto y la calidad de las obras de drenaje, ausencia de laboratorio de verificación de calidad, plan de control de calidad y ausencia de respaldo técnico de las obras en construcción, entre otras observaciones y recomendaciones emitidas por dicho Departamento.

El oficio DE-1205-17-08 de fecha 30 de agosto de 2017 remitido por el Director Ejecutivo del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica, se recibió como respuesta a la solicitud planteada en el oficio LM-AT-79-17, del 15 de junio de 2017, donde se anota la ausencia de la bitácora del proyecto durante las vistas realizadas por el equipo auditor al sitio de obras. El oficio remitido adjunta el documento identificado como INF: I-296-2017-DGP del 17 de agosto de 2017, donde se concluye entre otros aspectos que el proyecto utiliza el cuaderno de bitácora número EG0002905 que aparece ligado con código APC 202554 "Mejoramiento de la estructura de pavimento camino 6-01-270 de (Ent. N.163) San Blas a (ENT. C 05) Cruce San Rafael en el Distrito de Lepanto, Cantón de Puntarenas" el cual no tiene relación alguna con el contrato en cuestión. De igual forma evidenciaron que no se contaba con planos "*as built*" donde se indiquen las modificaciones del proyecto.



Como parte de la auditoría técnica que el LanammeUCR realiza al proyecto y en aras de contribuir al mejoramiento continuo de la gestión de la Administración, se emitieron varios oficios, comunicaciones y notas informe, los cuales se citan a continuación en la Tabla 1:

Tabla 1. Comunicaciones emitidas durante el proceso de auditoría.

Oficio	Elaborado	Institución	Asunto	Observaciones
LM-AT-55-2015	07/04/2015	Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, CONAVI	Inicio Auditoría Técnica Solicitud de información	Con referencia: GCTI-29-15-0572-0590
LM-AT-124-2015	22/09/2015	Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, CONAVI	Actualización de la información remitida en el oficio GCTI-29-15-0441-0590	Con referencia: GCTI-29-15-1097-0590 No se remitió el cartel y otros datos disponibles a la fecha
LM-AT-133-2015	15/10/2015	Interno LanammeUCR	Revisión de plan de manejo del tránsito	No hay
LM-AT-134-2015	20/10/2015	Gerencia de Contratación de Vías y Puentes, CONAVI	Solicitud de estudios básicos geotécnicos, geológicos, pavimentos, hidráulicos, etc.	Con referencia: DVP-38-15-0628
LM-AT-145-2015	23/11/2015	Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, CONAVI	Actualización de estado de avance del proyecto al observarse poco avance en las visitas de campo.	Con referencia: GCTI-29-15-1309-0590
LM-AT-146-2015	24/11/2015	Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, CONAVI	Solicitud de información en Ruta No. 606. Inversión realizada en la Ruta 606 por medio de fondos de conservación vial.	Con referencia: DRPC74-2015-292
LM-AT-152-2015	10/12/2015	Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, CONAVI	Deterioros en la Ruta Nacional No. 616	Con referencia: GCTI-29-16-0274-0590(.Aclaración sobre cobro de mezcla asfáltica
LM-AT-15-2016	01/02/2016	Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, CONAVI	Recordatorio de solicitudes planteadas en oficio LM-AT-152-15	Con referencia: GCTR-14-16-0119(0152) El plazo de respuesta del oficio LM-AT-152-15 esta vencido y no se ha recibido respuesta.
LM-AT-42-2016	23/02/2016	Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, CONAVI	Convocatoria de reunión	Información pendiente del oficio LM-AT-152-15
LM-AT-45-2016	02/03/2016	Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, CONAVI	Recordatorio de anexos faltantes en oficio GCTR-14-16-0119 (0152)	No hay
LM-AT-53-2016	18/03/2016	Interno LanammeUCR	Consulta legal	Consulta sobre pagos parciales de obra
LM-AT-55-2016	30/03/2016	Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, CONAVI	Diseños pavimento y base estabilizada	Con referencia: GCTI-29-16-0343(0590). Información pendiente
LM-AT-71-2016	20/04/2016	Auditoría Interna, CONAVI	Remisión de copia de oficios GCTI-29-16-0013-0590 y GCTI-29-160274-0590	No hay
Informe LM-PI-AT-119-18		Fecha de emisión: Diciembre 2018		Página 13 de 115



Oficio	Elaborado	Institución	Asunto	Observaciones
LM-AT-115-2016	21/06/2016	Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, CONAVI	Actualización de estado de avance del proyecto	Convocatoria a reunión
LM-AT-166-2016	20/10/2016	Auditoría Interna, CONAVI	Resultados obtenidos con el equipo de medición de espesores	No hay
LM-AT-171-2016	24/10/2016	Auditoría Interna, CONAVI	Información de Managua-Villanueva	No hay
LM-AT-66-2017	16/05/2017	Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, CONAVI	Solicitud de información Actualización de estimaciones y diseños	Con referencia: GCTI-22-17-0483(LM-AT-66-2017).
LM-AT-79-2017	15/06/2017	Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, CONAVI	Observaciones realizadas por el equipo auditor durante la visita al proyecto del día 9 de junio de 2017.	Con referencia: DE-1205-17-08
LM-AT-84-2017	26/06/2017	Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, CONAVI	Remisión de informes de ensayo	
LM-AT-122-2017	26/09/2017	Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, CONAVI	Cuidado de muestras de concreto	Con referencia: GCTI-22-17-1062
LM-AT-35-2017	07/11/2017	Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, CONAVI	Solicitud de aprobación del "pañó de prueba" de mezcla asfáltica ensayos calidad, diseño mezcla y Ordenes de modificación de la No. 4 en adelante. Ordenes de servicio	Con referencia: GCTI-22-17-1245
LM-AT-157-2017	14/12/2017	Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, CONAVI	Observaciones obtenidas durante la visita del equipo auditor del día 6 de diciembre de 2017	Con referencia: GCTI-22-18-0262(0590)
LM-AT-13-2018	29/01/2018	Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, CONAVI	Observaciones a visitas realizadas el 25 de enero 2018.	Con referencia: GCTI-40-18-0160
LM-AT-55-2018	10/04/2018	Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, CONAVI	Informe IRI parcial	Con referencia: GCTI-22-18-0337

Fuente: LanammeUCR.

8. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El objeto de esta licitación es contratar una persona física y jurídica, con capacidad técnica, financiera y legal para ejecutar el "Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 616, sección: La Managua-Cruce a Villanueva" de conformidad con los términos del cartel.

El proyecto se encuentra en la Provincia: 06 Puntarenas; Cantón: Aguirre; Distritos: 01 Quepos y 03 Naranjito; Ruta Nacional No. 616, entre las comunidades de La Managua y Villanueva, el proyecto tiene una longitud de 6,314 km. Hoja Cartográfica "Quepos", escala 1:50000 IGN.

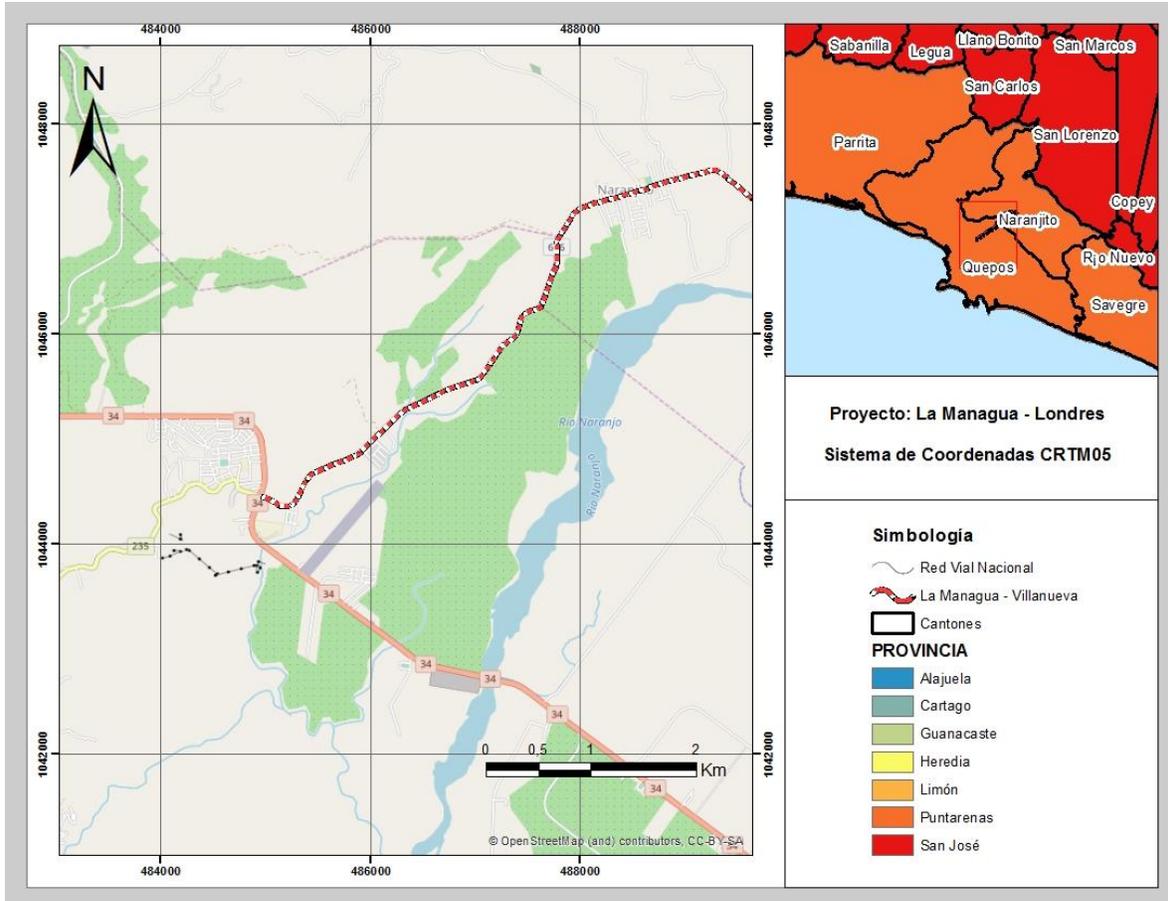
Informe LM-PI-AT-119-18	Fecha de emisión: Diciembre 2018	Página 14 de 115
-------------------------	----------------------------------	------------------



La carretera existente presentaba una superficie de ruedo expuesta en lastre, de espesor variable, con un ancho promedio de 10,00 (diez) metros; la topografía presente es ondulada, los radios de curvatura son aceptables en la mayoría de los sectores, además el sistema de evacuación pluvial no es el adecuado, provocando desbordamientos sobre la carretera, afectando las propiedades aledañas a la misma y la circulación vehicular y peatonal. El camino existente provee una comunicación por años entre los poblados de La Managua y Londres, en esta primera fase del proyecto, se hará el mejoramiento de la sección: La Managua-Cruce a Villanueva, el cual tiene una longitud de 6,314 km (seis kilómetros y trescientos catorce metros).

Los trabajos que se debían ejecutar bajo dicha Licitación fueron los siguientes:

- Limpieza, sustitución y construcción de obras de drenaje menor, sustitución de tuberías de bajo diámetro, por diámetros superiores que permitan el desagüe adecuado de la escorrentía superficial y se les pueda brindar mantenimiento; además de sus respectivos cabezales, aletones y/o cajas pluviales, los cuales permitirán que el agua desfogue sin causar erosión ni daños en las tuberías.
- Construcción de canales, cunetas, cordón y caño, tragantes, pozo tragantes y pozos.
- Construcción de aceras en un tramo del proyecto, específicamente en el pueblo de Naranjito, donde además se debe construir las entradas a casas y garajes y rampas para sillas de ruedas, según se indica en planos.
- Conformación de la superficie, compactada como mínimo al 95% (noventa y cinco por ciento) de la densidad del proctor estándar. También debe verificarse que el CBR en toda la sección corresponda al valor utilizado para el diseño, el cual es 2%.
- Colocación de una subbase granular compactada, con un espesor final de 40 (cuarenta) centímetros; una base granular de un espesor de 25 (veinticinco) centímetros compactados y una carpeta asfáltica con un espesor compactado de 8 (ocho) centímetros, todas las anteriores deben cumplir con las especificaciones vigentes.
- Secciones típicas: Entre las estaciones 0+000 - 4+850 y 5+380 - 6+314 será 3,05m por carril, 2 carriles, 0,50m de espaldón a ambos lados y cuneta a ambos lados, existen 5 tipos diferentes de cunetas que van de acuerdo a los estacionamientos, se debe utilizar la tabla de cunetas presentada en planos; entre las estaciones 4+850-5+380 será 3,05m por carril, 2 carriles, cordón y caño y acera de 1,20m a ambos lados, en este tramo se incluirán rampas para silla de ruedas en todas las esquinas.
- Demarcación vial horizontal con pintura y captaluces en toda la longitud del proyecto.
- Colocación de barrera de seguridad en los tramos que se indican en la tabla presentada en planos.



Mapa 1. Localización del proyecto.

Fuente: LanammeUCR



9. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSION PRELIMINAR LM-PI-AT-119B-18

Como parte de los procedimientos de auditoría técnica, mediante oficio LM-AT-138-18 del 24 de octubre de 2018, se envió el presente informe en versión preliminar, identificado como LM-PI-AT-119B-18, a la parte auditada para su análisis y en caso de requerirse se procediera a esclarecer aspectos que no hayan sido considerados durante el proceso de ejecución de la auditoría, para tales efectos inicialmente se otorgó un plazo de 15 días hábiles, posteriores al recibo de dicho informe, para la remisión de comentarios al informe preliminar, dicho plazo se prorrogó hasta el 16 de noviembre de 2018.

El miércoles 7 de noviembre de 2018 se realizó con auditado la presentación oral de los resultados del informe preliminar con el fin de comentar aspectos relacionados con su contenido. A esta actividad asistieron los siguientes participantes:

Abraham Sánchez Castro	Ingeniero de Proyecto - CONAVI
Pablo Contreras Vásquez	Gerente de Construcción - CONAVI
Joshimar Tejada Valverde	Analista Técnico Auditoría - CONAVI
Manrique Aguilar Oreamuno	Auditoría - CONAVI
Wendy Sequeira Rojas	Coord. Unidad Auditoría Técnica – LanammeUCR
Mauricio Picado Muñoz	Auditor Técnico - LanammeUCR
Erick Acosta Hernández	Auditor Técnico - LanammeUCR

El viernes 16 de noviembre de 2018 se recibe en las instalaciones del LanammeUCR el oficio GCTI-22-18-1085 (CARP.0590) correspondiente a las observaciones realizadas por el auditado.

Por tanto, en cumplimiento de los procedimientos de auditoría técnica, una vez analizado el documento en mención y considerando la evidencia presentada, se procede a emitir el informe LM-PI-AT-119-18 en su versión final para ser enviado a las instituciones que indica la ley.



10. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

Todos los hallazgos y observaciones declarados por el equipo auditor en este informe de auditoría se fundamentan en evidencias representativas, veraces y objetivas, respaldadas en la experiencia técnica de los profesionales de auditoría, el propio testimonio del auditado, el estudio de los resultados de las muestras extraídas y la recolección y análisis de 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 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.

Las recomendaciones que se derivan del análisis de los hallazgos y observaciones deben ser atendidas planteando acciones correctivas y preventivas, que mitiguen el riesgo potencial de incumplimiento.



SOBRE EL DESEMPEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

Hallazgo No. 1. El valor de Regularidad Internacional (IRI) obtenido en el proyecto a nivel de la superficie de ruedo final se encuentra fuera de los límites de especificación indicado en el contrato.

Del análisis realizado se evidenció que los valores de regularidad superficial medidos en el Proyecto exceden los valores máximos especificados en el Cartel de Licitación No. 2014LN-000005-0DI00 "Mejoramiento de la Ruta Nacional No.616, Sección La Managua-Cruce a Villanueva". Esta situación ocurre para los valores de especificación de datos individuales y medias fijas.

El análisis de IRI realizado para ambos sentidos a lo largo de todo el proyecto se realizó con base en lo establecido en el Cartel de Licitación del Proyecto, en la sección EE007 Control de Rugosidad (IRI) en Carpeta Asfáltica. En donde se establece que:

*"El Control de IRI se realizará por sectores homogéneos, correspondientes a un mismo tipo de superficie de ruedo. No se considerarán puentes, vados u otras singularidades determinadas por la Ingeniería de Proyecto, que afecten la medición. **Se medirá en forma continua en tramos de 100 metros, o fracción en caso de que el último tramo de un sector homogéneo no alcance los 100 metros**".*

*"La evaluación del IRI se realizará por tramos de cinco tramos consecutivos. Se entenderá que la superficie del pavimento tiene **una rugosidad aceptable si todos los promedios consecutivos de cinco valores de IRI tienen un valor igual o inferior a 1,5 m/km; y ninguno de los valores individuales supera 2,0 m/km**". (Lo resaltado no es del texto original)*

Es importante indicar que la Administración, por medio del oficio LM-AT-55-18 (recibido el 12 de abril de 2018), fue alertada oportunamente sobre las condiciones de incumplimiento a la especificación de regularidad superficial en el proyecto entre las estaciones 4+135 y 6+210 en ambos carriles de circulación.

En la Tabla 2, se muestra un resumen de los resultados obtenidos para ambos carriles construidos en el proyecto, según los datos del Informe de Ensayo I-769-18 de fecha 6 de julio de 2018, realizado por el LanammeUCR con los datos de IRI y MRI medidos con una frecuencia de 10 m a lo largo de todo el tramo completo del proyecto entre los estacionamientos 0+000 m y 6+200 m. Cabe aclarar que a la fecha de realización de esta medición la capa de ruedo estaba totalmente colocada en ambos carriles de circulación. Se observa que para el sentido Managua-Villanueva solo un 7,1% de los valores individuales calculados se encuentra dentro del rango especificado (menor a 2,0 m/km) lo que equivale a que el 92,9% de los datos de IRI se encuentran fuera del valor especificado. En el carril

Informe LM-PI-AT-119-18	Fecha de emisión: Diciembre 2018	Página 19 de 115
-------------------------	----------------------------------	------------------



de sentido contrario, Villanueva-Naranjito, ocurre una situación similar, solo el 7,3% de los valores de IRI se encuentran por debajo del valor especificado, lo que implica que el restante 92,7% excede el valor especificado.

Con respecto a la especificación de regularidad para promedios consecutivos menores a 1,5 m/km se evidenció que el 100% de los valores calculados para ambos sentidos de circulación son mayores a la especificación indicada en el cartel.

Tabla 2. Resumen de resultados de Regularidad Superficial (IRI) en Julio 2018.

Sentido	Est. Inicial	Est. Final	Long. evaluada (m)	IRI Promedio @100m	Datos Individuales		Promedios consecutivos	
					Menor o igual a 2,0 m/km	Mayor a 2,0 m/km	Menor o igual a 1,5 m/km	Mayor a 1,5 m/km
Managua -Villanueva	0+000	6+200	5600	2,6	7,1%	92,9%	0,0%	100,0%
Villanueva -Managua	6+210	0+010	5500	2,7	7,3%	92,7%	0,0%	100,0%
Total			11100	2,6				

Fuente: LanammeUCR, Informe de ensayo I-769-18.

La presencia de singularidades se definió según lo establecido en el "Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes, CR-2010", eliminando los tramos completos de 100 m en los cuales se encontraba el área de influencia de cada una. En este caso, se consideraron las singularidades ubicadas en los estacionamientos que se muestran en el Tabla 3 donde el estacionamiento de cada carril está referido al carril de circulación.

Tabla 3. Singularidades definidas al analizar el Proyecto: La Managua-Naranjito de la Ruta No. 616.

No.	Est. Inicial	Est. Final	Longitud* (m)	Sentido	Descripción de la singularidad
1	4+150	4+240	90	La Managua-Naranjito	Baja velocidad <30 km/h
2	4+960	5+050	90	La Managua-Naranjito	Reductor de velocidad
3	5+150	5+240	90	La Managua-Naranjito	Reductor de velocidad
1	0+000	0+010	10	Naranjito-La Managua	Valor muy alto fuera de lo usual (34,9 m/km)
2	1+000	1+170	170	Naranjito-La Managua	Reductor de velocidad
3	1+230	1+320	90	Naranjito-La Managua	Reductor de velocidad
4	1+850	1+900	50	Naranjito-La Managua	Alcantarilla
5	5+320	5+490	170	Naranjito-La Managua	Cambio de carril

*Nota: *La longitud de las singularidades considera la influencia en los 40 m posteriores a la singularidad.*



En la Tabla 4 y las Figuras 1 y 2 se muestran gráficamente los resultados de la medición de IRI para cada estacionamiento del proyecto en el sentido Managua-Villanueva (origen en la intersección de la Ruta No. 616 y la Ruta No. 34), tanto para valores individuales como para promedios fijos. Se evidencia que para ambos parámetros de especificación la regularidad se encuentra por encima del máximo permitido.

Tabla 4. Resultados de Regularidad Superficial (IRI), sentido Managua-Villanueva.

Inicio	Final	Longitud (m)	MRI	Media fija 5 tramos consecutivos	Inicio	Final	Longitud (m)	MRI	Media fija 5 tramos consecutivos
0+000	0+100	100	2,3	2,3	3+000	3+100	100	2,5	2,4
0+100	0+200	100	1,8		3+100	3+200	100	2,4	
0+200	0+300	100	2,1		3+200	3+300	100	2,6	
0+300	0+400	100	2,8		3+300	3+400	100	2,0	
0+400	0+500	100	2,4		3+400	3+500	100	2,5	
0+500	0+600	100	2,0	2,2	3+500	3+600	100	2,5	2,6
0+600	0+700	100	2,2		3+600	3+700	100	2,7	
0+700	0+800	100	2,4		3+700	3+800	100	2,2	
0+800	0+900	100	2,0		3+800	3+900	100	2,8	
0+900	1+000	100	2,2		3+900	4+000	100	3,0	
1+000	1+100	100	2,7	2,6	4+000	4+100	100	2,3	2,7
1+100	1+200	100	2,9		4+300	4+400	100	2,5	
1+200	1+300	100	2,9		4+400	4+500	100	2,8	
1+300	1+400	100	2,3		4+500	4+600	100	2,6	
1+400	1+500	100	2,1		4+600	4+700	100	3,6	
1+500	1+600	100	2,6	2,4	4+700	4+800	100	3,7	3,1
1+600	1+700	100	2,5		4+800	4+900	100	2,2	
1+700	1+800	100	2,2		5+300	5+400	100	3,1	
1+800	1+900	100	2,2		5+400	5+500	100	3,2	
1+900	2+000	100	2,5		5+500	5+600	100	3,4	
2+000	2+100	100	2,6	2,7	5+600	5+700	100	2,9	2,7
2+100	2+200	100	3,0		5+700	5+800	100	2,6	
2+200	2+300	100	2,7		5+800	5+900	100	2,7	
2+300	2+400	100	2,8		5+900	6+000	100	2,7	
2+400	2+500	100	2,4		6+000	6+100	100	2,5	
2+500	2+600	100	2,1	2,6	6+100	6+200	100	2,6	
2+600	2+700	100	2,6						
2+700	2+800	100	2,5						
2+800	2+900	100	3,2						
2+900	3+000	100	2,3						

Fuente: LanammeUCR, Informe de ensayo I-769-18

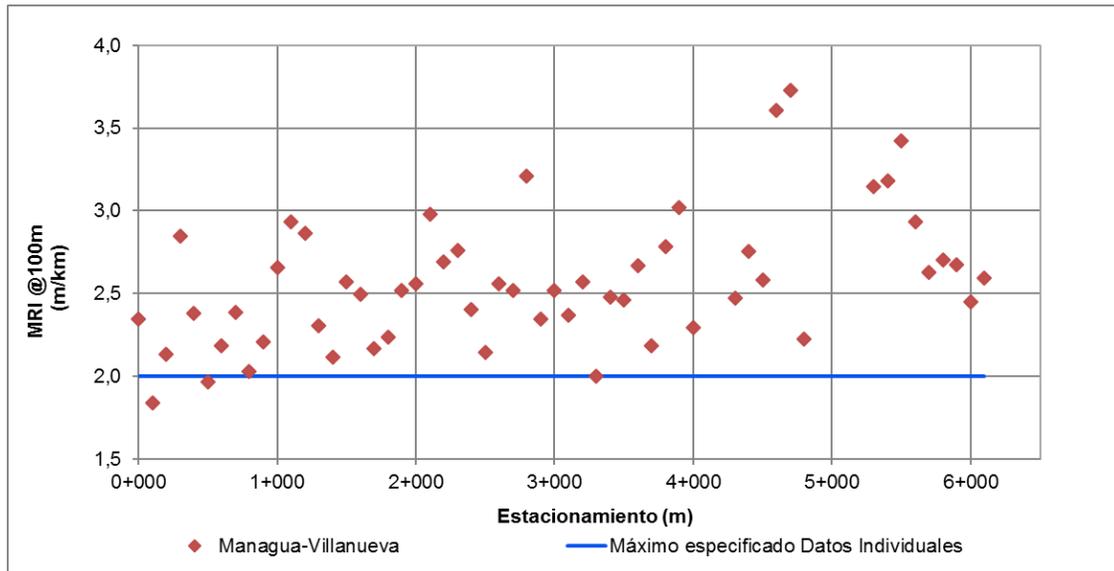


Figura 1. Datos individuales de IRI, sentido Managua-Villanueva.

Fuente: LanammeUCR, Informe de ensayo I-769-18

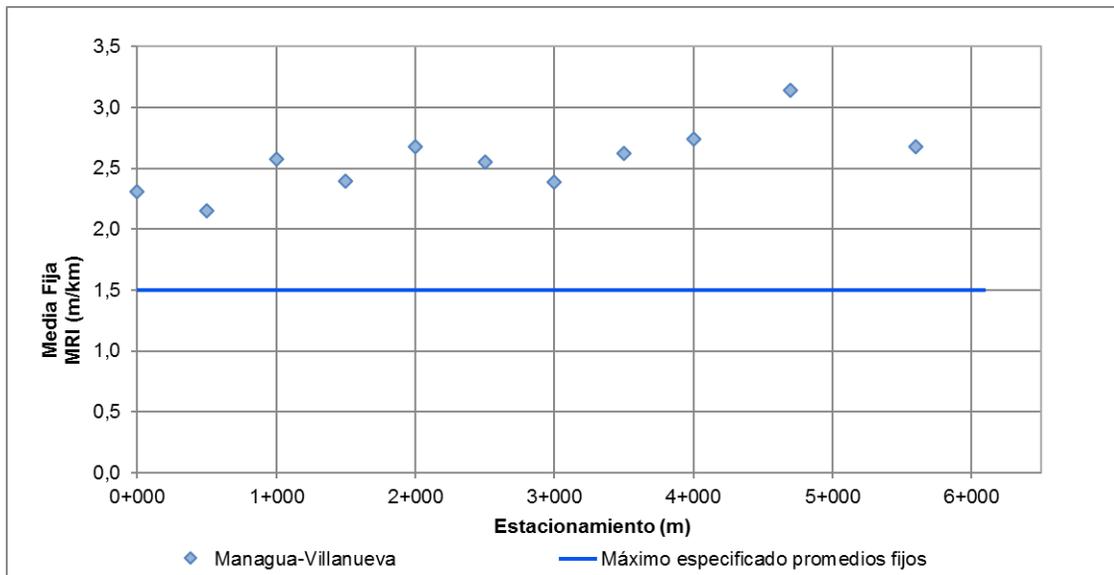


Figura 2. Promedios fijos de IRI cada 5 tramos de 100 m, sentido Managua-Villanueva.

Fuente: LanammeUCR, Informe de ensayo I-769-18.



De igual forma, en la Tabla 5 y las Figuras 3 y 4 se muestran gráficamente los resultados de la medición de IRI para cada estacionamiento del proyecto en el sentido Villanueva-Managua (origen en el cruce a Villanueva), tanto para valores individuales como para promedios fijos, donde se evidencia que, para ambos parámetros de especificación, la regularidad se encuentra por encima del máximo permitido.

Tabla 5. Resultados de Regularidad Superficial (IRI), sentido Villanueva-Managua.

Inicio	Final	Longitud (m)	MRI	Media fija 5 tramos consecutivos	Inicio	Final	Longitud (m)	MRI	Media fija 5 tramos consecutivos
0+010	0+110	100	3,2	3,0	3+510	3+610	100	3,0	2,7
0+110	0+210	100	2,5		3+610	3+710	100	2,6	
0+210	0+310	100	2,9		3+710	3+810	100	2,8	
0+310	0+410	100	3,3		3+810	3+910	100	2,1	
0+410	0+510	100	2,9		3+910	4+010	100	2,9	
0+510	0+610	100	2,4	3,2	4+010	4+110	100	2,8	2,5
0+610	0+710	100	2,4		4+110	4+210	100	3,0	
0+710	0+810	100	3,7		4+210	4+310	100	2,1	
0+810	0+910	100	4,1		4+310	4+410	100	2,4	
0+910	1+400	100	3,5		4+410	4+510	100	2,2	
1+410	1+510	100	3,0	3,2	4+510	4+610	100	2,3	2,1
1+510	1+610	100	2,9		4+610	4+710	100	1,9	
1+610	1+710	100	3,8		4+710	4+810	100	1,9	
1+710	1+910	100	3,6		4+810	4+910	100	2,3	
1+910	2+010	100	2,9		4+910	5+010	100	2,0	
2+010	2+110	100	2,7	2,6	5+010	5+110	100	2,4	2,4
2+110	2+210	100	2,6		5+110	5+210	100	2,3	
2+210	2+310	100	3,0		5+210	5+510	100	2,0	
2+310	2+410	100	2,6		5+510	5+610	100	2,6	
2+410	2+510	100	2,2		5+610	5+710	100	2,8	
2+510	2+610	100	2,5	2,7	5+710	5+810	100	2,6	2,5
2+610	2+710	100	2,3		5+810	5+910	100	2,9	
2+710	2+810	100	3,0		5+910	6+010	100	2,5	
2+810	2+910	100	3,0		6+010	6+110	100	2,2	
2+910	3+010	100	2,6		6+110	6+210	100	2,4	
3+010	3+110	100	3,4	2,7					
3+110	3+210	100	2,8						
3+210	3+310	100	2,3						
3+310	3+410	100	2,5						
3+410	3+510	100	2,6						

Fuente: LanammeUCR, Informe de ensayo I-769-18.

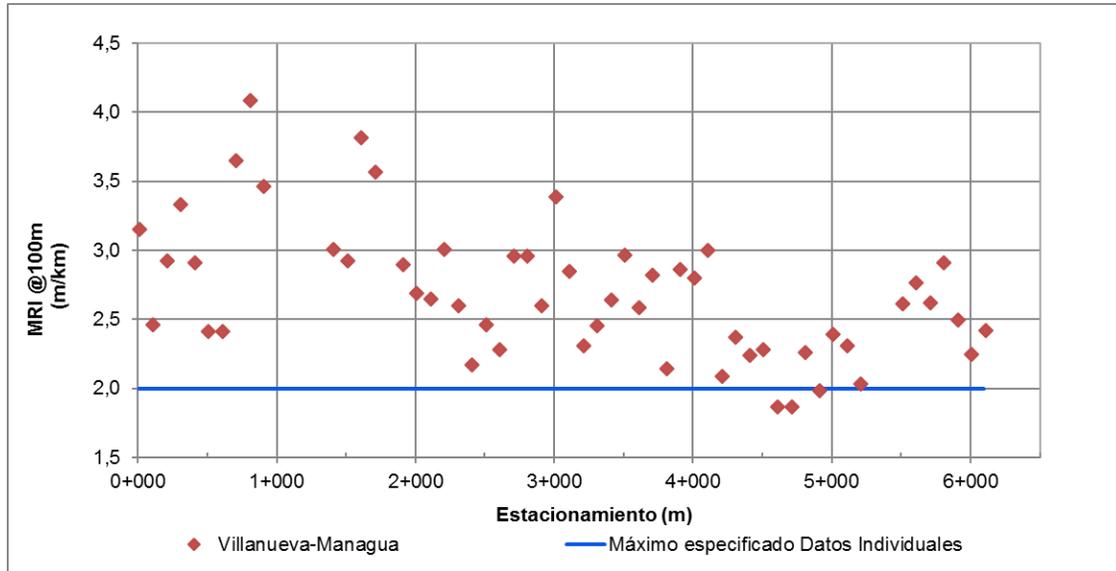


Figura 3. Datos individuales de IRI, sentido Villanueva-Managua.

Fuente: LanammeUCR, Informe de ensayo I-769-18

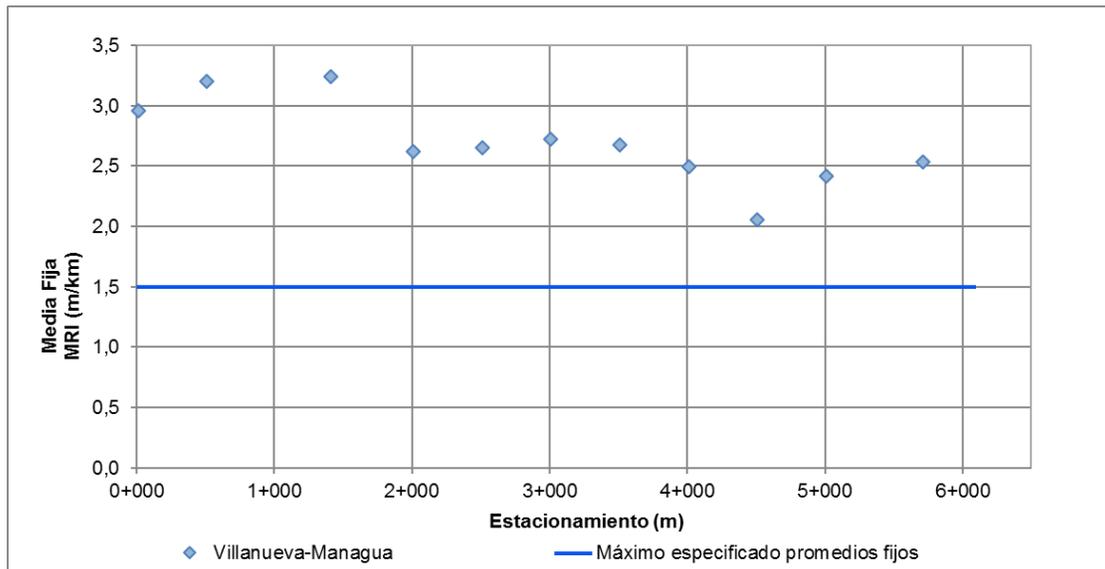


Figura 4. Promedios fijos de IRI cada 5 tramos de 100 m, sentido Villanueva-Managua.

Fuente: LanammeUCR, Informe de ensayo I-769-18.



Debido a los resultados observados en el valor de IRI, y las intervenciones evidenciadas en la vía, se realizó una segunda medición de la regularidad del proyecto. Esta medición se realizó el 27 de agosto de 2018 y sus resultados se muestran en el informe I-1295-18 del LanammeUCR.

En la Tabla 6, se evidencia, que la regularidad superficial no presenta una mejora significativa con respecto a la primera medición realizada por el equipo auditor, pues en ambos sentidos de circulación el porcentaje de incumplimiento de la especificación para datos individuales de IRI más bien aumentó, mientras que el porcentaje de incumplimiento del requisito de media fija se mantuvo en 100%.

Tabla 6. Resultados del análisis de IRI. Fecha de ensayo: 27 de agosto de 2018.

Sentido	Est. Inicial	Est. Final	Longitud evaluada (m)	IRI Promedio @100m	Datos Individuales		Promedios consecutivos	
					Menor o igual a 2,0 m/km	Mayor a 2,0 m/km	Menor o igual a 1,5 m/km	Mayor a 1,5 m/km
Managua - Naranjito	0+020	6+210	5690	2,6	7,0%	93,0%	0,0%	100,0%
Naranjito - Managua	0+000	6+160	5960	2,7	5,0%	95,0%	0,0%	100,0%
Total			11650	2,7				

Fuente: LanammeUCR, Informe de ensayo I-1295-18.

Se concluye, según las especificaciones del contrato, que el proyecto incumple, en su mayoría, lo estipulado en la sección EE007 Control de Rugosidad (IRI) en Carpeta Asfáltica, donde se establece: "(...) Cualquier incumplimiento individual en tramos de 100 metros será sujeto de reparación o sustitución de las capas que amerite, a cuenta del Contratista."

En el descargo presentado por el auditado, la Administración no brindó un listado oficial de las singularidades aprobadas, por lo que, durante el análisis realizado por esta auditoría al emitir este informe, no se consideraron singularidades adicionales a las que esta auditoría definió a partir del informe de ensayo I-769-18. De igual forma, la Gerencia de Construcción de Carreteras y Puentes no adjunto las longitudes de la carretera aceptadas y rechazadas en términos de su regularidad superficial ni los montos por concepto de multas. Sin embargo, durante la presentación de este informe la ingeniería de proyecto indicó verbalmente que a sumo un kilómetro de los seis y fracción que comprende el proyecto iban a ser sujeto de evaluación por concepto de IRI, los restantes serían descartados por efecto de las singularidades aprobadas por la Administración.

Es criterio de esta Auditoría que la extrapolación de posibles singularidades en el proyecto no es una práctica adecuada, las singularidades deben tener sustento técnico y un análisis para cada caso en particular, que debe iniciar desde la planificación de la construcción de la vía hasta la ejecución y luego de agotar las herramientas disponibles para mitigar su efecto en la calidad de superficie de ruedo.



Observación No. 1.: El análisis del cuenco de deflexiones verticales realizado, evidencia que la durabilidad de estructura construida será menor que la vida útil esperada debido a la capacidad estructural de capa de base granular.

Con el fin de evaluar el estado de las capas del pavimento se realizó un análisis del cuenco de deflexiones por medio de los indicadores SCI (BLI), BDI (MLI) y BCI (LLI) según se definen a continuación:

- **Deflexión máxima (D0):** este parámetro refleja el aporte a nivel de deflexiones de todas las capas del pavimento (Saleh F., 2016b) y la condición de la subrasante; Ullidtz (1987) estipula que entre el 60% y el 80% de la deflexión máxima medida es producto de la deflexión de la subrasante; una deflexión máxima alta suele estar asociada con una subrasante débil o una mala condición de drenaje (Saleh F., 2015).
- **Radio de curvatura (RoC):** el radio de curvatura depende del aporte estructural de las capas superiores y medias del pavimento (capa asfáltica, base y subbase), y es poco dependiente de la subrasante. En la ecuación 1 se presenta la expresión para el cálculo de dicho parámetro:

$$R_0C = \frac{(L)^2}{2d_0 \left(1 - \frac{d_L}{d_0}\right)} \quad 1$$

Donde:

R_0C = Radio de curvatura en metros.

L = Distancia medida desde el centro de aplicación de la carga, 200 mm para FWD.

d_0 = Deflexión en mm a la distancia 0 desde el centro de aplicación de la carga.

d_L = Deflexión en mm a la distancia L desde el centro de aplicación de la carga.

- **BLI (SCI): indicador de curvatura superficial (SCI, por sus siglas en inglés):** este indicador específicamente caracteriza capacidad estructural tanto de la capa ligada como de la capa de base de la estructura de pavimento entre los 0 mm y 300 mm (Horak, 1987).

$$BLI = d_0 - d_1 \quad 2$$

Donde:

SCI = Indicador de curvatura superficial.

Informe LM-PI-AT-119-18	Fecha de emisión: Diciembre 2018	Página 26 de 115
-------------------------	----------------------------------	------------------



d_0, d_1 = deflexiones en mm medidas a la distancia 0 y 300 mm respectivamente, desde el centro de aplicación de la carga.

- **MLI (BDI) indicador de daño base (BDI, por sus siglas en inglés):** este indicador caracteriza la rigidez de la parte intermedia o de inflexión de la estructura de pavimento, contenida entre los 300 mm y 600 mm medidos desde el punto de aplicación de la carga, que generalmente puede corresponder a la **capa de base y subbase** (Horak, 2008; Talvik & Aavik, 2009). Los valores del BDI cambian con el incremento de las repeticiones de ejes equivalentes que pasan sobre la estructura (Horak, 1987). En la ecuación 3 se presenta la expresión para el cálculo de dicho indicador.

$$MLI = d_1 - d_2 \quad 3$$

Donde:

BDI = Indicador de daño base.

d_1, d_2 = deflexiones en mm medidas a la distancia 300, 600, mm respectivamente, desde el centro de aplicación de la carga.

- **LLI (BCI) indicador de curvatura base (BCI, por sus siglas en inglés):** encargado de presentar la rigidez de la parte inferior del pavimento, específicamente en la subrasante considerando la diferencia de deflexión entre la distancia de 600 mm y 900mm. Horak (2008), Talvik y Aavik (2009), Kilareski y Anani (1982). En la ecuación 4 se presenta la expresión para el cálculo de dicho indicador.

$$LLI = d_2 - d_3 \quad 4$$

Donde:

BCI = Indicador de curvatura base.

d_2, d_3 = deflexiones en mm medidas a la distancia 600 y 900 mm respectivamente, desde el centro de aplicación de la carga.

Horak (2008) propuso una metodología para la evaluación de pavimentos utilizando los parámetros SCI, BDI y BCI, los cuales fueron renombrados como los indicadores de capas base, media e inferior respectivamente (BLI, MLI, LLI). La metodología de análisis de la condición estructural considerando parámetros de deflexión propuesta por Horak (2008), Camacho-Garita, et al (2018) validaron, por medio de ensayos acelerados de pavimentos, el comportamiento de cada uno de los indicadores anteriores, donde fue posible apreciar la evolución de la condición de las estructuras con base granular, entre otras, a lo largo de toda la vida útil, en el tramo experimental del PaveLab (Laboratorio de Pavimentos) del LanammeUCR, utilizando la fosa de ensayos con humedad incluida. Las zonas mencionadas se muestran en la Figura 5.

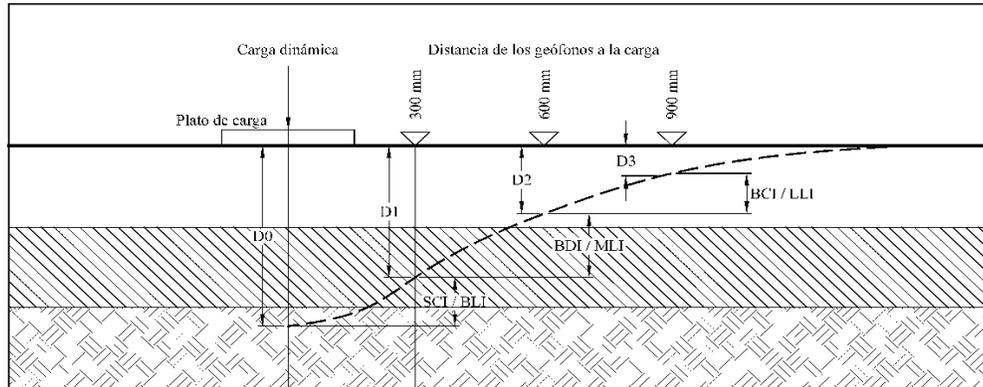


Figura 5. Indicadores y zonas del cuenco de deflexión.
(Horak & Emery, 2006; Horak E., 2008; Camacho-Garita, et al, 2018)

La Tabla 7 presenta la clasificación de la condición estructural para pavimentos con base granular en función de los indicadores descritos anteriormente, la cual fue presentada por Horak (2008) junto con otras clasificaciones para otros dos tipos de capa de base. Las deflexiones máximas fueron corregidas a una temperatura promedio característica del proyecto de 26 °C, según la propuesta de zonificación climática de (Orozco, 2007) convertida a temperatura promedio del pavimento de 32 °C, con el fin de evaluar el comportamiento del pavimento bajo las condiciones promedio de operación del proyecto y normalizadas a un esfuerzo de 566 MPa.

Tabla 7. Clasificación de la condición estructural considerando los parámetros de cuencos de deflexión para varios tipos de pavimentos

	Clasificación de condición estructural	Parámetros del cuenco de deflexión				
		D ₀ (μm)	R ₀ C (m)	BLI (μm)	MLI (μm)	LLI (μm)
Base granular	Buena	<500	>100	<200	<100	<50
	Regular	500-750	50-100	200-400	100-200	50-100
	Severa	>750	<50	>400	>200	>100

Fuente: Horak, 2008

En la Tabla 8, se muestra el resumen de resultados del análisis de los parámetros del cuenco de deflexión medidos en ambos carriles del proyecto. Se evidencia de los parámetros BLI y MLI que la base granular presenta valores no conformes con una capa recién colocada en un proyecto nuevo. Con respecto al indicador MLI, en el sentido Managua-Villanueva se obtuvo que el 63% de los valores se encuentran en condición “Regular” y solo el 37% en condición “Buena”. En el carril contrario, sentido Cruce Villanueva-La Managua, se obtuvo un comportamiento muy similar dado que el 77% de las



deflexiones medidas en las capas de material granular se encuentran en la categoría “Regular” y solo el 23% en categoría “Buena”.

La condición de rigidez estructural del material granular de la estructura de pavimento, también se ve reflejada en el indicador BLI, que refleja la condición combinada de la capa de mezcla asfáltica y la base granular, en este caso se evidencia que el 26% de los valores se encuentra bajo la categoría “Regular” y el 74% en la condición “Buena” para el sentido Managua-Villanueva, y para el sentido contrario el 98% de los valores se encuentra dentro de la categoría “Regular” y el 2% dentro de la categoría “Buena”.

Al comparar los resultados de los restantes parámetros del cuenco de deflexiones, D₀, Radio de curvatura y LLI, se evidencia que las capas de mezcla asfáltica y subrasante presentan condiciones predominantemente “Buena”. Sin embargo, a pesar que los valores de Radio de Curvatura (RoC) calculados están totalmente concentrados en la categoría “Buena”, los gráficos de RoC de las Figuras 6 y 7 muestran que existen valores cercanos al límite inferior de la categoría por lo que existe un riesgo de que se presenten agrietamientos prematuros en dichos tramos de la capa asfáltica como consecuencia de su rigidez estructural y la de las capas granulares.

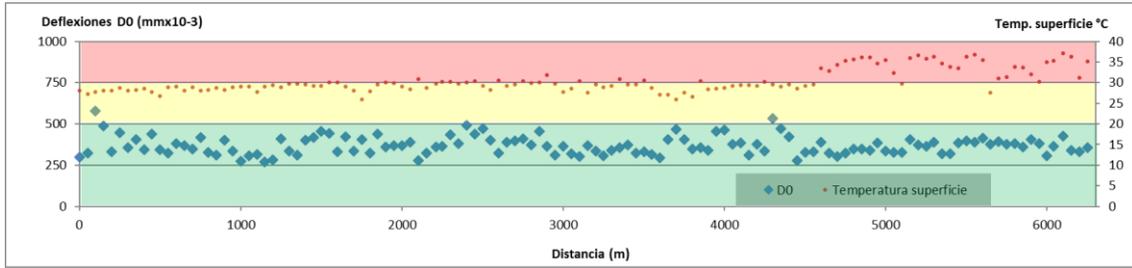
Tabla 8. Resumen de resultados de indicadores del cuenco de deflexiones.

Condición estructural		Parámetros del cuenco de deflexión									
		D ₀ (mm*10-3)		R ₀ C (m)		BLI (mm*10-3)		MLI (mm*10-3)		LLI (mm*10-3)	
		Capa asfáltica, base, subbase y subrasante		Capa asfáltica, base y subbase		Capa asfáltica y base granular		Capa base y subbase granular		Subrasante	
Managua - Villanueva	Buena	<500	98%	>100	100%	<200	74%	<100	37%	<50	98%
	Regular	500-750	2%	50-100	0	200-400	26%	100-200	63%	50-100	2%
	Severa	>750	0%	<50	0	>400	0%	>200	0%	>100	0%
Villanueva-Managua	Buena	<500	99%	>100	100%	<200	98%	<100	23%	<50	99%
	Regular	500-750	1%	50-100	0	200-400	2%	100-200	77%	50-100	1%
	Severa	>750	0%	<50	0	>400	0%	>200	0%	>100	0%

En conclusión, en el análisis de deflexiones del pavimento se evidencia que las capas de material granular se agrupan con mayor frecuencia en la condición “Regular”, según los criterios utilizados por esta auditoría técnica para evaluar un pavimento recién construido. Esta condición no es aceptable para un pavimento recién construido puesto que existe el riesgo potencial de que la durabilidad y el desempeño de la estructura recién colocada sea menor que la esperada en el diseño del pavimento, y sean necesarias actividades de mantenimiento prematuras.



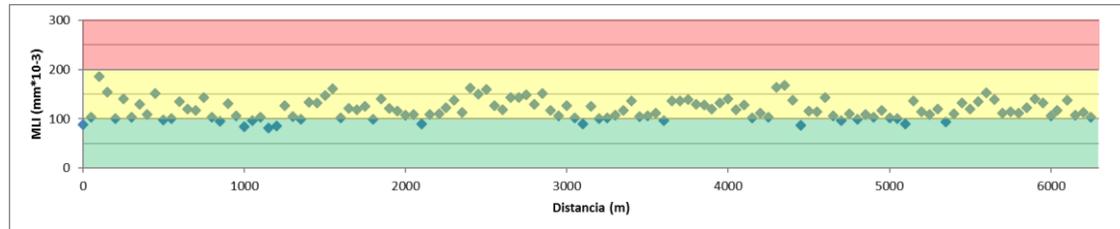
Deflexión máxima a 26°C de temperatura promedio de la zona



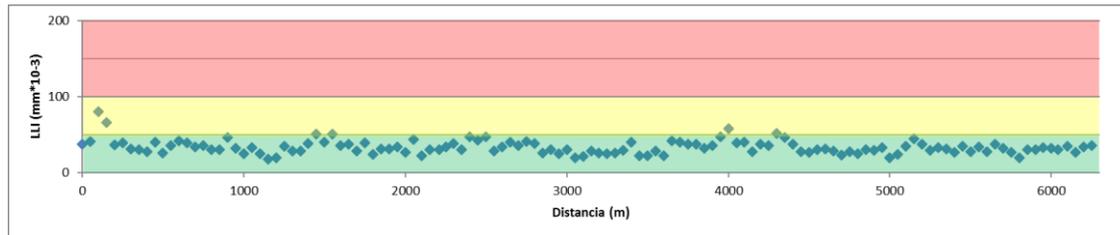
Indicador de capa asfáltica y base granular



Indicador de capa de base y sub-base granular



Indicador de Subrasante



Radio de curvatura

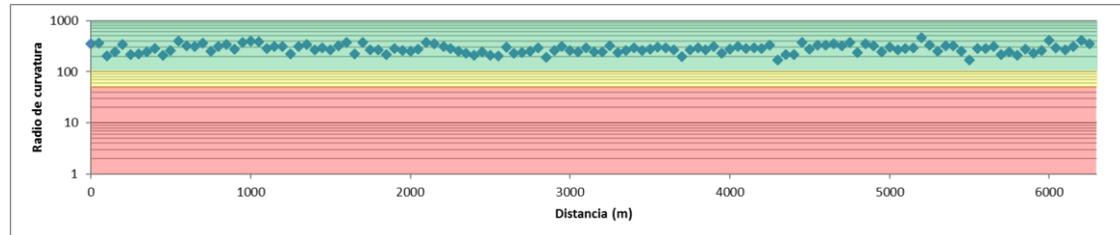
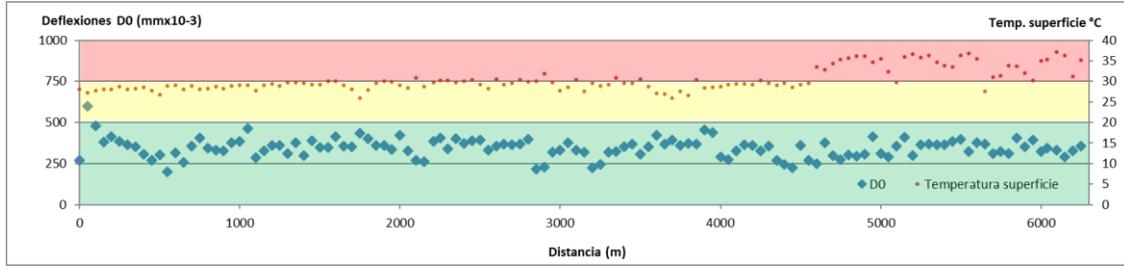


Figura 6. Análisis del cuenco de deflexiones sentido La Managua-Cruce Villanueva.

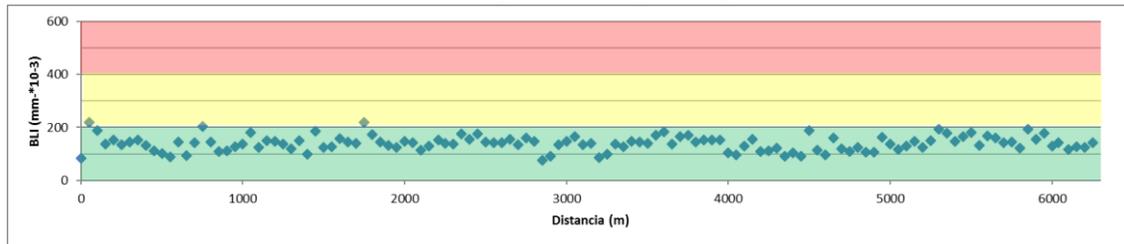
Fuente: LanammeUCR



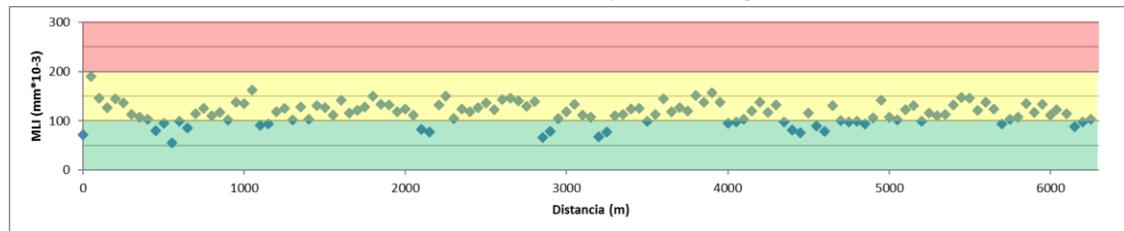
Deflexión máxima a 26°C Deflexión máxima a 26°C de temperatura promedio de la zona



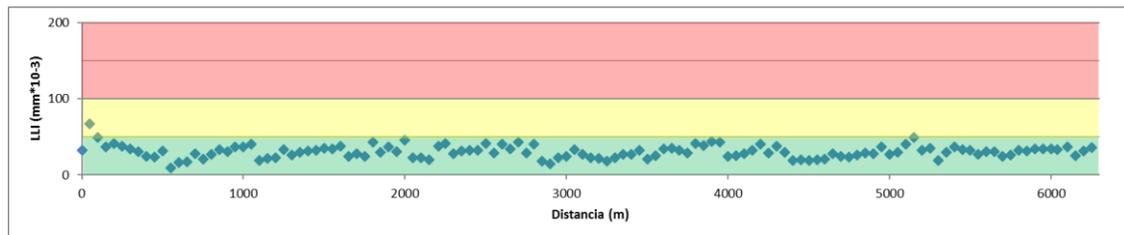
Indicador de capa asfáltica y base granular



Indicador de capa de base y sub-base granular



Indicador de Subrasante



Radio de curvatura

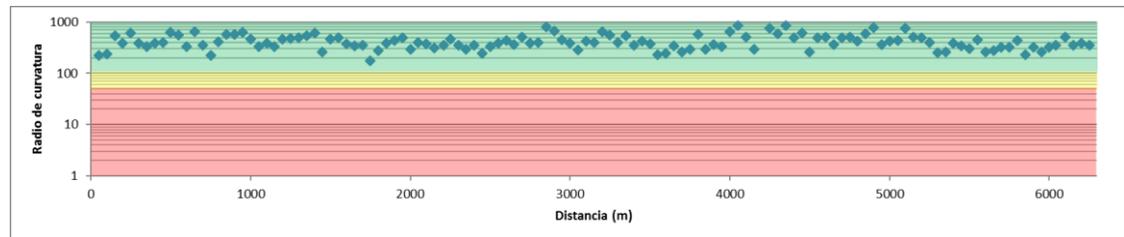


Figura 7. Análisis del cuenco de deflexiones para el sentido Cruce Villanueva – La Managua. Fuente: LanammeUCR



Observación No. 2. Existen secciones del pavimento construido en el proyecto con condiciones de fricción superficial deslizantes de diversos grados de severidad.

Como parte del análisis del desempeño de la carretera, el 6 de junio de 2018 se midió la condición de fricción en los dos carriles (uno por sentido) comprendidos entre los estacionamientos 0+000 y 6+225 de la Ruta Nacional N° 616, sección: La Managua – Cruce a Villanueva. Sin embargo, como en esta sección de la carretera se llevaron a cabo correcciones con la intención de mejorar la regularidad superficial de esta, se decidió realizar una segunda medición del coeficiente de fricción de la vía (7 de setiembre de 2018) para verificar si estos trabajos afectaron este parámetro. En Tabla 9, se muestra la ubicación y longitud aproximada de estas intervenciones.

Tabla 9. Tramos con intervenciones para mejorar la regularidad superficial de la vía.

Descripción	Estación inicial	Estación final	Longitud (m)
Tramo I	1+100	1+300	200
Tramo II	1+800	1+900	100
Tramo III	2+200	2+500	300
Tramo IV	2+700	2+800	100
Tramo V	4+350	4+450	100
Tramo VI	5+900	6+250	350

El ensayo se realizó en condiciones adecuadas y sin la presencia de lluvia u otras condiciones ambientales que pudieran afectar las mediciones. La superficie de ruedo se encontraba seca, libre de polvo o suciedad en exceso y sin demarcación horizontal. La medición se realizó cada 5m mediante el equipo Grip Tester del LanammeUCR, a una velocidad constante de 50 km/h y con un espesor de película de agua de 0,25 mm.

Para ambas mediciones, la estación 0+000 se encuentra en el cruce de la Ruta Nacional N° 616 con la Ruta Nacional N° 34. En las estaciones 5+022 y 5+222, aproximadamente, hay reductores de velocidad que afectaron resultados de la medición por condiciones de baja velocidad (velocidad menor a 50 km/h y espesor de película de agua menor a 0,25 mm). Los resultados de dichas evaluaciones se presentan en el Informe de Ensayo I-0769-18 (6 de junio de 2018) y el Informe de Ensayo I-1198-18 (7 de setiembre de 2018). Los tramos eliminados del análisis se resumen en la Tabla 10.



Tabla 10. Secciones fuera de análisis por condiciones de ensayo.

Sentido	Sección		Condición
	Inicio	Final	
Managua-Villanueva	0+000	0+050	Baja velocidad
	4+930	5+045	Baja velocidad por reductor de velocidad
	5+125	5+305	
	6+190	6+225	Baja velocidad
Villanueva-Managua	0+000	0+040	Baja velocidad
	4+915	5+010	Baja velocidad por reductor de velocidad
	5+100	5+205	

Fuente: Informe I-1198-18, LanammeUCR.

Para evaluar la condición del rozamiento de esta ruta, se utilizó el rango de clasificación empleado por el LanammeUCR en las evaluaciones bienales de la Red Vial Nacional (Barrantes Jiménez, Sanabria Sandino & Loría Salazar, 2013). Dicha clasificación determina la condición del pavimento según el valor de Grip Number (GN) que arroja el Grip Tester (ver Tabla 11). Dado que la fricción entre la llanta y el pavimento garantiza el agarre del vehículo, es posible determinar la probabilidad de accidentes y el riesgo de accidentabilidad de la superficie de la calzada según la condición friccionante de esta.

Tabla 11. Clasificación internacional del pavimento según el Grip Number (GN).

GN	Condición	Nivel			Tipo de pavimento característico
		Deslizamiento	Probabilidad de accidentes	Riesgo medio de accidentabilidad ¹	
< 0,50	Malo	Muy deslizante	Muy alta probabilidad	Mayor a 20	Pavimento flexible compuesto de agregado pulimentable ej: calizo
0,50 – 0,60	Regular	Deslizante	Alta probabilidad	16 a 20	Pavimento flexible con alto grado de exudación y pérdida de textura
0,60 – 0,78	Bueno	Poco deslizante	Moderada probabilidad	10 a 16	Pavimento flexible y rígido con buena textura
> 0,78	Muy Bueno	No deslizante	Poca probabilidad	Menor a 10	Pavimento nuevo o sobrecapas

Fuente: Barrantes Jiménez, Sanabria Sandino & Loría Salazar, 2013.

¹ Número de accidentes por cada millón de vehículos / kilómetro, en función del coeficiente de fricción, obtenidos en Gran Bretaña, según memorias del 5to Simposio de Características Superficiales de Pavimentos, Toronto, Canadá, 2004. Tabla modificada LanammeUCR 2018.



- **Sentido: La Managua – Cruce a Villanueva**

En la Tabla 12, se muestra la distribución de la condición de fricción de la superficie de ruedo en el sentido La Managua – Cruce Villanueva. En este carril se evidencia que la condición actual de resistencia al deslizamiento más frecuente corresponde a las categorías de “Bueno” con un 62,53 % y “Regular” con 26,09% de los datos medidos. En la Figura 8, se muestra la variación del coeficiente de fricción y como se distribuye el valor del coeficiente de fricción para cada tramo de 5 m dentro de los límites de la clasificación mostrada en la Tabla 11 anterior.

Tabla 12. Distribución de la condición de la vía según su GN. Sentido: La Managua – Cruce a Villanueva.

GN	Condición	Fecha del ensayo	
		06/06/2018	07/09/2018
< 0,50	Malo	2,12%	10,44%
0,50 - 0,60	Regular	12,23%	26,09%
0,60 - 0,78	Bueno	81,56%	62,53%
> 0,78	Muy bueno	4,08%	0,94%
Total		100%	100%

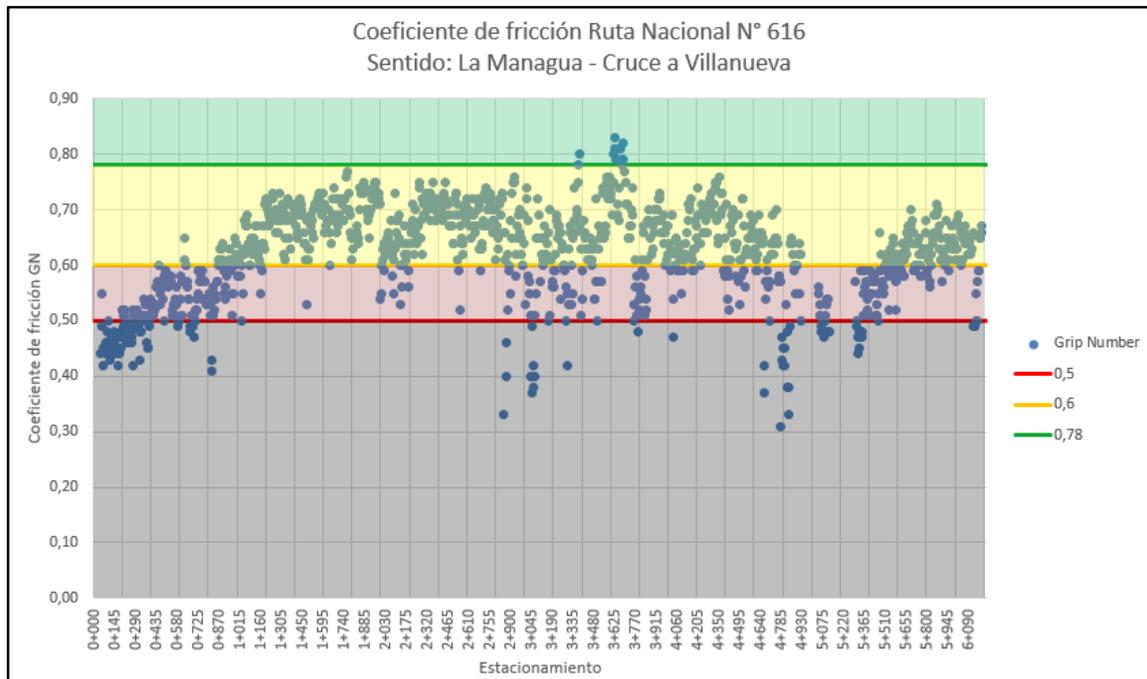


Figura 8. Variación del coeficiente de fricción. Sentido: La Managua – Cruce a Villanueva.
Fecha de ensayo: 07/09/2018. Fuente: Informe de ensayo I-1198-18, LanammeUCR.



- **Cruce a Villanueva – La Managua**

Como se observa en la Tabla 13, en el sentido Cruce a Villanueva – La Managua, nuevamente las categorías de “Bueno” con 45,45% y “Regular” con 31,50% son las más frecuentes. Cabe destacar que en este sentido la categoría “Malo” muestra un porcentaje considerable de la vía (22,81%). Los tramos con una resistencia al deslizamiento deficiente (“Malo”) se caracterizan por tener una textura muy deslizante y la probabilidad de accidentes en ellos es muy alta. En la Figura 9, se muestra la distribución de los valores del coeficiente de fricción de cada tramo de 5 m dentro de los límites de la clasificación establecida.

Tabla 13. Distribución de la condición de la vía según su GN. Sentido: Cruce a Villanueva – La Managua

GN	Condición	Fecha del ensayo	
		06/06/2018	07/09/2018
< 0,50	Malo	4,66%	22,81%
0,50 - 0,60	Regular	20,52%	31,50%
0,60 - 0,78	Bueno	67,16%	45,45%
> 0,78	Muy bueno	7,67%	0,25%
Total		100%	100%

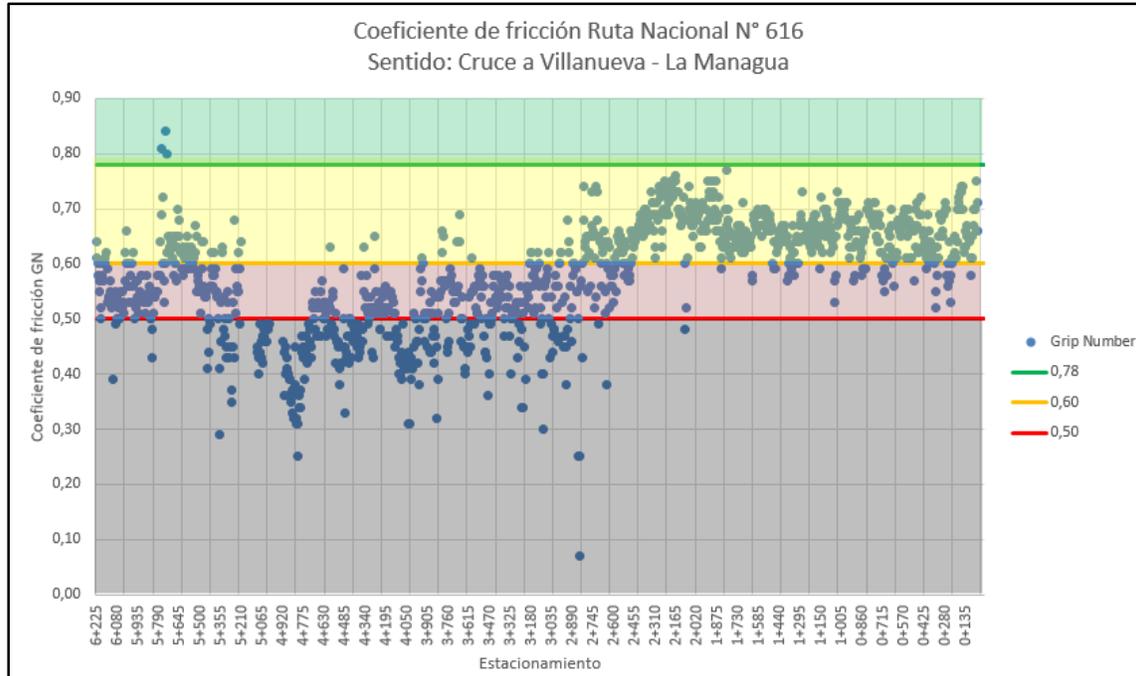


Figura 9. Variación del coeficiente de fricción. Sentido: Cruce a Villanueva - La Managua.
Fecha de ensayo: 07/09/2018. Fuente: Informe de ensayo I-1198-18, LanammeUCR



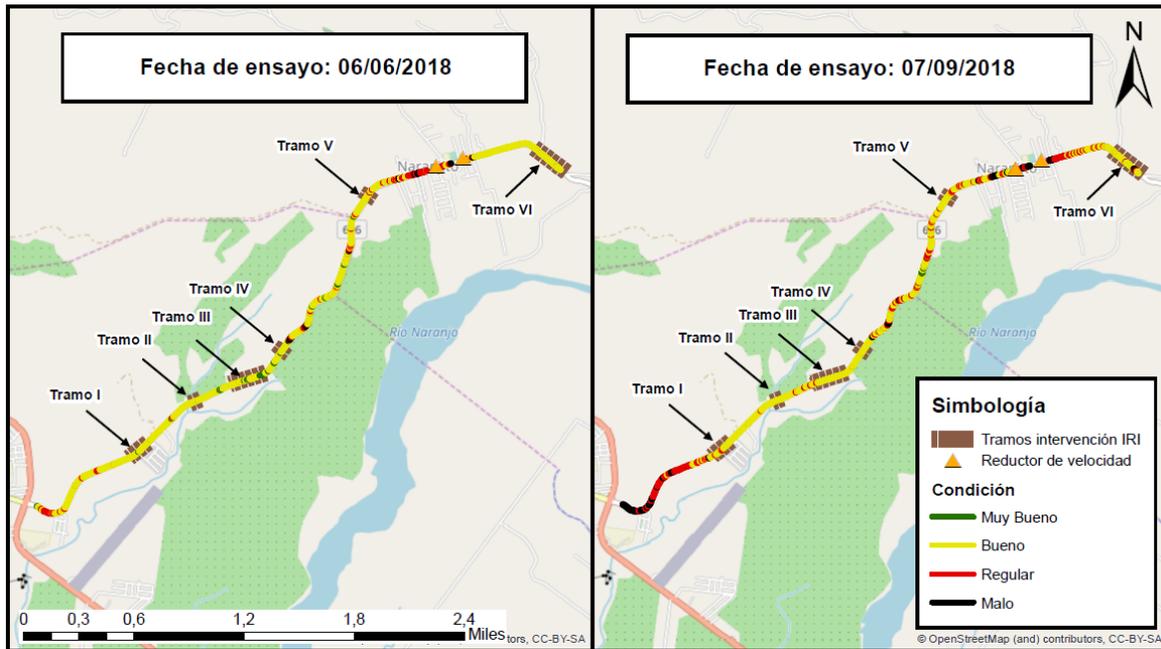
Al comparar los resultados de las evaluaciones realizadas por el LanammeUCR el 6 de junio de 2018 y el 7 de setiembre del mismo año, es posible observar que la condición de la vía, según su coeficiente de fricción, se ha deteriorado con el paso del tiempo, pues el porcentaje de tramos en condición buena y muy buena se redujo de la medición del 6 de junio a la medición del 7 de setiembre y en contraparte, el porcentaje de tramos en condición regular y mala se aumentó de una medición a otra (ver Tabla 12 y Tabla 13).

En el Mapa 2 (Sentido: La Managua – Cruce a Villanueva) y Mapa 3 (Sentido: Cruce a Villanueva - La Managua), se muestra el cambio en la condición de la vía según su *Grip Number* de una evaluación a otra. En estos mapas es posible observar, gráficamente, el comportamiento indicado anteriormente, donde la cantidad de tramos en condición “Bueno” y “Muy bueno” disminuyen, mientras que los tramos en condición “Regular” y “Malo” aumentan.

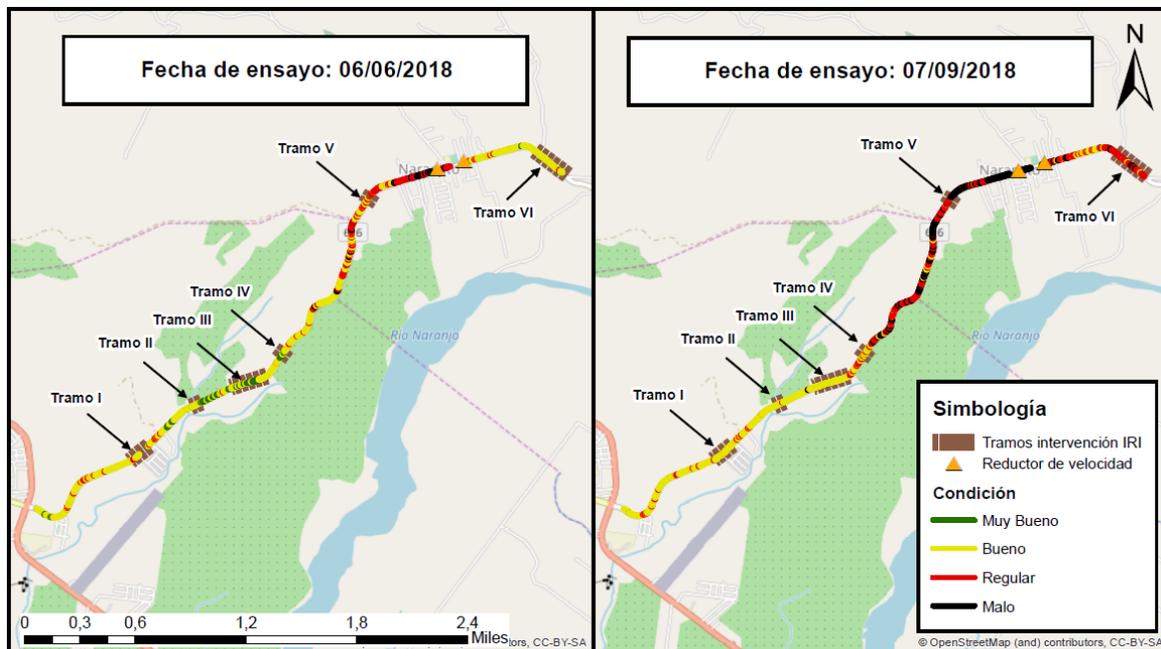
Los datos de fricción se pueden ver afectados por la variación estacional (época seca / época lluviosa) debido a que las lluvias limpian la superficie de ruedo de polvo y otras impurezas provocando de esta manera que en la época lluviosa el coeficiente de fricción sea ligeramente mayor. No obstante, ambas evaluaciones se llevaron a cabo en la época lluviosa de la zona y con la superficie de ruedo seca y libre de impurezas, por lo que estas variaciones no deben ser considerables.

Del Mapa 2 y Mapa 3, también es posible observar que en los tramos donde se intervino para mejorar la regularidad superficial de la vía, la condición de la vía empeoró ligeramente, esto se puede deber a que estas intervenciones hayan expuesto el agregado y hayan generado una superficie pulida con menor resistencia al deslizamiento.

Es preocupante el decaimiento de este parámetro en tan poco tiempo (tres meses), pues un coeficiente de fricción bajo incrementa las probabilidades de accidentes y en consecuencia afecta la seguridad vial en la ruta.



Mapa 2. Mapa comparativo de la condición de la Ruta Nacional N° 616 según su GripNumber. Sentido: La Managua – Cruce a Villanueva. Fechas de ensayo: 06/06/2018 y 07/09/2018 Fuente: LanammeUCR



Mapa 3. Mapa comparativo de la condición de la Ruta Nacional N° 616 según su GripNumber. Sentido: Cruce a Villanueva - La Managua. Fechas de ensayo: 06/06/2018 y 07/09/2018 Fuente: LanammeUCR



Hallazgo No. 2: La nueva capa de rodamiento presenta secciones con deterioros prematuros superficiales que afectan su calidad y vida útil

En las visitas realizadas por la Unidad de Auditoría Técnica durante la fase constructiva del proyecto se han evidenciado deterioros en la capa de ruedo que afectan negativamente la inversión realizada junto con la calidad y durabilidad de la estructura de pavimento recién colocada.

Los deterioros atinentes a la capa de rodadura fueron identificados según la caracterización del Manual de Auscultación Visual de Pavimentos de Costa Rica, Guía para Profesionales (MAV-2016), oficializado mediante el Decreto No. 40333-MOPT (Alcance Digital No. 99 del Diario Oficial La Gaceta No. 86 de fecha 09-05-2017).

- **Exudación.**

En las juntas transversales, longitudinales y algunos tramos de la vía recién construida se observó exudación de cemento asfáltico, según se muestra en la Fotografías 1 y 2, donde es posible observar diferentes grados de severidad de exudación. El fenómeno de exudación consiste en el alisamiento de la superficie de la capa de ruedo por el ascenso del exceso de asfalto de la mezcla o el riego de liga por los vacíos de la mezcla junto con partículas de agregado fino. Las causas de la exudación se pueden originar en el diseño de mezcla o el proceso constructivo de la capa de ruedo. El alisamiento de la superficie tiene un impacto en el nivel de seguridad vial de la vía con respecto una disminución del agarre superficial con la presencia de agua y en el desempeño de la mezcla por el riesgo de deformación.



Estación 2+670



Estación 2+875



Estación 2+900

Fotografía 1. Secciones con diferentes grados de exudación de asfalto.

Fecha de la fotografía 16-04-2018

Informe LM-PI-AT-119-18	Fecha de emisión: Diciembre 2018	Página 38 de 115
-------------------------	----------------------------------	------------------



Fotografía 2. Exudación de asfalto en junta transversal. Estación 3+350.
Fecha de la fotografía 25-04-2018. Fuente: LanammeUCR.

- ***Desnudamiento del agregado.***

En el tramo entre estación 2+200 y 2+400 se evidenció la falta de recubrimiento asfáltico en el agregado superficial en el carril izquierdo, la fecha de colocación de este tramo corresponde al 6 de abril de 2018. Este deterioro puede tener su origen en bajos contenidos de asfalto o presencia de agua en la mezcla y puede ocasionar la formación de baches ante la presencia de humedad. En la Fotografía 3, se muestra la condición observada por el equipo auditor durante las visitas realizadas al proyecto, donde se observa una serie de agregados de tamaño mayor sin suficiente recubrimiento asfáltico.



Fotografía 3. Desnudamiento de agregado en el tramo ente 2+200 y 2+400.

Fecha de las fotografías 16-04-2018 y 19-05-2018. Fuente: LanammeUCR

- ***Desprendimiento de agregados.***

En la estación 1+850 a 1+900 se observaron desprendimientos de agregado en el carril izquierdo, que puede indicar pérdida de las propiedades de adhesión en la interface ligante-agregado con el consecuente riesgo de que el desprendimiento de agregado continúe progresivamente, como se observa en la Fotografía 4.



Fotografía 4. Desprendimiento de agregados entre la estación 1+840 a 1+900.

Fecha de la fotografía 19-05-2018. Fuente: LanammeUCR

- ***Deterioros de la capa de ruedo por correcciones de regularidad.***

Durante la visita realizada por parte del equipo auditor del 27 de agosto de 2018 se observaron secciones de la capa de ruedo microperfiladas en ambos carriles. En algunos de estos tramos se evidenció el deterioro de la mezcla asfáltica colocada como consecuencia del desgaste excesivo que provocó el desnudamiento y desprendimiento de partículas de agregado.

En la Fotografía 5 (a) se muestra un ejemplo de un área escarificada donde se puede apreciar la acumulación de agua sobre la superficie; en la fotografía de la Fotografía 5 (b) se observa una situación similar de acumulación de agua junto con el desprendimiento de agregado formando un pequeño bache. Se evidencia que la ejecución del microperfilado de la superficie en la forma en que fue ejecutado aumenta la cantidad y severidad de los deterioros y el riesgo de daño por humedad en la mezcla asfáltica. Esta condición contribuye a disminuir la vida útil de la capa de ruedo.



Fotografía 5. Deterioro superficial por correcciones de regularidad. Estación 2+190.
Fecha: 27-08-2018. Fuente: LanammeUCR



- **Deterioros en el borde de la calzada.**

Durante la visita del 8 de agosto de 2018 en el estacionamiento 4+350 se observó grieta entre el borde la cuneta y la capa de rodamiento como se evidencia en la Fotografía 6. Este deterioro puede estar asociado con la calidad del sistema de drenaje de la carretera. Sin embargo, resulta evidente la afectación que tiene en la capa de ruedo justo con el riesgo que representa la entrada de agua a las capas inferiores de la estructura como consecuencia.



Fotografía 6. Deterioro en el borde la calzada. Estación 4+350.

Fecha 8-08-2018. Fuente: LanammeUCR

Los deterioros prematuros observados disminuyen el nivel de desempeño y vida útil de la capa de ruedo recién colocada en el proyecto. En caso de aumentar el nivel de severidad y frecuencia de los deterioros observados durante el inicio de la operación de la estructura del pavimento es posible que se requiera la inversión anticipada en actividades de mantenimiento. En el caso de los deterioros asociados con la corrección de regularidad se evidenció que el deterioro de la capa de ruedo puede alcanzar niveles de severidad medios o altos por lo que la efectividad de la medida de corrección en la forma que fue aplicada no resulta eficiente.

Informe LM-PI-AT-119-18	Fecha de emisión: Diciembre 2018	Página 43 de 115
-------------------------	----------------------------------	------------------



Según el descargo del auditado (oficio GCTI-22-18-1085 adjunto), el trabajo de reparación y reconfirmación de cunetas necesario para solventar la problemática evidenciada por esta auditoría en la estación 4+350 está siendo realizado por el Contratista, el cual consiste en realizar una inyección de mortero en la base de la cuneta existente y reconfirmar el relleno de la cuneta. Sin embargo, el descargo presentado no adjunta el análisis de las causas de cada deterioro ni el procedimiento de reparación para los otros deterioros evidenciados en la vía durante la ejecución del informe ni las posibles acciones tomadas por la Administración en términos de posibles multas y otras sanciones.

SOBRE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES

Hallazgo No. 3: Los resultados de los ensayos realizados a los materiales empleados en la estructura de pavimento evidenciaron incumplimientos en los requisitos establecidos por el Manual de especificaciones para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010

Para desarrollar esta sección del informe se tomó como base los documentos contractuales, los informes de ensayo realizados por el LanammeUCR, los informes de verificación y control de calidad (Autocontrol) remitidos a esta auditoría y la sección 107.05 Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago (valor del trabajo) del Manual de especificaciones para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010, donde se detalla el proceso que debe seguir tanto la Administración como el contratista para asegurar la calidad de los materiales del proyecto en pro del buen desarrollo del mismo y su desempeño a futuro.

- ***Sobre la calidad de la mezcla asfáltica***

El control de calidad para la mezcla asfáltica lo llevó a cabo tanto el laboratorio de autocontrol por parte del contratista, como el laboratorio de verificación por parte de la Administración. De la información remitida, se recopilaron los resultados de los ensayos realizados a 21 muestras ensayadas por el Autocontrol de diciembre de 2017 a marzo de 2018 (a falta de febrero de 2018) y 29 muestras ensayadas por el organismo de Verificación de diciembre de 2017 a febrero de 2018. Por su parte, debido al avance del proyecto y a la dificultad de programar muestreos, el LanammeUCR sólo pudo obtener una muestra de la mezcla asfáltica utilizada en el proyecto (febrero de 2018).

En la Tabla 14, se muestran los resultados de los parámetros Marshall obtenidos para las muestras ensayadas por el Autocontrol. Por su parte, en la Tabla 15. se muestran los resultados de los parámetros Marshall ensayados por la Verificación.

Informe LM-PI-AT-119-18	Fecha de emisión: Diciembre 2018	Página 44 de 115
-------------------------	----------------------------------	------------------



Tabla 14. Resultados de los parámetros Marshall obtenidos de las muestras de mezcla asfáltica ensayadas por el laboratorio de Autocontrol.

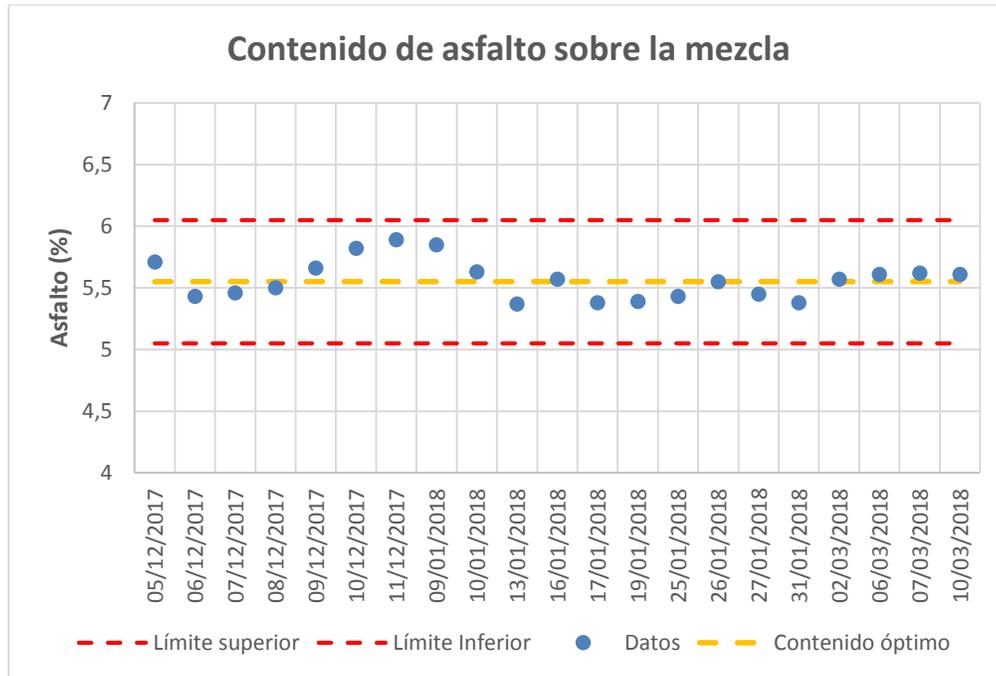
	Fecha de muestreo	Asfalto (PTM) (%)	Vacíos (%)	VMA (%)	VFA (%)	Polvo/asfalto (%)
Límite superior		6,05	5,0	-	75	1,3
Límite Inferior		5,05	3,0	14	65	0,6
ITP-PM-558-17	05/12/2017	5,71	4,2	15,2	73	1,22
ITP-PM-558-17	06/12/2017	5,43	4,9	15,1	66	1,28
ITP-PM-558-17	07/12/2017	5,46	4,7	14,9	68	1,30
ITP-PM-558-17	08/12/2017	5,50	4,5	14,7	70	1,23
ITP-PM-558-17	09/12/2017	5,66	4,2	15,3	73	1,18
ITP-PM-558-17	10/12/2017	5,82	4,0	15,0	73	1,23
ITP-PM-558-17	11/12/2017	5,89	4,7	16,0	71	1,21
ITP-PM-055-18	09/01/2018	5,85	4,4	16,4	73	1,07
ITP-PM-055-18	10/01/2018	5,63	4,9	16,4	70	1,01
ITP-PM-055-18	13/01/2018	5,37	4,7	15,4	69	1,12
ITP-PM-055-18	16/01/2018	5,57	4,5	16,0	72	1,17
ITP-PM-055-18	17/01/2018	5,38	4,5	15,1	70	1,20
ITP-PM-055-18	19/01/2018	5,39	4,9	15,3	68	1,24
ITP-PM-055-18	25/01/2018	5,43	4,5	15,6	71	1,18
ITP-PM-055-18	26/01/2018	5,55	4,2	15,4	73	1,04
ITP-PM-055-18	27/01/2018	5,45	4,7	15,5	69	1,21
ITP-PM-055-18	31/01/2018	5,38	4,5	15,1	70	1,14
ITP-PM-129-18	02/03/2018	5,57	4,7	15,8	70	1,08
ITP-PM-129-18	06/03/2018	5,61	3,8	15,4	75	1,17
ITP-PM-129-18	07/03/2018	5,62	3,8	15,4	75	1,18
ITP-PM-129-18	10/03/2018	5,61	3,8	15,3	75	1,14
Promedio (\bar{x})		5,57	4,4	15,4	71,1	1,17
Desviación estándar (S)		0,2	0,4	0,5	2,5	0,08
Categoría		II	-	-	-	-
Número total de valores (n)		21	21	21	21	21
Límite superior del parámetro de especificación (LSPE)		6,05	5,0	-	75,0	1,3
Límite inferior del parámetro de especificación (LIPE)		5,05	3,0	14,0	65,0	0,6
Índice de calidad superior (ICS)		3,1	1,6	-	1,5	1,7
Índice de calidad inferior (ICI)		3,3	4,0	3,2	2,5	7,6
Porcentaje de incumplimiento fuera (superior) del límite (PIS)		0%	7%	-	7%	5%
Porcentaje de incumplimiento fuera (inferior) del límite (PII)		0%	0%	0%	1%	0%
Nivel de incumplimiento (NI)		0%	7%	0%	8%	5%
Valor máximo permitido fuera de límites		39%	-	-	-	-



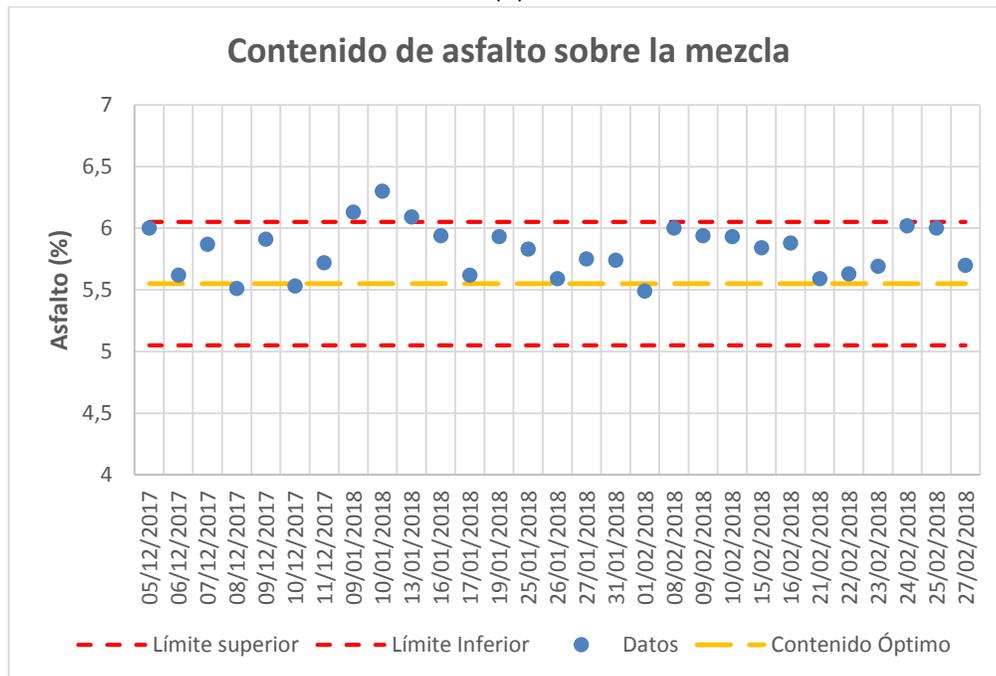
Tabla 15. Resultados de los parámetros Marshall obtenidos de las muestras de mezcla asfáltica ensayadas por el laboratorio de Verificación.

Informe	Fecha de muestreo	Asfalto (PTM) (%)	Vacíos (%)	VMA (%)	VFA (%)	Polvo/asfalto (%)
Límite superior		6,05	5,0	-	75	1,3
Límite Inferior		5,05	3,0	14	65	0,6
17-PQM-0015-1231	05/12/2017	6,00	4,1	15,9	74	1,20
17-PQM-0020-1231	06/12/2017	5,62	4,6	15,3	70	1,30
17-PMV-0023-1231	07/12/2017	5,87	3,9	15,5	75	1,30
17-PQM-0027-1231	08/12/2017	5,51	4,8	15,4	69	1,30
17-PQM-0031-1231	09/12/2017	5,91	4,8	16,5	71	0,90
17-PQM-0036-1231	10/12/2017	5,53	3,8	15,3	75	1,10
17-PQM-0041-1231	11/12/2017	5,72	4,3	15,1	72	1,30
18-PQM-0005-1231	09/01/2018	6,13	3,6	15,4	76	0,90
18-PQM-0006-1231	10/01/2018	6,30	4,7	16,6	72	1,00
18-PQM-0011-1231	13/01/2018	6,09	4,2	15,9	73	1,10
18-PQM-0012-1231	16/01/2018	5,94	4,5	16,1	72	1,10
18-PQM-0016-1231	17/01/2018	5,62	4,3	14,9	71	1,30
18-PQM-0024-1231	19/01/2018	5,93	4,5	15,4	71	0,90
18-PQM-0039-1231	25/01/2018	5,83	4,5	16,1	72	1,00
18-PQM-0044-1231	26/01/2018	5,59	4,7	15,5	69	1,10
18-PQM-0045-1231	27/01/2018	5,75	4,1	14,8	72	1,30
18-PQM-0054-1231	31/01/2018	5,74	4,5	15,4	71	1,30
18-PQM-0055-1231	01/02/2018	5,49	4,8	15,1	68	1,10
18-PQM-0059-1231	08/02/2018	6,00	4,5	15,5	71	1,20
18-PQM-0062-1231	09/02/2018	5,94	4,8	16,5	71	1,10
18-PQM-0064-1231	10/02/2018	5,93	4,2	16,7	75	1,00
18-PQM-0075-1231	15/02/2018	5,84	4,1	16,3	75	1,10
18-PQM-0076-1231	16/02/2018	5,88	4,8	17,4	73	0,90
18-PQM-0080-1231	21/02/2018	5,59	4,7	16,4	71	0,90
18-PQM-0081-1231	22/02/2018	5,63	4,7	14,8	68	1,20
18-PQM-0084-1231	23/02/2018	5,69	4,2	16,5	75	0,80
18-PQM-0087-1231	24/02/2018	6,02	4,4	17,0	74	1,00
18-PQM-0091-1231	25/02/2018	6,00	4,5	16,7	73	1,00
18-PQM-0092-1231	27/02/2018	5,70	4,2	16,6	75	1,00
Promedio (\bar{X})		5,82	4,4	15,9	72,2	1,09
Desviación estándar (S)		0,2	0,3	0,7	2,2	0,15
Categoría		II	-	-	-	-
Número total de valores (n)		29	29	29	29	29
Límite superior del parámetro de especificación (LSPE)		6,05	5,0	-	75,0	1,3
Límite inferior del parámetro de especificación (LIPE)		5,05	3,0	14,0	65,0	0,6
Índice de calidad superior (ICS)		1,1	1,8	-	1,2	1,3
Índice de calidad inferior (ICI)		3,8	4,3	2,6	3,2	3,2
Porcentaje de incumplimiento fuera (superior) del límite (PIS)		14%	4%	-	0,1	0,1
Porcentaje de incumplimiento fuera (inferior) del límite (PII)		0%	0%	1%	0%	0%
Nivel de incumplimiento (NI)		14%	4%	1%	11%	10%
Valor máximo permitido fuera de límites		37%	-	-	-	-

Nota: Los valores resaltados en rojo indican incumplimiento a las especificaciones



(a)



(b)

Figura 10. Gráfico de los resultados de contenido de asfalto en las muestras de mezcla asfáltica ensayadas por (a) Autocontrol (b) Verificación.



En la Figura 10 (a), es posible ver que todos los contenidos de asfalto obtenidos por el laboratorio de Autocontrol se encuentran dentro de los límites establecidos y tienden a concentrarse cercanos al contenido óptimo. Dada la baja variabilidad de estos datos y a que todos sus resultados del Autocontrol se encontraban dentro de los límites establecidos, el análisis estadístico determinó un nivel de incumplimiento del 0% para este parámetro (ver Tabla 14). En contraparte, los resultados de la Verificación evidencian que tres muestras ensayadas en enero de 2018 rebasan el límite superior del contenido de asfalto, contrario a los resultados del Autocontrol (ver Figura 10). Además, los contenidos de asfalto obtenidos por la Verificación tienen una tendencia a ubicarse cercanos al límite superior, pues el 79% de estos resultados se encuentran en la zona comprendida entre el contenido óptimo de asfalto y el límite superior. Es por ello, que el nivel de incumplimiento para los resultados de la Verificación para este parámetro aumenta a 14%, el cual aún está distante del máximo permitido (ver Tabla 15).

Los parámetros porcentaje de vacíos, vacíos llenos de asfalto (VFA), vacíos en el agregado mineral (VMA) y relación polvo / asfalto efectivo no requieren una evaluación estadística según el CR-2010. Los valores mostrados en la Tabla 14 y 15 son una referencia del nivel de incumplimiento que tienen estos parámetros. Los resultados del Autocontrol no muestran ningún incumplimiento en estos parámetros y tienen un nivel de incumplimiento bajo (ver Tabla 14). Por su parte, los resultados de la Verificación muestran un resultado similar y sólo una muestra incumple el parámetro VFA (ver Tabla 15).

En cuanto a la granulometría de la mezcla asfáltica, la Tabla 16 muestra los resultados obtenidos por el laboratorio de Autocontrol. En esta tabla es posible observar que todos los resultados obtenidos cumplen con los límites establecidos en el diseño de mezcla, además el nivel de incumplimiento es bastante bajo, pues al ser menor al 9% implicaría un factor de pago (FP) del 100%. En Tabla 17, se muestran los resultados recopilados para las 29 muestras ensayadas por la Verificación. Contrario al caso del Autocontrol, los resultados de Verificación muestran niveles de incumplimiento muy altos, especialmente en las mallas 1/2" y 3/8", cuyo nivel de incumplimiento es mayor al máximo permitido para la aceptación de la mezcla asfáltica. En la Figura 11 (b), es posible observar como ciertas curvas granulométricas obtenidas por la Verificación se salen de las bandas permisibles establecidas en el diseño de mezcla. Por su parte, la muestra ensayada por el LanammeUCR muestra incumplimientos para las mallas 1/2", 3/8", N°4, N°8, N°16 y N°30 (ver Tabla 18), lo cual coincide con el comportamiento observado en los resultados de la Verificación.



Tabla 16. Resultados granulométricos de las muestras de mezcla asfáltica ensayadas por el Autocontrol.

Informe	Fecha de muestreo	Granulometría									
		25,4 mm	19 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,75 mm	2,36 mm	1,18 mm	0,6 mm	0,3 mm	75 µm
		1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16	N°30	N°50	N°200
Límite superior		100	100	85	69	47	34	22	17	14	7,9
Límite inferior		100	91	77	59	39	26	17	12	8	3,9
ITP-PM-558-17	05/12/2017	100	97	84	68	45	30	21	16	12	5,8
ITP-PM-558-17	06/12/2017	100	99	82	67	47	32	22	16	12	5,7
ITP-PM-558-17	07/12/2017	100	97	83	66	44	31	21	16	12	5,7
ITP-PM-558-17	08/12/2017	100	97	83	68	44	29	20	15	11	5,4
ITP-PM-558-17	09/12/2017	100	100	84	68	46	30	20	14	10	5,7
ITP-PM-558-17	10/12/2017	100	99	84	67	46	30	21	15	11	5,8
ITP-PM-558-17	11/12/2017	100	97	84	68	45	28	19	15	11	5,7
ITP-PM-055-18	09/01/2018	100	99	81	63	44	28	20	15	11	5,6
ITP-PM-055-18	10/01/2018	100	99	83	66	41	28	19	14	10	5,1
ITP-PM-055-18	13/01/2018	100	96	83	69	39	26	18	13	10	5,2
ITP-PM-055-18	16/01/2018	100	97	82	65	42	28	19	14	10	5,4
ITP-PM-055-18	17/01/2018	100	99	80	63	42	27	19	14	11	5,5
ITP-PM-055-18	19/01/2018	100	99	81	64	40	28	18	13	10	5,6
ITP-PM-055-18	25/01/2018	100	98	82	63	41	28	19	15	10	5,7
ITP-PM-055-18	26/01/2018	100	97	80	63	44	30	20	14	10	5,1
ITP-PM-055-18	27/01/2018	100	99	84	61	43	27	20	13	10	5,5
ITP-PM-055-18	31/01/2018	100	98	80	66	43	30	19	14	11	5,3
ITP-PM-129-18	02/03/2018	100	96	84	65	45	32	21	14	10	5,2
ITP-PM-129-18	06/03/2018	100	98	83	62	45	33	21	15	10	5,9
ITP-PM-129-18	07/03/2018	100	99	83	64	44	32	20	14	11	5,9
ITP-PM-129-18	10/03/2018	100	98	84	67	46	31	20	15	10	5,7
Promedio (X̄)		100	98,0	82,6	65,4	43,6	29,4	19,9	14,5	10,6	5,5
Desviación estándar (S)		0,0	1,1	1,4	2,3	2,1	1,9	1,1	0,9	0,7	0,3
Categoría		-	I	I	I	II	I	I	I	I	II
Número total de valores (n)		21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Límite superior del parámetro de especificación (LSPE)		-	100,0	85,0	69,0	47,0	34,0	22,0	17,0	14,0	7,9
Límite inferior del parámetro de especificación (LIPE)		-	91,0	77,0	59,0	39,0	26,0	17,0	12,0	8,0	3,9
Índice de calidad superior (ICS)		-	1,8	1,7	1,6	1,6	2,4	2,0	2,7	4,6	9,3
Índice de calidad inferior (ICI)		-	6,1	3,9	2,8	2,2	1,8	2,7	2,7	3,5	6,5
Porcentaje de incumplimiento fuera (superior) del límite (PIS)		-	5%	5%	7%	6%	1%	3%	1%	0%	0%
Porcentaje de incumplimiento fuera (inferior) del límite (PII)		-	0%	0%	1%	2%	5%	1%	1%	0%	0%
Nivel de incumplimiento (NI)		-	5%	5%	7%	9%	6%	4%	1%	0%	0%
Valor máximo permitido fuera de límites		-	35%	35%	35%	39%	35%	35%	35%	35%	39%



Tabla 17. Resultados granulométricos de las muestras de mezcla asfáltica ensayadas por la Verificación.

Informe	Fecha de muestreo	Graduación									
		25,4 mm	19 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,75 mm	2,36 mm	1,18 mm	0,6 mm	0,3 mm	75 μm
		1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16	N°30	N°50	N°200
Límite superior		100	100	85	69	47	34	22	17	14	7,9
Límite inferior		100	91	75	59	39	26	17	12	8	3,9
17-PQM-0015-1231	05/12/2017	100	98	81	68	42	28	20	15	11	6,0
17-PQM-0020-1231	06/12/2017	100	98	82	69	41	27	20	15	12	6,0
17-PMV-0023-1231	07/12/2017	100	99	84	69	42	27	21	15	12	6,4
17-PQM-0027-1231	08/12/2017	100	95	83	69	43	29	20	15	11	6,0
17-PQM-0031-1231	09/12/2017	100	97	82	69	39	26	19	13	10	4,6
17-PQM-0036-1231	10/12/2017	100	95	82	68	42	29	20	15	11	5,2
17-PQM-0041-1231	11/12/2017	100	98	83	67	39	26	19	13	10	5,9
18-PQM-0005-1231	09/01/2018	100	98	90	74	39	22	14	10	7	4,4
18-PQM-0006-1231	10/01/2018	100	98	93	82	49	31	21	15	11	5,4
18-PQM-0011-1231	13/01/2018	100	97	84	71	40	26	18	14	10	5,5
18-PQM-0012-1231	16/01/2018	100	97	84	69	45	29	19	14	10	5,4
18-PQM-0016-1231	17/01/2018	100	97	85	69	45	31	19	14	11	5,7
18-PQM-0024-1231	19/01/2018	100	97	85	69	45	29	18	14	10	4,1
18-PQM-0039-1231	25/01/2018	100	97	85	69	47	29	20	13	9	5,1
18-PQM-0044-1231	26/01/2018	100	98	83	66	44	29	20	14	10	5,1
18-PQM-0045-1231	27/01/2018	100	97	85	69	47	30	21	15	11	5,8
18-PQM-0054-1231	31/01/2018	100	98	83	66	47	31	22	16	12	6,0
18-PQM-0055-1231	01/02/2018	100	98	83	67	47	31	20	14	10	4,8
18-PQM-0059-1231	08/02/2018	100	97	84	69	47	34	20	14	11	5,8
18-PQM-0062-1231	09/02/2018	100	97	84	68	47	34	22	15	11	5,7
18-PQM-0064-1231	10/02/2018	100	98	84	68	46	32	20	14	10	5,5
18-PQM-0075-1231	15/02/2018	100	98	84	69	46	34	22	16	11	5,6
18-PQM-0076-1231	16/02/2018	100	98	82	67	45	34	22	16	10	5,2
18-PQM-0080-1231	21/02/2018	100	97	85	65	47	29	19	13	10	4,8
18-PQM-0081-1231	22/02/2018	100	97	84	67	47	31	21	15	11	5,3
18-PQM-0084-1231	23/02/2018	100	97	85	69	47	34	21	13	9	4,3
18-PQM-0087-1231	24/02/2018	100	99	82	69	47	34	21	14	10	5,5
18-PQM-0091-1231	25/02/2018	100	96	82	68	45	29	21	14	10	5,5
18-PQM-0092-1231	27/02/2018	100	97	85	67	47	32	21	14	10	5,5
Promedio (X̄)		100,0	97,3	84,1	68,8	44,6	29,9	20,0	14,2	10,4	5,4
Desviación estándar (S)		0,0	0,9	2,4	3,0	2,9	3,0	1,6	1,2	1,0	0,6
Categoría		-	I	I	I	II	I	I	I	I	II
Número total de valores (n)		-	29	29	29	29	29	29	29	29	29
Límite superior del parámetro de especificación (LSPE)		-	100,0	85,0	69,0	47,0	34,0	22,0	17,0	14,0	7,9
Límite inferior del parámetro de especificación (LIPE)		-	91,0	75,0	59,0	39,0	26,0	17,0	12,0	8,0	3,9
Índice de calidad superior (ICS)		-	2,8	0,4	0,1	0,8	1,4	1,2	2,3	3,6	4,5
Índice de calidad inferior (ICI)		-	6,8	3,8	3,2	1,9	1,3	1,9	1,8	2,3	2,6
Porcentaje de incumplimiento fuera (superior) del límite (PIS)		-	0%	35%	48%	21%	9%	12%	1%	0%	0%
Porcentaje de incumplimiento fuera (inferior) del límite (PII)		-	0%	0%	0%	3%	10%	4%	4%	1%	1%
Nivel de incumplimiento (NI)		-	0%	35%	48%	24%	19%	15%	5%	1%	1%
Valor máximo permitido fuera de límites		-	32%	32%	32%	37%	32%	32%	32%	32%	37%



Tabla 18. Resultados granulométricos de la muestra de mezcla asfáltica ensayada por el LanammeUCR.

Informe	Muestra	Fecha de muestreo	Granulometría									
			25,4 mm	19 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,75 mm	2,36 mm	1,18 mm	0,6 mm	0,3 mm	75 µm
			1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16	N°30	N°50	N°200
Límite superior			100	100	85	69	47	34	22	17	14	7,9
Límite Inferior			100	91	77	59	39	26	17	12	8	3,9
I-0231-18	0189-18	01/02/2018	100	96	90	74	52	35	24	18	13	6,9

Nota: Los valores resaltados en rojo se encuentran fuera del rango establecido en el diseño de mezcla

En cuanto a la compactación en sitio, la Tabla 19 muestra los resultados del análisis de los vacíos en los especímenes extraídos en sitio por el Autocontrol. Las muestras ensayadas por el Autocontrol no tienen ningún incumplimiento en cuanto al porcentaje de vacíos y tienen un nivel de incumplimiento bajo, equivalente a un factor de pago del 100%. La Tabla 20 muestra los resultados de este ensayo para los especímenes extraídos por la Verificación. Contrario a los resultados obtenidos por el Autocontrol, los resultados obtenidos por la Verificación muestran un par de incumplimientos y un nivel de incumplimiento equivalente a un factor de pago del 96,5%. Los resultados obtenidos por el LanammeUCR también muestran incumplimientos en este parámetro y el nivel de incumplimiento es tal que excede el valor máximo permitido para este parámetro (ver Tabla 21). Los resultados obtenidos tanto por la Verificación como por el LanammeUCR muestran una tendencia a una compactación mayor a la esperada, incluso algunos resultados obtenidos por el LanammeUCR muestran un porcentaje de vacíos en sitio menor a 1%, lo cual puede llevar a una capa asfáltica muy rígida, susceptible al agrietamiento y exudación.

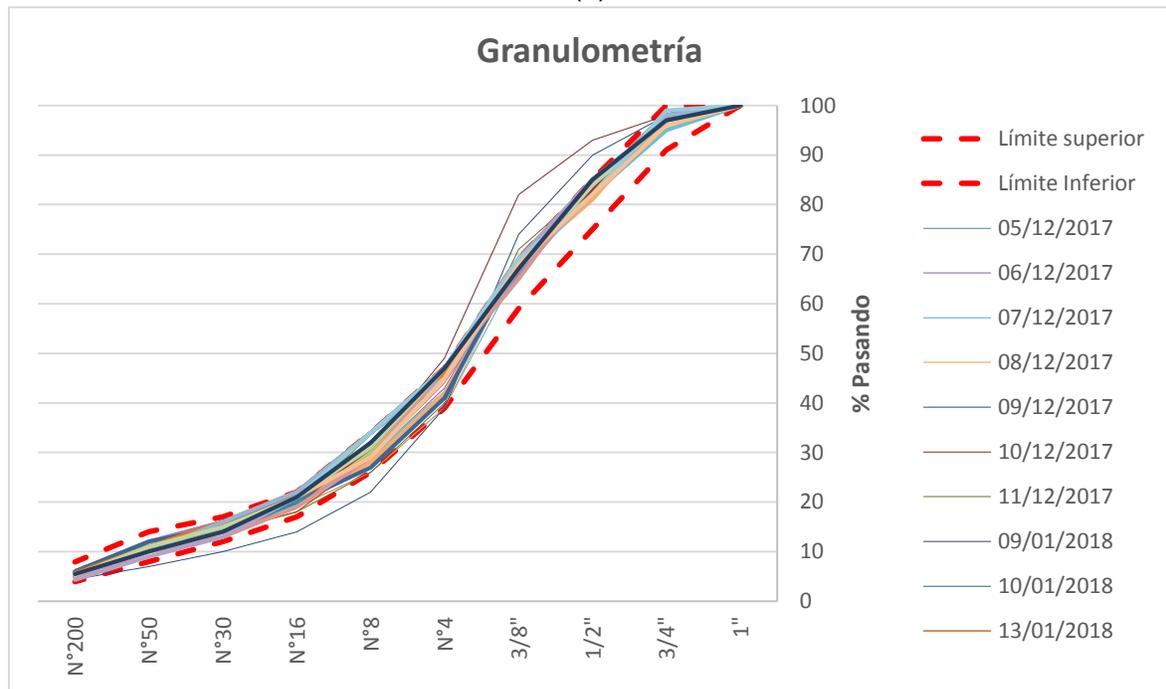
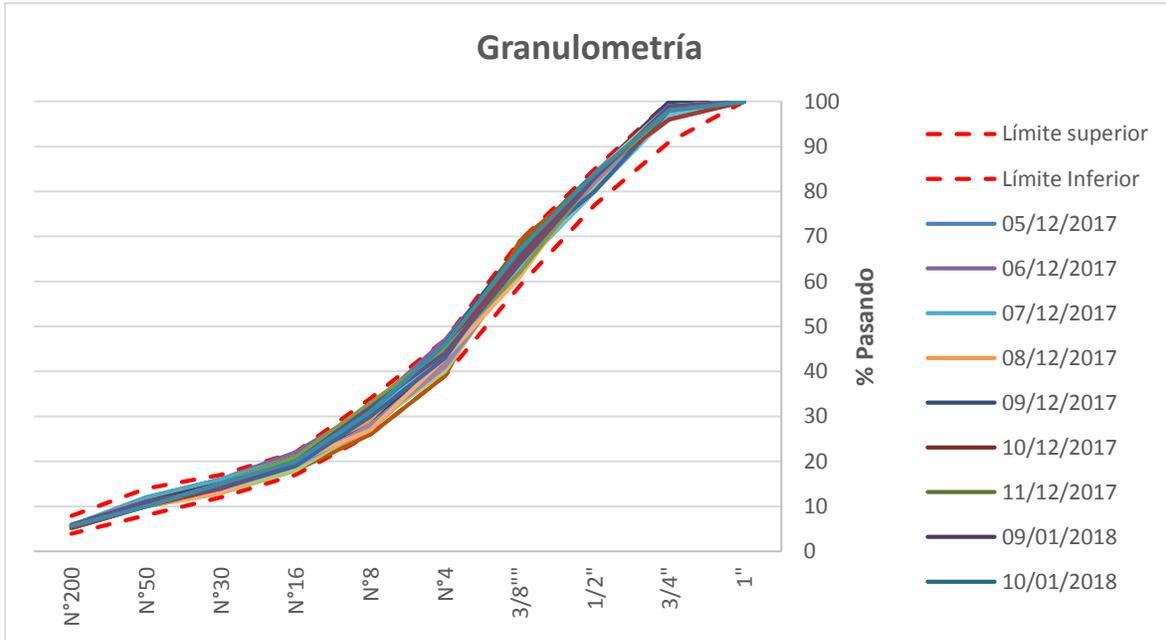


Figura 11. Curvas granulométricas de las muestras de mezcla asfáltica ensayadas por (a) Autocontrol (b) Verificación.



Tabla 19. Resultados del porcentaje de vacíos de especímenes extraídos en sitio por el Autocontrol.

Informe	Fecha de muestreo	Gbs	G _{max} teórica	Absorción (%)	Vacíos (%)
Límite superior					8
Límite inferior					3
ITP-PM-558-17	10/11/2017	2317	2487	1,8	6,8
ITP-PM-558-17	10/11/2017	2314	2487	1,8	7,0
ITP-PM-558-17	10/11/2017	2326	2487	0,6	6,5
ITP-PM-558-17	10/11/2017	2317	2487	1,4	6,8
ITP-PM-558-17	11/11/2017	2335	2487	1,2	6,1
ITP-PM-558-17	05/12/2017	2328	2501	1,5	6,6
ITP-PM-558-17	06/12/2017	2327	2514	1,2	7,2
ITP-PM-558-17	07/12/2017	2345	2518	1,0	6,6
ITP-PM-558-17	08/12/2017	2310	2517	0,9	7,9
ITP-PM-558-17	10/12/2017	2356	2508	0,7	5,8
ITP-PM-558-17	11/12/2017	2343	2496	0,5	5,9
ITP-PM-558-17	09/12/2017	2351	2496	0,4	5,5
ITP-PM-558-17	09/01/2018	2305	2475	0,3	6,9
ITP-PM-055-18	10/01/2018	2313	2481	1,0	6,8
ITP-PM-055-18	13/01/2018	2330	2501	0,7	6,8
ITP-PM-055-18	16/01/2018	2329	2482	0,3	6,2
ITP-PM-055-18	19/01/2018	2332	2508	0,9	7,0
ITP-PM-055-18	25/01/2018	2336	2492	1,6	6,2
ITP-PM-055-18	26/01/2018	2313	2491	1,8	7,1
ITP-PM-055-18	27/01/2018	2311	2500	1,9	7,6
ITP-PM-055-18	31/01/2018	2345	2502	1,7	6,3
ITP-PM-055-18	27/01/2018	2321	2500	1,5	7,2
IPT-PM-129-18	02/03/2018	2377	2494	1,8	4,7
IPT-PM-129-18	02/03/2018	2414	2494	1,3	3,2
IPT-PM-129-18	06/03/2018	2354	2482	1,3	5,1
IPT-PM-129-18	06/03/2018	2379	2482	1,8	4,2
IPT-PM-129-18	07/03/2018	2356	2485	1,5	5,2
IPT-PM-129-18	09/03/2018	2321	2487	1,6	6,7
IPT-PM-129-18	09/03/2018	2338	2487	0,9	6,0
IPT-PM-129-18	09/03/2018	2328	2487	1,6	6,4
IPT-PM-129-18	10/03/2018	2402	2487	1,8	3,4
IPT-PM-129-18	10/03/2018	2353	2487	1,5	5,4
Promedio (\bar{x})		2338,31	2493	1,24	6,16
Desviación estándar (S)		26,05	10,89	0,50	1,11
Categoría					I
Número total de valores (n)					32
Límite superior del parámetro de especificación (LSPE)					8
Límite inferior del parámetro de especificación (LIPE)					3
Índice de calidad superior (ICS)					1,657
Índice de calidad inferior (ICI)					2,844
Porcentaje de incumplimiento fuera (superior) del límite (PIS)					5%
Porcentaje de incumplimiento fuera (inferior) del límite (PII)					0%
Nivel de incumplimiento (NI)					6%
Valor máximo permitido fuera de límites					31%



Tabla 20. Resultados del porcentaje de vacíos de especímenes extraídos en sitio por la Verificación.

Informe	Fecha de muestreo	Gbs	G _{max} teórica	Absorción (%)	Vacíos (%)
Límite superior					8
Límite inferior					3
18-PQM-0029-1231	20/01/2018	2,414	2,495	0,5	3,3
18-PQM-0029-1231	20/01/2018	2,413	2,488	0,5	3,0
18-PQM-0029-1231	20/01/2018	2,355	2,492	1,1	5,5
18-PQM-0029-1231	20/01/2018	2,415	2,512	0,8	3,9
18-PQM-0088-1231	24/02/2018	2,389	2,487	0,6	3,9
18-PQM-0088-1231	24/02/2018	2,390	2,505	0,5	4,6
18-PQM-0088-1231	24/02/2018	2,333	2,513	1,0	7,2
18-PQM-0088-1231	24/02/2018	2,294	2,506	1,2	8,5
18-PQM-0088-1231	24/02/2018	2,364	2,513	0,9	5,9
18-PQM-0096-1231	02/03/2018	2,335	2,485	1,1	6,1
18-PQM-0096-1231	02/03/2018	2,258	2,464	1,9	8,3
18-PQM-0096-1231	02/03/2018	2,349	2,472	0,5	5,0
18-PQM-0096-1231	02/03/2018	2,368	2,476	0,4	4,4
18-PQM-0096-1231	02/03/2018	2,342	2,479	0,4	5,5
18-PQM-0096-1231	02/03/2018	2,334	2,463	0,5	5,2
18-PQM-0096-1231	02/03/2018	2,384	2,475	0,2	3,7
18-PQM-0096-1231	02/03/2018	2,316	2,463	0,6	6,0
Promedio (\bar{x})		2,356	2,488	0,75	5,29
Desviación estándar (S)		0,04	0,02	0,42	1,61
Categoría					I
Número total de valores (n)					17
Límite superior del parámetro de especificación (LSPE)					8
Límite inferior del parámetro de especificación (LIPE)					3
Índice de calidad superior (ICS)					1,678
Índice de calidad inferior (ICI)					1,423
Porcentaje de incumplimiento fuera (superior) del límite (PIS)					6%
Porcentaje de incumplimiento fuera (inferior) del límite (PII)					9%
Nivel de incumplimiento (NI)					14%
Valor máximo permitido fuera de límites					36%

Nota: Los valores resaltados en rojo indican incumplimiento a las especificaciones



Tabla 21. Resultados del porcentaje de vacíos de especímenes extraídos en sitio por el LanammeUCR.

Informe	Fecha de muestreo	Gbs	G _{max} teórica	Absorción (%)	Vacíos (%)
Límite superior					8
Límite inferior					3
I-0832-18	12/03/2018	2,364	2,444	0,7	3,3
I-0832-18	12/03/2018	2,355	2,444	0,6	3,7
I-0832-18	12/03/2018	2,254	2,444	3,4	7,8
I-0832-18	12/03/2018	2,269	2,444	2,8	7,2
I-0832-18	12/03/2018	2,366	2,444	2,0	3,2
I-0832-18	12/03/2018	2,331	2,444	2,5	4,6
I-0832-18	12/03/2018	2,387	2,444	1,1	2,3
I-0832-18	12/03/2018	2,386	2,444	1,2	2,4
I-0832-18	12/03/2018	2,339	2,444	1,2	4,3
I-0832-18	12/03/2018	2,433	2,444	0,4	0,5
I-0832-18	12/03/2018	2,378	2,444	0,4	2,7
I-0832-18	12/03/2018	2,398	2,444	0,4	1,9
I-0840-18	02/05/2018	2,277	2,444	2,3	6,9
I-0840-18	02/05/2018	2,300	2,444	1,7	5,9
I-0840-18	02/05/2018	2,430	2,444	0,5	0,6
I-0840-18	02/05/2018	2,426	2,444	1,4	0,8
I-0840-18	02/05/2018	2,334	2,444	0,6	4,5
I-0840-18	02/05/2018	2,179	2,444	4,6	10,8
I-0840-18	02/05/2018	2,327	2,444	1,0	4,8
I-0840-18	02/05/2018	2,323	2,444	1,1	5,0
I-0840-18	02/05/2018	2,394	2,444	0,6	2,0
I-0840-18	02/05/2018	2,411	2,444	0,3	1,3
Promedio (\bar{X})		2,35	2	1,40	3,92
Desviación estándar (S)		0,06	0,00	1,14	2,61
Categoría					I
Número total de valores (n)					22
Límite superior del parámetro de especificación (LSPE)					8
Límite inferior del parámetro de especificación (LIPE)					3
Índice de calidad superior (ICS)					1,560
Índice de calidad inferior (ICI)					0,353
Porcentaje de incumplimiento fuera (superior) del límite (PIS)					7%
Porcentaje de incumplimiento fuera (inferior) del límite (PII)					36%
Nivel de incumplimiento (NI)					43%
Valor máximo permitido fuera de límites					34%

Los valores resaltados en rojo indican incumplimiento a las especificaciones



- ***Sobre la calidad de la capa de subbase granular utilizada en la estructura de pavimento***

El control de calidad para este material lo llevo a cabo el laboratorio de Autocontrol, únicamente. Existe confusión en cuanto a las especificaciones que rigen sobre la granulometría de la subbase utilizada, debido a que en los documentos contractuales se establece que se debe utilizar una subbase graduación D, cuya granulometría no está definida en el CR-2010 y no hay una especificación especial que establezca estos límites. Para este análisis se utilizaron los límites empleados por el Autocontrol en el informe 1272-2015 de LGC, que coincide con los requerimientos de granulometría para una base C según la sección 703.05 del CR-2010.

En la Tabla 22, se muestran los resultados de los ensayos realizados a la subbase granular empleada en el proyecto con el fin de comprobar su calidad. En dicha tabla, es posible observar que la subbase tiene una plasticidad adecuada y el porcentaje de caras fracturadas promedio se encuentra por encima del límite establecido, además, no se obtuvo ningún incumplimiento a las especificaciones establecidas en estos parámetros. Sin embargo, la granulometría de las muestras ensayadas refleja que la subbase empleada tiende a incumplir el límite inferior de la malla N°4, inclusive, el nivel de incumplimiento en esta malla es tal que supera el valor máximo permitido para la aceptación de este material.

Tabla 22. Resultados de los ensayos realizados a las muestras de subbase granular ensayadas por el Autocontrol.

Información General		Granulometría						Plasticidad		Caras fracturadas
Informe	Fecha de muestreo	50,8 mm (2")	25,4 mm (1")	19mm (3/4")	4,75 mm (N° 4)	0,43 mm (N° 40)	75 µm (N° 200)	LL	IP	
Límite Inferior		100	80	64	40	10	4	-	4	50
Límite Superior		100	100	94	69	25	7	35	10	-
1272-2015	20/08/2015	100	84	77	43	14	4,1	NP	NP	60,4
1272-2015	20/08/2015	100	81	72	41	14	4,7	NP	NP	60,2
1272-2015	20/08/2015	100	88	71	43	17	4,4	NP	NP	65,2
1272-2015	20/08/2015	100	93	85	47	15	5,4	NP	NP	75,7
1272-2015	20/08/2015	100	89	76	36	17	5,1	NP	NP	78,7
1272-2015	20/08/2015	100	87	75	36	14	4,1	NP	NP	79,2
1272-2015	20/08/2015	100	85	69	38	12	4,6	NP	NP	69,3
1272-2015	20/08/2015	100	88	76	38	12	4,6	NP	NP	77,1
1272-2015	20/08/2015	100	90	72	44	17	4,9	NP	NP	61,5

Informe LM-PI-AT-119-18	Fecha de emisión: Diciembre 2018	Página 56 de 115
-------------------------	----------------------------------	------------------



Información General		Granulometría						Plasticidad		Caras fracturadas
Informe	Fecha de muestreo	50,8 mm (2")	25,4 mm (1")	19mm (3/4")	4,75 mm (N° 4)	0,43 mm (N° 40)	75 µm (N° 200)	LL	IP	
Límite Inferior		100	80	64	40	10	4	-	4	50
Límite Superior		100	100	94	69	25	7	35	10	-
1272-2015	20/08/2015	100	82	73	42	18	3,2	NP	NP	60,2
1272-2015	20/08/2015	100	82	71	40	15	4,9	NP	NP	63,0
1272-2015	20/08/2015	100	89	74	45	15	4,5	NP	NP	59,0
1272-2015	20/08/2015	100	84	73	40	13	5,0	NP	NP	57,2
1272-2015	20/08/2015	100	86	74	38	16	4,0	NP	NP	59,4
1272-2015	20/08/2015	100	85	76	41	14	4,9	NP	NP	55,0
1272-2015	20/08/2015	100	90	79	42	16	5,0	NP	NP	79,1
1272-2015	20/08/2015	100	91	80	41	18	3,9	NP	NP	74,7
1272-2015	20/08/2015	100	88	80	37	14	5,6	NP	NP	79,7
1272-2015	20/08/2015	100	88	79	42	13	4,1	NP	NP	78,3
1272-2015	20/08/2015	100	91	78	41	18	4,4	NP	NP	76,0
1272-2015	20/08/2015	100	90	79	40	15	5,9	NP	NP	77,7
Promedio (\bar{x})		100,0	87,2	75,7	40,7	15,1	4,6			68,9
Desviación estándar (S)		0,00	3,31	3,88	2,88	1,89	0,62			9,03
Categoría			II	II	I	II	I			
Número total de valores (n)			21	21	21	21	21			
Límite superior del parámetro de especificación (LSPE)			100	94	69	25	7			
Límite inferior del parámetro de especificación (LIPE)			80	64	40	10	4			
Índice de calidad superior (ICS)			3,87	4,73	9,81	5,23	3,79			
Índice de calidad inferior (ICI)			2,2	3,0	0,2	2,7	1,0			
Porcentaje de incumplimiento fuera (superior) del límite (PIS)			0%	0%	0%	0%	0%			
Porcentaje de incumplimiento fuera (inferior) del límite (PII)			2%	0%	40%	0%	16%			
Nivel de incumplimiento (NI)			2%	0%	40%	0%	16%			
Valor máximo permitido fuera de límites			39%	39%	34%	39%	34%			

Los valores resaltados en rojo indican incumplimiento a las especificaciones



- ***Sobre la calidad de la capa de base granular utilizada en la estructura de pavimento***

Para la base granular sólo se cuentan con los resultados de tres muestras ensayadas por el Autocontrol y cuatro ensayadas por el LanammeUCR, lo cual es insuficiente para realizar el análisis estadístico descrito en la sección 107.05 del CR-2010 (mínimo 5 muestras). Nuevamente, existe confusión en cuanto a las especificaciones que rigen sobre la granulometría de la base utilizada, debido a que en los documentos contractuales se establece que se debe utilizar una base graduación B, cuya granulometría no está definida en el CR-2010 y no hay una especificación especial que establezca estos límites. Para este análisis se utilizaron los límites empleados por el Autocontrol en el informe ITP-PM-055-18 de ITP, que según se indica en este informe pertenecen a las especificaciones especiales MOPT-BID.

En Tabla 23, se muestran los resultados granulométricos obtenidos por el Autocontrol para el material granular empleado como base en el proyecto. En dicha tabla, se puede observar un incumplimiento en la malla 3/4". Por su parte, los resultados obtenidos por el LanammeUCR, no muestran ningún incumplimiento en ninguna de las mallas analizadas (ver Tabla 24).

En la Tabla 25, se muestran el restante de ensayos realizados por el Autocontrol para comprobar la calidad del material de base empleado en el proyecto. Como se puede observar en esta tabla, no se observa ningún incumplimiento en ninguno de estos parámetros. En contra parte, dos de las muestras ensayadas por el LanammeUCR no tienen el CBR necesario para que el material granular pueda ser empleado como material de base (ver Tabla 26).

Tabla 23. Resultados de los ensayos granulométricos realizados a las muestras de base granular ensayadas por el Autocontrol.

Información General		Granulometría					
Informe	Fecha de muestreo	63,5 mm (2 1/2")	38,7 mm (1 1/2")	19 mm (3/4")	4,74 mm (N° 4)	0,43 mm (N° 40)	75 µm (N° 200)
Límite Inferior		100	90	55	30	10	2
Límite Superior		100	100	85	50	25	9
0534-2015	13/04/2015	100	100	87	43	13	5,5
ITP-PM-129-18	09/03/2018	100	100	58	38	16	4,5
ITP-PM-055-18	(-)	100	100	58	37	15	4,3

Notas: Los valores resaltados en rojo indican incumplimiento a las especificaciones

(-): No se reporta en el informe

Fuente: CONAVI

Informe LM-PI-AT-119-18	Fecha de emisión: Diciembre 2018	Página 58 de 115
-------------------------	----------------------------------	------------------



Tabla 24. Resultados de los ensayos granulométricos realizados a las muestras de base granular ensayadas por el LanammeUCR.

Información General		Granulometría					
Informe	Fecha de muestreo	63,5 mm (2 1/2")	38,7 mm (1 1/2")	19 mm (3/4")	4,74 mm (N° 4)	0,43 mm (N° 40)	75 µm (N° 200)
Límite Inferior		100	90	55	30	10	2
Límite Superior		100	100	85	50	25	9
I-0530-17	24/04/2017	100	100	69,4	34,6	14,5	6,1
I-0517-17	24/04/2017	100	100	80,3	31,1	13,9	5,5
I-0534-17	04/05/2017	100	100	71,9	40	12,3	3,8
I-0610-17	25/05/2017	100	100	75	42	15	6

Fuente: LanammeUCR

Tabla 25. Resultados de los ensayos de medición y aceptación realizados a las muestras de base granular ensayadas por el Autocontrol.

Información General		Plasticidad		Abrasión	Índice durabilidad		Caras fracturadas	CBR	
Informe	Fecha de muestreo	LL	IP	Máquina Los Ángeles	Finos	Gruesos		0,1"	0,2"
Límite Inferior		-	-	-	35	35	50	80	80
Límite Superior		25	4	50	-	-	-	-	-
0534-2015	13/04/2015	NP	NP	19,7	49	52	72	78	96
ITP-PM-129-18	09/03/2018	NP	NP	19,4	74	74	86	90	92
ITP-PM-055-18	-	NP	NP	19,4	74	74	86	88	90

-: No se reporta en el informe

Fuente: CONAVI

Tabla 26. Resultados de los ensayos de medición y aceptación realizados a las muestras de base granular ensayadas por el LanammeUCR.

Información General		Plasticidad		Caras fracturadas	CBR	
Informe	Fecha de muestreo	LL	IP		0,1"	0,2"
Límite Inferior		-	-	50	80	80
Límite Superior		25	4	-	-	-
I-0530-17	24/04/2017	19	3	57,4	57,4	75
I-0534-17	04/05/2017	NP	NP	65,2	36,1	55,7
I-0610-17	25/05/2017	17	4	68	77,7	101,2

Los valores resaltados en rojo indican incumplimiento a las especificaciones

Fuente: LanammeUCR



SOBRE LOS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

Hallazgo No. 4. Durante la fase constructiva del proyecto se realizaron modificaciones en los tipos de alcantarilla del proyecto sin que se evidencie la existencia de un estudio hidrológico e hidráulico del diseño del sistema de drenaje del proyecto.

Al iniciar el proceso de auditoría técnica del proyecto en el oficio GCTI-29-15-0441 (0590), de fecha 28 de abril de 2015 (recibido el 22-04-2015), de la Ingeniería de Proyecto de esa época, remitido ante la consulta realizada por esta Auditoría Técnica mediante el oficio LM-AT-055-15, de fecha 7 de abril de 2015, se declara lo siguiente sobre los estudios básicos del proyecto:

“ 1. [...]”

11. Estudios preliminares. **Se están buscando por parte del suscrito desde que me han asignado este Proyecto, sin embargo no se han podido obtener, en este caso le recomiendo a usted que los solicite a las gerencias que corresponden [...]**”
(lo resaltado no es del original)

Por medio del oficio LM-AT-134-15 del 21 de octubre de 2015 (recibido el 22-10-2015) dirigido a la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes, encargada de realizar los estudios básicos, diseños y cartel del proyecto, se solicitaron los estudios hidrológicos e hidráulicos sobre el sistema de drenaje del proyecto (diseño de alcantarillas). La respuesta fue remitida mediante el oficio DVP 38-15-0628 del 3 de noviembre de 2015 (recibido 05-11-2015), donde se indica lo siguiente:

“1. [...]”

2. Con lo relacionado a los **estudios hidrológico e hidráulicos del sistema de drenaje del proyecto (diseño de alcantarillas), no se logró recopilar lo solicitado, lo anterior debido a que la persona encargada de este proyecto y que realizó dichos diseños, ya no trabaja en este Consejo. Sin embargo, se está tratando de ubicar el respaldo realizado por la ingeniera al momento de finiquitar labores, en cuyo caso se estaría remitiendo la información requerida. [...]**” (lo resaltado no es del original)

Durante las visitas realizadas al proyecto por parte del equipo auditor se observó el proceso constructivo de las alcantarillas del proyecto. Según los planos aprobados del proyecto en la lámina 9/50 se indica que en las estaciones 0+000 y 3+825, las alcantarillas son de cuadro doble de altura (H) de 1,22 m por ancho (A) de 2,44 m y H= 1,52 m por A= 1,83 m, respectivamente. No obstante, se observó en esas estaciones la construcción de alcantarillas de tubo, como se muestra en las Fotografía 7 y 8, por lo que se les solicitó a



los encargados del proyecto el envío de la justificación técnica de dicho cambio incluyendo los estudios hidrológicos que respaldan las estructuras de drenaje del proyecto.



Fotografía 7. Alcantarilla doble de tubo colocada en 0+000.

Fecha de la fotografía 14-02-2018. Fuente: LanammeUCR



Fotografía 8. Alcantarillas de tubo colocadas en la estación 3+825.

Fecha de la fotografía 08-02-2015. Fuente: LanammeUCR



Adicionalmente, al revisar la bitácora del proyecto (serie EG002905, folios de 1 a 48) se evidencia una serie de cambios en los diámetros indicados en la lámina 9/50 de los planos aprobados del proyecto, según se muestra en la Tabla 27. Se evidencian cambios en el diámetro de las alcantarillas del proyecto, así como las características de la alcantarilla por construir en la estación 3+825.

Tabla 27. Alcantarillas a construir en el proyecto según los planos y bitácora del proyecto.

Alcantarilla	Según Bitácora EG0002905			Según los planos del proyecto (lámina 9/50)		Conclusión del auditor
	Geometría	Longitud (m)	Ubicación	Geometría	Longitud (m)	
1 (a estudiar)	Cuadro 2x1,22x2,44	22	0+000	Alcantarilla de cuadro doble H=1,22m x A=2,44m (*)	22	En bitácora no se indican cambios, en campo se observa una alcantarilla de tubo doble.
8 (a construir)	Cuadro doble 1,52x1,83 m	15 m	3+825	Alcantarilla de cuadro doble H=1,52 m x A=1,83 m	8,40	En bitácora indica que se mantiene igual, en campo se observan alcantarillas de tubo.

Fuente: CONAVI

La justificación de este cambio fue consultada a la Administración mediante el oficio LM-AT-55-18 del 10 de abril de 2018 (recibido 12-04-2018), donde se menciona lo siguiente:

“ 1. (...)

3. Sobre los cambios en los tipos de alcantarillas indicados en los planos del proyecto:

Con relación a la alcantarilla ubicada en la estación 0+000, las razones del cambio se justifican primordialmente en que **se requería realizar un paso de agua que fuese rápido de construir, que no restringiera el ancho de la intersección al momento de construir dicha estructura, además es criterio del suscrito que la funcionalidad de esta alcantarilla está directamente relacionada con la secuencia del flujo de agua de una lado de la vía al otro en el caso de que se**



produzca una inundación y no como un paso de agua normal, razón por la cual se decidió realizar la alcantarilla construida a la fecha.

Con respecto a la alcantarilla ubicada en la estación 3+850, por parte de la presente ingeniería se está revisando los documentos que ampararon el cambio realizado, debido a que la decisión de realizar dicho cambio no fue en el periodo de la presente ingeniería. (...) (lo resaltado no es del original)

El Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos Carreteras y Puentes (CR-2010) establece en la sección 104.14 Cambios en los planos o en el carácter de la obra, lo siguiente:

“La Administración podrá en cualquier momento, hacer cambios dentro del alcance general del contrato, mediante Órdenes de Servicio o de Modificación, según lo permita la legislación vigente y que puedan relacionarse con:

**Especificaciones, incluyendo esquemas, dibujos y diseños.
Métodos constructivos para ejecutar la obra [...]**

Cualquier otra orden escrita o verbal (que pueda ser una indicación, una instrucción, una interpretación, o una disposición de parte de la Administración) podrá ser tratada como una Orden de Modificación o de Servicio, siempre que el Contratista obtenga por escrito la confirmación de esa Orden indicando la fecha, detalles y origen.

Excepto que se haya procedido en la forma indicada en los puntos a) y b) anteriores, ninguna orden, manifestación o forma de proceder por parte de los funcionarios de la Administración, será tomada como Orden de Modificación de Obra o de Servicio y, por lo tanto, el Contratista no podrá presentar ningún reclamo posterior.” (lo resaltado no es del original)

De lo especificado por el CR-2010 en su sección 104.14, se desprende que los cambios indicados en las estructuras de drenaje solicitadas por los planos deben estar sustentados por un acto administrativo que los justifique (orden de modificación o servicio) donde se declaren las razones que dan pie al cambio en las condiciones originales.

Así las cosas, se procedió a revisar las órdenes de modificación y servicio del proyecto para evidenciar cambios en los ítems relacionados con las alcantarillas de cuadro:

- 552.01(a) Concreto estructural clase A (incluye alcantarillas de cuadro, aletones, losa de protección, delantal y dissipadores de energía)



- 554.01 Acero de refuerzo (Incluye alcantarillas de cuadro, aletones y losa de protección)

De la revisión de las órdenes de modificación no se evidencia la justificación técnica para el cambio realizado en la geometría de las alcantarillas, solo es posible determinar los movimientos de recursos entre estos ítems.

El Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas para la Infraestructura Vial en Centroamérica (SIECA, 2016) menciona en el apartado 5.2.2.1 Alcantarillas lo siguiente:

“a) [...]

b) Tipo y sección

[...]

*Es importante instalar alcantarillas permanentes con un **tamaño lo suficientemente grande** como para desalojar las **avenidas de diseño más los escombros** que se puedan anticipar.*

*En los puntos **en donde es necesario la construcción de varias alcantarillas en paralelo (baterías de tubos)** se recomienda que se opte por una estructura tipo **cajón de un solo claro, debido a que al existir discontinuidad en el claro, hay más probabilidades de obstrucción en la entrada de las alcantarillas [...]**” (lo resaltado no es del original)*

Existe un riesgo potencial con respecto a la capacidad hidráulica de las alcantarillas, los caudales de diseño y la inversión realizada al ejecutar cambios en algunos tipos de alcantarilla indicados en los planos sin tomar en cuenta el estudio hidrológico e hidráulico del proyecto. En el estudio hidrológico e hidráulico tiene por finalidad el análisis del régimen de precipitaciones y del resto de características hidrológicas de la zona objeto del proyecto y las cuencas afectadas, con el fin de poder determinar los caudales generados por éstas y dimensionar correctamente las obras de drenaje necesarias. (Sieca, 2016)

Luego de la presentación oral del informe por parte del equipo auditor y de analizado el descargo de remitido por la Administración, no se pudo evidenciar la existencia del estudio hidrológico-hidráulico del proyecto ya que éste no se ubica dentro de la documentación adjunta al oficio GCTI-22-18-1085 del 14 de noviembre de 2018.



Hallazgo No. 5. La capa final de base granular estuvo expuesta al tráfico y la intemperie un tiempo prolongado, ocasionándole deterioros superficiales y la pérdida de la inversión realizada en emulsión asfáltica para riego de imprimación y material de secado en los tramos imprimados.

En las visitas realizadas por la Unidad de Auditoría Técnica al proyecto durante la ejecución de las actividades de colocación de base granular y capa asfáltica de ruedo, se evidenció que la capa de base granular permaneció expuesta al tráfico y la lluvia durante varios meses. Esta condición ocasionó la aparición de deterioros en la capa final de base granular, tanto en los tramos imprimados como en los que aún no se había aplicado este tratamiento. Se reconformó la capa de base granular con la consecuente pérdida de la inversión realizada en el riego de imprimación y el material de secado.

En el oficio LM-AT-79-17 del 16 de junio de 2017 (recibido el 19-06-2017) se comunica a la Administración las observaciones sobre el estado de la base granular colocada en el proyecto. En el oficio se indica que la capa de base granular presenta deterioros como baches, deformaciones transversales y longitudinales junto con segregación de material grueso a un lado de la calzada. En la Fotografía 9 del 9 de junio de 2017, se muestran los deterioros encontrados.



Fotografía 9. Deterioros en la base en la estación 1+850.

Fecha: 9-06-2017. Fuente: LanammeUCR



Por medio del oficio GCTI-22-17-0741 del 17 de julio de 2017, la ingeniería de proyecto aclaró que lo evidenciado en la Fotografía 9 corresponde a la colocación de una capa de nivel intermedio de material granular y no a la capa final a nivel de base terminada. Adicionalmente, afirmó que los deterioros son normales para las condiciones ambientales y el paso continuo de tránsito y que esos deterioros fueron corregidos por el contratista al colocar la capa granular final junto con las provisiones para la protección de la base por medio de la aplicación de la capa de imprimación a lo largo del proyecto.

El riego de imprimación cumple una función muy importante dentro del proceso constructivo de la estructura para unir las capas de base y ruedo junto con evitar el ingreso de agua al material granular una vez que fue conformado y compactado en su espesor de capa terminada. Según el cartel de licitación del proyecto (2014LN-000005-0DI00), el proyecto debe ejecutarse conforme el Manual de Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes de Costa Rica (MC-2002) donde se establece en la sección 10.10 Capa de Imprimación:

*“[...] el **tratamiento de imprimación** consiste en aplicar un material bituminoso líquido y de baja viscosidad, directamente encima de la superficie de una base sobre la cual se colocará posteriormente una capa de rodamiento. **Su finalidad es que estabilice, ligue e impermeabilice la parte superior de la base**, y proporcione un estado de la superficie que haga que **la capa de rodamiento se adhiera a ella [...]**”*

*El material bituminoso se aplica con distribuidor, y **se deja que penetre y seque antes de permitir el tránsito sobre la superficie de la calzada [...]***

Cuando el material de imprimación se ha endurecido o ha penetrado en grado tal que no se desprenderá, generalmente está a punto para que reciba el recubrimiento bituminoso superficial.” (Lo resaltado no es del texto original).

En la Fotografía 10 se muestra un tramo imprimado en la estación 5+700 donde se observan deterioros de la capa de base granular como ondulaciones y baches. En la Fotografía 11, se observa una fotografía de la estación 4+000, tomada el 02 de noviembre de 2017 donde se evidencia la ausencia del riego de imprimación y los deterioros causados por el flujo de agua sobre la capa de base granular, en este caso en particular por el desnivel que se observa entre la superficie de la base y el borde la cuneta.



Fotografía 10. Tramo imprimado con deterioros superficiales. Estación 5+700.
Fecha de la fotografía 20-07-2017. Fuente: LanammeUCR.



Fotografía 11. Deterioros en la base granular. Estación 4+000.
Fecha de la fotografía: 02-11-2017. Fuente: LanammeUCR.



En la Fotografía 12, se muestra un tramo en la estación 2+710 donde se aprecia el riego de imprimación colocado y material de secado suelto como consecuencia de la falta de barrido. Un año después, durante la gira del 14 de marzo de 2018 se observó en esta misma estación la reconfiguración de la superficie de la base granular y la colocación de material adicional sobre la base granular, lo que consecuentemente evidencia la pérdida de la imprimación colocada previamente. Durante el mes de abril se realizó una nueva visita, donde fue posible observar en esta estación la capa de rueda de mezcla asfáltica colocada y exudación de asfalto en la superficie como se muestra en la Fotografía 13.



(a)



(b)

Fotografía 12. Tramo imprimado y posteriormente reconfigurado. Estación 2+710.

Fecha de la fotografía: 20-07-2017 y 14-03-2018. Fuente: LanammeUCR.



Fotografía 13. Exudación observada en la estación 2+710.

Fecha de la fotografía: 25-04-2018. Fuente: LanammeUCR



Sin embargo, durante las siguientes giras del equipo auditor al proyecto se pudo evidenciar que la capa de riego se colocó directamente sobre la base granular sin imprimir. En la Fotografía 14 se muestra la distribución de “traba” sobre el riego de liga recién colocado sobre la capa granular sin imprimir donde seguidamente se extendió la capa de mezcla asfáltica, en la fotografía también se observan cambios en la coloración del material de base por efecto de la humedad.



Fotografía 14. Colocación de “traba” sobre la base granular sin imprimir. Estación 3+820.
Fecha de la fotografía: 22-02-2018. Fuente: LanammeUCR.

La Fotografía 15 muestra dos tramos ubicados en el primer kilómetro del proyecto, donde se evidencia la capa de base sin imprimir y con deterioros superficiales y acumulación de agua sobre la base granular y al lado de la capa de mezcla asfáltica ya colocada.



Estación 0+000



Estación 0+750

Fotografía 15. Base granular deteriorada a nivel de capa terminada, sin imprimir y con acumulación de agua. Estación 0+000 y 0+750.

Fecha de la fotografía 19-05-2018. Fuente: LanammeUCR.

En la Tabla 28 se muestra el resultado de la revisión de las estimaciones del proyecto, donde se determinó que los siguientes ítems relacionados con la colocación del riego de imprimación:

Tabla 28. Ítems de colocación de riego de imprimación.

Ítem	Monto ejecutado	Saldo	Fecha
CR 411.05 Emulsión asfáltica (Grado CRS-1 Capa de imprimación)	₡17.563.176,28	₡7.137892,12	Julio 2017
CR 413.03 Material de secado	₡4.511.268,84	₡415.917,06	
Total	₡22.074.445,12		

Fuente: CONAVI.

Se evidenció que los renglones de pago citados, se utilizaron hasta la estimación No. 26 que corresponde al periodo del 01 al 31 julio de 2017, por lo que se concluye que los trabajos de colocación del material granular se encontraban finalizados a esa fecha. Sin embargo, durante las giras posteriores realizadas durante el año 2018, se evidenció que la capa de base granular presentaba deterioros superficiales como material suelto, deformaciones, baches y ondulaciones, como fue evidencia en las fotografías anteriores, por lo que se concluye que la inversión realizada no fue efectiva.



Según se evidencia de las visitas del equipo auditor al proyecto y las estimaciones de pago (específicamente la Estimación No. 30 del mes de diciembre de 2017), las actividades de colocación de mezcla asfáltica iniciaron hasta el mes de diciembre de 2017. En consecuencia, la base granular y el riego colocado estuvieron expuestos al tráfico durante un periodo de 4 meses desde el mes de Julio hasta diciembre de 2017.

Es criterio de esta Auditoría Técnica que no se tomaron las provisiones para la protección de la base granular por medio de la aplicación oportuna del riego de imprimación para evitar el deterioro prematuro y entrada de agua a la capa recién colocada durante el periodo de 4 meses que se mantuvo expuesta al tráfico y la precipitación de la zona.

El cumplimiento del cronograma de trabajo del proyecto, donde se indica que el inicio de la colocación de la capa de ruedo debía darse justo antes de finalizar la colocación de la base granular, no fue efectivo. Esta situación ocasionó la necesidad de colocar y compactar material granular adicional para completar el espesor de diseño y reconfigurar la superficie de la capa, lo que terminó por eliminar la capa de riego de imprimación colocada y la impermeabilización que requiere la base granular, con el consecuente riesgo de generar deformaciones en la capa granular que posteriormente se reflejaría en la capa de rodadura como se puede evidenciar del Índice de Regularidad (IRI) medido durante la ejecución de esta auditoría.

Hallazgo No. 6. Las debilidades de los mecanismos de control del material colocado, pagado y adelantado de la estructura de pavimento, provocaron incertidumbre al cuantificar el espesor del material granular de la estructura de pavimento.

El control de los materiales utilizados para construir las capas de la estructura del pavimento evidenció debilidades en cuanto a la efectividad de los mecanismos implementados para contabilizar el material colocado y pagado por adelantado durante el avance de la obra. Las estimaciones de pago del proyecto evidenciaron el pago y colocación de materiales granulares que, al ser contrastados, por parte de la ingeniería de proyecto de turno, contra el espesor de material equivalente a esas cantidades permitió confirmar que el espesor colocado era menor que el pagado. Esta condición de incertidumbre pudo afectar la capacidad estructural del pavimento y el costo del proyecto en caso de no detectarse a tiempo. En la Figura 12 se muestra un esquema cronológico de los documentos que evidencian los hechos mencionados en este hallazgo.

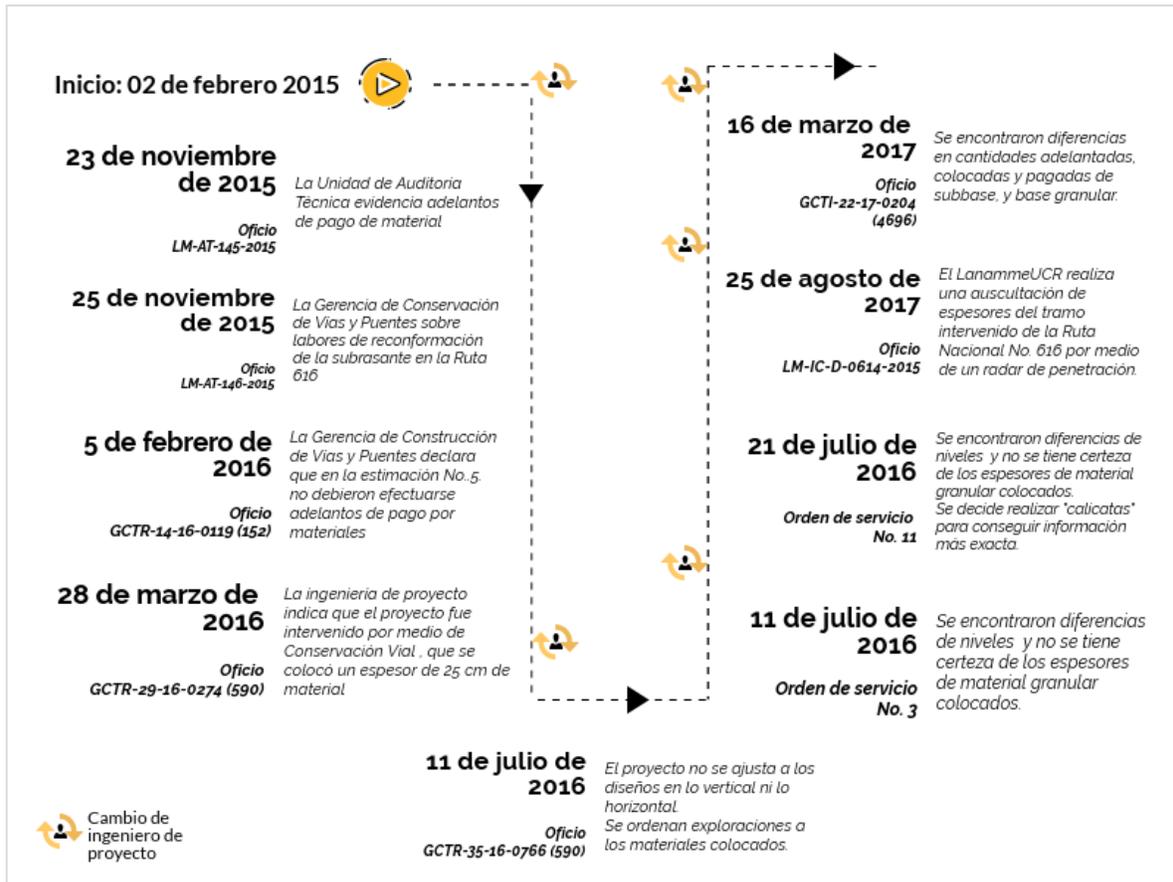


Figura 12. Esquema cronológico de documentos.

Posteriormente, la revisión de los documentos adjuntos a las estimaciones de pago y órdenes de modificación y de servicio permitió evidenciar que la causa probable de las diferencias se encontraba en los adelantos de pago por producción de materiales aprobados por la Administración para los materiales granulares utilizados en la construcción de las diferentes capas de la estructura del pavimento.

La Orden de Servicio No. 3 del proyecto, adjunta al oficio GCTR-35-16-0766 (590) del 11 de julio de 2016, indica la siguiente afirmación de la ingeniería de proyecto:

“Se encontró con que el proyecto no se ajustaba geométricamente a los diseños originales ni en lo horizontal ni en lo vertical, esta situación aunada a las cantidades de material de base y subbase tramitadas mediante Estimaciones de Obra anteriores, haciendo que la Gerencia ordenara y la Ingeniería de Proyecto considerara apropiada, la realización de exploraciones a los materiales colocados en el sitio. Esta labor se soportó mediante la Orden de Servicio No. 11”
(Lo resaltado no es del texto original)

Informe LM-PI-AT-119-18	Fecha de emisión: Diciembre 2018	Página 72 de 115
-------------------------	----------------------------------	------------------



En la Orden de Servicio No. 11, adjunta al oficio GCTR-35-16-0661 (0590) del 21 de julio de 2016, se ordena el pago de horas máquina para realizar las exploraciones del material colocado: *“Pagar Horas Máquina por medio del ítem 110.06 Trabajo a Costo más porcentaje”*. En ese mismo documento se indican las razones para ejecutar dicho acto, entre las cuales destaca la siguiente:

“[...] Por motivo del cambio de ingeniería de proyecto y después de analizar los datos de la topografía de la Gerencia de Contratación y la Gerencia de Construcción, se encontraron diferencias de niveles y, por lo tanto, no se tiene certeza de los espesores de materiales granulares colocados a lo largo del proyecto. Es por lo anterior que esta ingeniería de proyecto decide realizar calicatas, técnica que permite obtener una mejor inspección para conseguir una información más exacta de dichos espesores.

Las calicatas se realizarán cada 100 metros a lo largo de los 6.3 kilómetros que mide el proyecto [...]”

El costo de los trabajos de exploración corresponde a un monto de ₡2.295.966,00 (sin reajuste) que incluye maquinaria de excavación y compactación.

El oficio GCTI-22-17-0204 (4696) del 16 de marzo de 2017 hace referencia a las diferencias encontradas por la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes en cuanto a las cantidades colocadas, adelantadas y pagadas con respecto a los ítems de Subbase de agregados graduación D y Base de agregado graduación B. En este oficio se evidencia una serie de diferencias entre las cantidades de material colocado, adelantado y pagado del ítem CR 301.06 Subbase de agregados, graduación D. En este oficio, la Administración concluye que la cantidad estimada a devolver al CONAVI es de ₡160.846.133,70 sin reajuste (ciento sesenta millones ochocientos cuarenta y seis mil ciento treinta y tres colones con setenta céntimos).

El LanammeUCR realizó una auscultación de los espesores colocados. Los resultados fueron comunicados a la Administración por medio del oficio LM-IC-D-0614-16 del 25 de agosto de 2016 (recibido 29-08-16), y se ubican en el informe de ensayo I-0984-1 realizado el día 28 de julio de este año. Sin embargo, debido a las limitaciones del equipo y las condiciones de humedad de la superficie de ruedo del proyecto el día en que se realizó la prueba, no fue posible obtener conclusiones de los resultados obtenidos.

El oficio GCTR-14-16-0119 (0152) del 05 de febrero de 2016, corresponde a una respuesta parcial extemporánea a los oficios LM-AT-145-2015 de fecha 23 de noviembre de 2015 y LM-AT-15-2016 del 02 de febrero de 2016, donde se realizan una serie de consultas sobre la gestión del contrato y estado de las obras ejecutadas. Los oficios emitidos por la Unidad de

Informe LM-PI-AT-119-18	Fecha de emisión: Diciembre 2018	Página 73 de 115
-------------------------	----------------------------------	------------------



Auditoría Técnica fueron contestados fuera del plazo de respuesta que la Ley establece. Del contenido del oficio citado, se desprende que existen debilidades en cuanto a los controles de pago de obra y materiales del proyecto. La Gerencia de Construcción de Vías y Puentes del CONAVI, declara que el pago aprobado en la Estimación No. 5 del proyecto por concepto del ítem CR.402.01 "Capa de concreto asfáltico preparado en planta central en caliente" por una cantidad de 350,00 m³ (trescientos cincuenta metros cúbicos) que corresponde a un monto de ₡45.749.441,50 (cuarenta y cinco millones setecientos cuarenta y nueve mil cuatrocientos cuarenta y un colones con cincuenta céntimos) pagado por adelantado que no debió efectuarse. Esta actividad no debió ejecutarse puesto que, según el oficio citado, incumplía lo establecido en el punto d, inciso 14.7 del apartado 14 del cartel de Licitación Pública No. 2014LN-000005-0DI00 establece:

"14.7 Los pagos se realizarán de acuerdo al procedimiento usual del CONAVI, que se explica brevemente a continuación:

a. [...]

d. No podrán considerarse dentro de las estimaciones de pago los materiales y equipos que el contratista mantenga en bodega (material en bodega) o en sitio, solamente cuando éstos hayan sido instalados, formen parte de la obra construida y sean aprobados técnicamente, podrán ser incluidos.

e. Las estimaciones de pago deberán ser aprobadas -o reprobadas según corresponda- por la unidad supervisora del contrato, dentro de los 10 (diez) días hábiles posteriores a la entrega por parte del contratista. La unidad supervisora del contrato verificará las liquidaciones (estimaciones de pago) mensuales del contratista y aprobará los montos que deberán pagarse. Asimismo, determinará el valor de los trabajos ejecutados en relación con el valor de las cantidades terminadas de los rubros que constan en el sumario de cantidades.

f. La unidad supervisora del contrato podrá excluir cualquier renglón de pago incluido en las estimaciones de pago o reducir la proporción de cualquier renglón de pago que se ha incluido en éstas, teniendo en cuenta información reciente.

g. De no existir objeciones a las estimaciones de pago, el contratista procederá a la elaboración de la factura de cobro y la presentará a la unidad supervisora del contrato acompañada de las respectivas aprobaciones. Si existen objeciones a las estimaciones de pago presentadas, éstas le serán comunicadas al contratista, quien deberá proceder a corregirlas y presentarlas nuevamente. Los plazos para revisión de las estimaciones de pago por parte de la unidad supervisora, indicados anteriormente, aplican para cada una vez que se soliciten correcciones al contratista (...)" (El resaltado no es del texto original).



Por otro lado, la Unidad de Auditoría Técnica por medio del oficio LM-AT-146-15 de fecha 25 de noviembre (recibido 30-11-2015) dirigido al Ing. Cristian Vargas Calvo en calidad de Gerente de Mantenimiento de Vías y Puentes del CONAVI, realizó una consulta sobre las actividades ejecutadas en el proyecto por esa Gerencia de forma previa a la ejecución de los trabajos solicitados por la Licitación Pública No. 2014LN-000005-0DI00. La respuesta fue remitida en el oficio DRPC74-2015-292 del 9 de diciembre de 2015 (recibido 9-12-2015) Director de la Región Pacífico Central Puntarenas-Quepos. En este oficio se indica que se realizaron actividades bajo el ítem **“CR 303.01 Reacondicionamiento (subrasante)”** y **“CR 608.01 Canal revestido tipo IV”**, para una inversión total sin reajustes de ₡63.668.920,075 (sesenta y tres millones seiscientos sesenta y ocho mil novecientos veinte con cero setenta y cinco céntimos) que fueron ejecutadas según la Contratación Directa No. 3013CD-000136-0DI00 el “Trabajos para la atención de la Ruta Nacional No. 616 (en lastre), sección de control No. 60580 (Finca Managua (R.N. No. 34)-Londres (Cruce Sábalo) de donde se evidencia que los trabajos ejecutados no contemplan la colocación de material adicional en dicha sección de la Ruta Nacional No. 616.

Según el Manual de Especificaciones para la Construcción de Carreteras Caminos y Puentes de Costa Rica (CR-2010), la descripción de la sección 303 “Reacondicionamiento de calzada” apartado 303.04 “Reacondicionamiento de calzada”:

*“Se deben reparar las áreas blandas e inestables [...]. Se debe **remover todo material orgánico**, deletéreo o con un tamaño mayor de 150 mm de los 150 mm superficiales de la subrasante. La disposición de los desechos se debe hacer de acuerdo con la Subsección 204.14. Se debe **escarificar hasta una profundidad de 150 mm**, y remover las irregularidades de la superficie y seguidamente perfilar para proveer una superficie uniforme. Se debe **dar el acabado con una tolerancia de 15 mm para las superficies de tierra y de 30 mm para las superficies de roca con respecto al alineamiento**, sección transversal y pendiente requeridas. La compactación se debe realizar de acuerdo con la Subsección 204.11.”* (Lo resaltado no es del texto original)

Sin embargo, el oficio GCTI-29-16-0274 (0590) del 28 de marzo de 2016 (recibido 30-03-2016) de la Ingeniería de Proyecto de la época, remitido como respuesta al oficio LM-AT-152-15 (fecha 15-12-2018) declara lo siguiente:

“a- [...]

b-Sin embargo, es interés del suscrito exponer en este documento un resumen de las cosas más relevantes cronológicamente hablando de lo que ha sucedido en la Obra:

Informe LM-PI-AT-119-18	Fecha de emisión: Diciembre 2018	Página 75 de 115
-------------------------	----------------------------------	------------------



1. [...]
4. La asociación de Desarrollo local, informa que **se intervino por parte de Conservación Vial con la colocación de material quebrado en un espesor considerable en largo y el ancho del proyecto.**
5. Por lo anterior **se hacen sondeos de espesores en el proyecto y se encuentran que está colocado un espesor de 25 cm de material a lo largo, el que se debe aprovechar.**
6. La ingeniería de proyecto al darse cuenta de que hay una introducción de recursos del Estado en el proyecto y para cumplir con el deber de probidad, **solicita que se evalúen las necesidades del Pavimento actuales, pero incluyendo o valorando esta intervención que hizo CONAVI [...]**

De lo declarado en el oficio anterior no se evidencian los resultados de las exploraciones indicadas por el Ingeniero de Proyecto, por lo que no es posible establecer la existencia, calidad y cantidad de material mencionado en el oficio supracitado.

Sobre este tema en particular el Manual de Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes de Costa Rica (MC-2002) donde se establece en la sección 1.04 Responsabilidades de Ingeniero de Proyecto antes de iniciar la fase constructiva del proyecto:

“A) [...]

D) Replanteo topográfico: El ingeniero de proyecto hará todos los esfuerzos por efectuar los trabajos de replanteo o demarcaciones topográficas con la debida anticipación a las operaciones del Contratista. Especial atención deberá darse a esta labor, para evitar atrasos injustificados en la ejecución de la obra, así como futuros reclamos por demoras o aumento de precios que se deriven de esta circunstancia. Cuando haya necesidad de un cambio en alguna parte del proyecto después de que se haya realizado la demarcación topográfica, el ingeniero comunicará de inmediato, por escrito al Contratista la naturaleza del cambio y también dejará constancia de ello en la bitácora (...)” (Lo resaltado no es del texto original).

Es criterio de esta Auditoría Técnica que no se tomaron las provisiones para el apropiado control del trabajo ejecutado durante la colocación de la capa de material granular (base y subbase) y capa de ruedo, en términos del cubicaje del material colocado y el espesor requerido por el diseño de pavimentos para el posterior pago del material en las estimaciones del proyecto.



La ejecución de “adelantos de pago” (improcedentes de acuerdo con lo establecido en el cartel de licitación del proyecto), la falta de coordinación con la Gerencias de Mantenimiento de Vía y Puentes, y la falta de un procedimiento de exploración de la superficie de ruedo existente en el proyecto generó un riesgo potencial en cuanto a la posibilidad de que los espesores de material granular colocados en el proyecto fueran menores tanto en espesor como en calidad a los solicitados en el diseño estructural de la estructura.

En el descargo presentado por medio del oficio GCTI-22-18-1085 de fecha 14 de noviembre de 2018 de la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, indica el monto adelantado por pago de materiales fue reintegrado a la Administración, por parte del contratista de la obra, por medio de rebajos en las estimaciones de No. 16 a No. 20 por un total de ₡101.848.164,93 (no se indica si incluye reajustes) quedando pendiente un monto de ₡12.942.008,54 (no se indica si incluye reajustes) que será devengado en la estimación No. 35.

Hallazgo No. 7. Se evidenciaron incumplimientos en los requisitos de la planta de producción de mezcla asfáltica en cuanto a la separación entre tolvas, cribas, tanque de almacenamiento de asfalto y documentación del proyecto.

Durante las giras del equipo auditor al proyecto, se visitó la planta de mezcla asfáltica, evidenciando que la producción de mezcla asfáltica se realizó sin total apego al Tomo de Disposiciones Viales para la Construcción y Conservación Vial como lo indica el Cartel de Licitación No. 2014LN-000005-0DI00 "Mejoramiento de la Ruta Nacional No.616, Sección La Managua-Cruce a Villanueva".

En el oficio LM-AT-157-17 del 14 de diciembre de 2017 (recibido el 15 de diciembre de 2017) se informó oportunamente a la Administración sobre las observaciones realizadas por el equipo auditor durante las visitas a la planta de producción de mezcla asfáltica, según se describe a continuación.



- **Separación entre tolvas:**

En la planta se observaron tres tolvas para alimentación de agregado al tambor, una para cada tipo de apilamiento de agregado utilizado en la producción de mezcla, como lo indica la Disposición Vial AM-03-2001. Sin embargo, estas tolvas no cuentan con un elemento o mecanismo de separación que impida la contaminación de los agregados entre tolvas contiguas durante la carga de los agregados, tal como se aprecia en la Fotografía 16. Según la Disposición Vial AM-03-2001 del Tomo de Disposiciones Viales para la Construcción y Conservación Vial, apartado 4.3 Tolvas:

*“Independientemente del tipo de planta de que se trate (pesaje, continua o reciclado) la planta debe estar provista de por lo menos tres tolvas alimentadoras de agregados, **debidamente separadas y provistas de mecanismos de control de dosificación. Deben contar con sistemas de control que eviten la contaminación de un material con otro que se encuentre en la tolva contigua**”.*
(Lo resaltado no es del texto original)

Se evidenció que la planta no cuenta con una criba en las tolvas o antes de la entrada al tambor para evitar que el agregado con sobretamaño ingrese a la fase de mezclado. En la capa de rodadura colocada en el proyecto se observan partículas de agregado con un tamaño mayor a 19 mm, que es el tamaño máximo indicado por el diseño de mezcla (Informe ITP-1132-17 del 8 de noviembre de 2017), ver Fotografía 17.



Fotografía 16. Tolvas de agregado en frío.
Fecha de la fotografía 6-12-2017. Fuente: LanammeUCR



Fotografía 17. Agregado con sobre tamaño identificado en la carpeta de rodadura.

Fecha de la fotografía 19-05-2018. Fuente: LanammeUCR

Esta observación fue objeto de seguimiento durante las siguientes giras realizadas al proyecto por parte del equipo auditor, donde se determinó que no se implementó ninguna acción de mejora, como se evidencia en las Fotografía 18 y 19, de donde se puede concluir que luego de 4 meses de enviadas las observaciones sobre la separación de las tolvas no se implementó ninguna mejora para controlar el riesgo de mezclado de agregados.



(a)



(b)

Fotografía 18. Tolvas sin separación física entre ellas para evitar la mezcla de agregados.

Fecha de la fotografía 14-02-2018. Fuente: LanammeUCR.



(a)



(b)

Fotografía 19. Tolvas sin separación física entre ellas para evitar la mezcla de agregados.

Fecha de la fotografía 22-03-2018. Fuente: LanammeUCR.

- ***Sobre el cumplimiento de los requisitos ambientales de la disposición GA-05-2001.***

Durante la visita, el equipo auditor evaluó el cumplimiento de la gestión ambiental según la Disposición GA-05-2001, que tiene dentro de sus objetivos establecer los controles durante el proceso de producción de mezcla asfáltica de un medio ambiente que cumple con las políticas y legislación vigentes.

Específicamente, sobre los tanques de asfalto, esta disposición establece en su apartado 5.5 y el CR-2010 en la sección 111.02 Campamentos, plantas y manejo de materiales apartado (b) Plantas de producción de materiales, lo siguiente:

*“En los casos de **tanques de almacenamiento**, sean estos **de asfalto**, diesel, aceite, productos combustibles, etc. **se debe construir una barrera perimetral al tanque, que retenga cualquier tipo de derrame. Esta barrera debe tener capacidad, como mínimo, de contener 1,5 veces la capacidad del tanque. Se debe tomar en consideración la instalación de mecanismos de bombeo del material derramado y la posibilidad de un drenaje controlado de cualquier líquido que pueda almacenarse. El personal de mantenimiento debe estar al tanto de fugas menores y corregirlas de inmediato, para evitar contaminación al suelo y subsuelo.**” (Lo resaltado no es del texto original)*

En la Fotografía 20, se observa el sitio de instalación del tanque donde no es posible evidenciar la barrera perimetral para derrames solicitada por la normativa, en la Fotografía 21, se observan derrames de combustible de la planta.

Informe LM-PI-AT-119-18	Fecha de emisión: Diciembre 2018	Página 80 de 115
-------------------------	----------------------------------	------------------



Fotografía 20. Tanques de material combustible sin barrera perimetral
Fecha de la fotografía 6-12-2017. Fuente: LanammeUCR



Fotografía 21. Derrame de combustible cerca de tanques de material combustible sin barrera perimetral
Fecha de la fotografía 6-12-2017. Fuente: LanammeUCR



- ***Sobre el control documental en la planta.***

Durante las visitas no fue posible conocer los datos generales de la producción de mezcla asfáltica, tales como temperatura del asfalto, dosificación de asfalto, proporciones de mezclado de los agregados, humedad de los agregados, temperatura y presión en el tambor mezclador e información de la llama del quemador, como consecuencia de las reparaciones eléctricas que se estaban efectuando en la planta, ya que estos datos solo estaban disponibles electrónicamente en la computadora ubicada dentro de la cabina de control.

Asimismo, el equipo auditor solicitó al personal de la planta la documentación pertinente a las actividades de control metrológico o mantenimiento rutinario del equipo termométrico, medidor de presiones, sistema de pesaje (básculas o celdas de carga) entre otros componentes. No obstante, dicha documentación no se encontraba disponible en la planta y tampoco fue posible observar etiquetas de calibración o de comprobaciones intermedias en los medidores, de modo que evidenciaran los controles de calibración efectuados.

De acuerdo con la disposición general vigente AM-03-2001, apartado 4.2 Cabinas, se debe mantener a disposición de la Administración en la planta lo siguiente:

“Permanentemente la cabina de control de la planta, debe estar disponible a la Administración para que ejerza los actos de verificación que estime convenientes, debiendo existir en la misma la siguiente información:

- ***Última boleta de inspección, emitida por personal designado por la Administración, avalando el correcto funcionamiento de la planta en su conjunto.***
- ***Certificación del tipo de combustible en uso y sus características: temperatura y presión de inyección, según su gráfico de viscosidad y/o las recomendaciones del fabricante. Indicar los parámetros de inyección en uso.***
- ***Fórmula de mezcla para el trabajo que se utiliza en la producción.***
- ***Registro horario de temperatura de mezclado.***
- ***Registro diario de la dosificación de asfalto según el grado de humedad de los agregados.***
- ***Registro diario de la temperatura del cemento asfáltico en el tanque de almacenamiento.***
- ***Certificación de calibración de los elementos sensores de peso, temperatura y flujo (caso de plantas continuas). Los sensores de peso y flujo deben verificarse según la indicación del fabricante y los de temperatura cada semana.***
- ***Un archivo ordenado por fecha donde se deben realizar las anotaciones antes mencionadas.***



- **Todos los documentos deben estar avalados mediante la firma del Ingeniero Responsable y/o el Consultor de Calidad designado por la Empresa para tal efecto.** (Lo resaltado no es del texto original)

Cabe mencionar que los certificados de calibración de los equipos no son sólo un requisito, sino que brindan importante información para que el operador de la planta conozca las desviaciones de medición que pueden tener cada uno de estos equipos, con el fin de asegurar que el proceso productivo se va realizando dentro de las magnitudes y requisitos esperados.

Estas observaciones fueron remitidas a la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes de CONAVI por medio del oficio LM-AT-157-17, recibido el 15 de diciembre de 2017. En este oficio se le solicitó la siguiente información:

1. Certificados de calibración de los componentes de la planta (se recibieron los indicados en la Tabla 29)
2. Certificado de calibración de la balanza para medir la humedad (no se recibió)
3. Informes de calidad de los agregados y de la mezcla asfáltica producida
4. Valores, tablas o gráficas de la comprobación de abertura vs velocidad para la alimentación de los agregados, en las tolvas de alimentación (no se recibieron)
5. Permisos ambientales y municipales de la planta. (no se recibieron)

En el oficio GCTI-22-18-0262 (CARP. 0590) del 2 de abril del 2018, el Ingeniero de Proyecto remite una serie de certificados de calibración como parte de la información solicitada. En la Tabla 29 se muestra un resumen de los documentos enviados. Se observa que la documentación corresponde a certificados de calibración de temperatura de los elementos de una planta de producción de mezcla. La fecha de los certificados es del mes de marzo de 2018. Con respecto a los puntos 4, 5 y sobre las celdas de carga de la planta no se adjuntaron certificados de calibración ni sobre la balanza.

Tabla 29 Certificado de calibración de la planta de mezcla asfáltica.

Identificación del certificado	Fecha de calibración	Observaciones
MC-CC18-03-011H	02 Marzo 2018	Temperatura de Termocupla
MC-CC18-03-012H	02 Marzo 2018	Temperatura de gases
MC-CC18-03-013H	02 Marzo 2018	Temperatura del asfalto, termocupla.
MC-CC18-03-014H	02 Marzo 2018	Temperatura MAC, Termómetro analógico.
MC-CC18-03-015H	02 Marzo 2018	Sensor de presión

Fuente: CONAVI, oficio GCTI-22-18-0262 (CARP. 0590)



Posteriormente, en la visita del equipo auditor del 22 de febrero de 2018 fue posible ubicar en la planta de producción de mezcla asfáltica los siguientes documentos:

- Diseño de mezcla asfáltica (Informe ITP-1132-17 del 8 de noviembre de 2017).
- Producción de mezcla (Sin número de folio ni firmas, de fechas 12/12/2017 al 21/02/2018, no es posible dar trazabilidad con el destino del proyecto)
- Eventos de la planta
- Consumo de hidrocarburos
- Temperatura del asfalto.
- Dosificación de producción
- Lectura del generador.

Al comparar esta información con respecto a la solicitada por la disposición AM-03-2001, apartado 4.2 Cabinas, no se evidencian los controles de certificación de peso, el registro horario de temperaturas de mezclado ni la firma del profesional responsable. Ver Fotografía 22.

GRUPO OROSI
ISO 9001

Reporte de Producción Diario - Planta Asfáltica Amman Quepos

Producción de mezcla

Detalle	Inicio	Final
Hora de Producción	05:14	10:12
Mezcla despachada	267.470	Toneladas
Desperdicio		Toneladas

Fecha: 21/02/2018

Temperatura del Asfalto

Al arranque	75.5 °C
Al cierre	76.5 °C

Dosificación de producción

Agregado	Formulación %	Humedades %
Cuarta 5/8		
Cuarta	23.67	0.80
Cuarta 7/8	23.67	0.10
PoVo piedra	47.36	1.50
AC-30 dosificado		
Humedad ponderada planta		0.00%

Eventos en planta

Causa	Tiempo perdido (hrs y min)
Quemador y abanico	
Tambor mezclador (drum)	
Conveyor de alimentación al drum	
Tolvas para agregados	
Sist. Elevador y desc.	
Silos para Asfalto	
Baghouse	
Calentador del aceite térmico	
Bomba de asfalto	
Planta Eléctrica	
Compresor para aire	
Paneles de control	
Falta de vagonetas	
Inspector ausente	
Cancelación producción	
Cargador	
Atraso en arranque programado	
Otro	

Consumo de hidrocarburos

Hidrocarburo	Inicio (m)	Final (m)
Asfalto AC-30	64	732
Diésel Principal	48	24
Diésel Caldera	20	13
Diésel Generador	10	74

Muestras en planta

Laboratorio: _____
Nombre Técnico: _____
Firma Técnico: _____

SGE GRUPO OROSI
R. 20/09/17 V.01

Generador

Item	Inicio (hrs)	Final (hrs)
Lectura horímetro		

Tipo de mezcla

9,5 mm 12,5 mm 19 mm

Observaciones o detalles

Se relleno generador con 227 lts Diésel Entramos 02:30 Acer Humedad y Calentar asfalto para producir.

22.02.2018

7F61, Reporte de Producción Diario - Planta Asfáltica Amman Quepos Página 1 de 1

Fotografía 22. Ejemplo de un reporte de producción diario de la Planta del proyecto.

Fecha de la fotografía 22-02-2018. Fuente: LanammeUCR.

Informe LM-PI-AT-119-18	Fecha de emisión: Diciembre 2018	Página 84 de 115
-------------------------	----------------------------------	------------------



En conclusión, durante la producción de mezcla asfáltica no se cumplió con las Disposiciones Viales, específicamente con AM-03-2001 y GA-05-2001. A pesar de la comunicación emitida durante esta Auditoría Técnica no se evidenció la implementación de medidas de corrección por parte de la Administración, sólo fue posible evidenciar la remisión de certificados de calibración de algunos componentes de la planta (elementos de medición de temperatura y presión) de fecha marzo 2018.

11. CONCLUSIONES

A partir de los resultados evidenciados durante la ejecución de la auditoría, se emiten las siguientes conclusiones, con el propósito de aportar elementos técnicos a los procesos de mejora continua:

Sobre el desempeño de la estructura del pavimento.

La evaluación del parámetro contractual de regularidad superficial por medio del valor de IRI (*International Roughness Index*, por sus siglas en inglés) permite concluir que el porcentaje de incumplimiento de este parámetro excede, en ambos carriles, la especificación indicada en el cartel de licitación del proyecto tanto para tramos individuales como para promedios fijos. Las correcciones realizadas en la superficie de ruedo no generaron una mejora significativa en la regularidad superficial del proyecto.

En el análisis de deflexiones del pavimento se evidencia que las capas de material granular se agrupan con mayor frecuencia en la condición “Regular”. Esta condición no es aceptable para un pavimento recién construido. Se concluye del análisis estructural que existe el riesgo potencial de que la durabilidad y el desempeño de la estructura recién colocada sea menor que la esperada en el diseño del pavimento, y que sea necesario realizar actividades de mantenimiento prematuras como consecuencia de una limitada capacidad estructural de la capa de base granular.

La mayoría de los tramos de la ruta presentan una condición de fricción catalogada como “Buena” según el valor de “Grip Number”, por lo que el pavimento presenta una textura poco deslizante y la probabilidad de riesgo de accidente por esta condición es baja. Sin embargo, existen tramos cuya textura del pavimento es deslizante y se compromete el grado de fricción existente entre las llantas del vehículo y la superficie de la calzada, lo cual afecta negativamente la seguridad vial de los usuarios de la vía.

En la capa de ruedo se evidenciaron deterioros en la textura superficial que pueden afectar su durabilidad y desempeño. Estos deterioros están asociados a la calidad de la mezcla

Informe LM-PI-AT-119-18	Fecha de emisión: Diciembre 2018	Página 85 de 115
-------------------------	----------------------------------	------------------



asfáltica, los procedimientos constructivos y las correcciones de regularidad superficial ejecutadas en la capa de ruedo. En el caso particular de las correcciones por incumplimientos de regularidad, pueden alcanzar niveles de severidad medios o altos como consecuencia de la calidad y efectividad de la medida de mitigación aplicada que también deben ser valorados por parte de la Administración, puesto que existe un riesgo potencial en cuanto a que sea requerida la inversión anticipada en actividades de mantenimiento.

Sobre la calidad de los materiales

De acuerdo con la sección 107.05 *Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago (valor del trabajo) del CR-2010*, las mallas 1/2" y 3/8", de los resultados granulométricos obtenidos por la Verificación para la mezcla asfáltica empleada en el proyecto, tienen un nivel de incumplimiento mayor al máximo permitido para la aceptación de esta. Además, se observan incumplimientos en los resultados obtenidos por la Verificación para las mallas N°8, N°16, N°30 y N°50, el parámetro VFA y en el porcentaje de vacíos en campo. Este último parámetro muestra un nivel de incumplimiento mayor al máximo permitido según la sección 107.05 del CR-2010, según los resultados obtenidos por el LanammeUCR.

Por otro lado, el material granular empleado como capa de subbase muestra un nivel de incumplimiento mayor al máximo permitido según la sección 107.05 del CR-2010 para la malla N°4. Dos de las muestras ensayadas por el LanammeUCR para el material empleado como capa de base tienen una capacidad menor a las especificada en el CR-2010 (CBR<80).

Sobre los procedimientos constructivos.

Durante la construcción de las alcantarillas del proyecto se determinaron diferencias con respecto a los tamaños indicados en los planos del proyecto. Existe un riesgo potencial con respecto a la capacidad hidráulica de las alcantarillas, los caudales de diseño y la inversión realizada al ejecutar cambios en algunos tipos de alcantarilla indicados en los planos sin evidencia de que se tomara en cuenta el estudio hidrológico e hidráulico del proyecto. Se pudo evidenciar que, durante la fase constructiva de estas obras, el estudio hidrológico e hidráulico no fue ubicable por parte de las Gerencias de Construcción y Contratación de Vías y Puentes del CONAVI.

Sobre la construcción de la capa de base granular de la estructura de pavimentos, se concluye que no se tomaron las previsiones para la protección de la base granular por medio de la aplicación oportuna del riego de imprimación para evitar el deterioro prematuro, consecuencia de la exposición al tráfico, la precipitación de la zona y entrada de agua a la

Informe LM-PI-AT-119-18	Fecha de emisión: Diciembre 2018	Página 86 de 115
-------------------------	----------------------------------	------------------



capa recién colocada, durante un periodo de 4 meses. Adicionalmente, se concluye que el control del cronograma de trabajo no fue efectivo puesto que el inicio de la colocación de la capa de riego no ocurrió inmediatamente después de que finalizara la colocación de la base granular. Se colocó y compactó material granular adicional para completar el espesor de diseño y reconformar la superficie de la capa, lo que a fin de cuentas eliminó la capa de riego de imprimación colocada con la consecuente pérdida de la inversión realizada.

Durante la producción de mezcla asfáltica no se cumplió con las Disposiciones Viales, específicamente con AM-03-2001 y GA-05-2001. A pesar de la comunicación remitida durante esta Auditoría Técnica no se evidenció la implementación de medidas de corrección por parte de la Administración, solo fue posible evidenciar la remisión de certificados de calibración de algunos componentes de la planta (elementos de medición de temperatura y presión) de fecha marzo 2018. La operación de la planta de producción de mezcla asfáltica bajo estas condiciones afecta negativamente el proceso de producción de mezcla asfáltica y la seguridad de las obras.

La aprobación de adelantos de pago por material, los cuales son improcedentes de acuerdo con lo establecido en el cartel de licitación del proyecto, la ausencia de canales efectivos de coordinación con la Gerencia de Mantenimiento de Vías y Puentes, y la omisión de un procedimiento de exploración de la superficie de riego existente en la vía, antes de iniciar los trabajos de colocación de las nuevas capas de material, ocasionaron un riesgo potencial durante la etapa de colocación de material granular (base y subbase), en cuanto a la posibilidad de que los espesores de material granular fueran menores, tanto en espesor como en calidad, pero mayores en costo con respecto a los solicitados en el diseño estructural de la estructura de pavimento y los requerimientos de la obra. No obstante, avanzados los trabajos de colocación de material, la práctica fue detectada por parte de la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes se implementaron mecanismos cuyo objetivo fue colocar y pagar las cantidades requeridas.



12. RECOMENDACIONES

A continuación, se listan las recomendaciones del informe para que sean consideradas por la Administración, y las Gerencias de Contratación y Construcción de Vías y Puentes, con el propósito de que puedan definirse e implementarse acciones integrales a futuros proyectos de infraestructura vial.

A la Dirección Ejecutiva del CONAVI:

- Establecer un mecanismo a nivel interno de control de proyectos similar a un expediente único en términos de la disponibilidad de los estudios básicos y diseños del proyecto de cada contratación, de forma que las Gerencias encargadas de la obra puedan consultar durante la ejecución de cada una de sus tareas atinentes durante la contratación y ejecución de la obra. Es importante que antes de iniciar el proceso constructivo, se tengan especificaciones y planos constructivos completos y que estén de acuerdo con la normativa nacional y buenas prácticas de la ingeniería, esto en procura de la calidad del proyecto y el resguardo de la inversión pública.

A la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes:

- Monitorear el desempeño del pavimento para detectar la presencia de deterioros prematuros a fin de ejecutar oportunamente actividades de mantenimiento que eviten la aparición de deterioros más severos que afecten funcionalmente el tramo y estos deban ser atendidos por medio de actividades de conservación vial no previstas para esta ruta.
- En el caso de los deterioros prematuros observados durante la ejecución de este informe, se recomienda a la Administración determinar las causas de la aparición de los deterioros prematuros evidenciados en proyecto por medio de la auscultación visual de todo el proyecto de tal forma que las acciones correctivas sean determinadas según los lineamientos de calidad y ejecutadas dentro del periodo de corrección de defectos establecido dentro del cartel de licitación del proyecto.
- En las plantas de producción de mezcla asfáltica de los proyectos de construcción de obra vial debe establecerse un mecanismo efectivo para garantizar el cumplimiento del Tomo de disposiciones para la Construcción y Conservación Vial, como se indica en el cartel de licitación del proyecto. En los proyectos de conservación vial se ha evidenciado por parte de esta Auditoría Técnica que la exigencia es mucho más rigurosa en cuanto al control de los requisitos que debe



cumplir la planta. En todos los proyectos del CONAVI, sin importar su naturaleza deben homogenizarse este requisito con el fin de garantizar la calidad del producto final y la seguridad de la obra.

- La Administración debe lograr el cumplimiento de los procedimientos constructivos de forma tal que se lleven a cabo estrictamente para garantizar la estabilidad de la estructura de pavimento y la inversión realizada. En el caso particular de este proyecto, la impermeabilización de las capas de base es fundamental para alcanzar la durabilidad esperada del pavimento sin que se tenga que realizar intervenciones de mantenimiento en el corto plazo y fuera del periodo de corrección defectos.

A la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes:

- Existe una oportunidad de mejora en cuanto al control de los estudios básicos (hidrológicos, hidráulicos, geotécnicos, etc.) de las contrataciones de proyectos de construcción de obras nuevas, en cuanto a la conformación de un expediente único donde las diferentes entidades encargadas de la ejecución y control de los proyectos tengan acceso a las versiones aprobadas de dichos documentos, en el cuanto sea necesaria su consulta a fin de resolver posibles cambios en las estructuras diseñadas.
- Considerar incluir en los carteles de licitación y las especificaciones una serie de regulaciones sobre la actividad de colocación de riego de liga y la necesidad de brindar el tipo de espera adecuado para que la emulsión asfáltica "rompa" y prohibir el uso de una capa delgada de mezcla asfáltica denominada en la práctica como "traba" o "polveado" dado el efecto negativo que tiene en la consecución de adherencia entre capas del pavimento. Se sugiere como referencia a (Guerrero-Aguilera, PITRA-Lanamme, 2016).



13. REFERENCIAS

- Barrantes Jiménez, R., Sanabria Sandino, J., & Loría Salazar, L. (2013). *Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica Años 2012-2013*. San José: LanammeUCR, Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA).
- Camacho-Garita, E., Leiva-Villacorta, F., Aguiar-Moya, J., & Loria-Salazar, L. (2014). *Proceso constructivo PaveLab (LM-PI-UMP-027-R1)*. Costa Rica: Unidad de Materiales y Pavimentos_Programa de infraestructura del transporte (PITRA)_LanammeUCR.
- Camacho-Garita, E., Puello-Bolaño, R., & Laurent-Matamoros, P. (2018). *Informe LM-PI-UMP-083-R Parámetros de análisis estructural de pavimentos en Costa Rica*. LanammeUCR, PITRA. San José: LanammeUCR.
- Cervantes-Calvo, V., & Salas-Chaves, M. (mayo de 2016). *Causas y Consecuencias de la exhudación, Boletín Técnico No. 7 vol 6 PITRA-LanammeUCR*. Obtenido de http://www.lanamme.ucr.ac.cr/sitio-nuevo/imagenes/boletines/Boletin_PITRA_6_-_2016.pdf
- Guerrero-Aguilera, S. (2015). *Buenas prácticas constructivas en la aplicación de riego de liga para la colocación de sobrecapas asfálticas*. LanammeUCR, PITRA. San José: PITRA.
- Guerrero-Aguilera, S. (5 de Diciembre de 2016). *PITRA-Lanamme*. Obtenido de Lanamme: <http://www.lanamme.ucr.ac.cr/imagenes/productos-PITRA/Publicaciones/especiales>
- Horak, E. (1987). *Aspects of deflection basin parameters used in a mechanistic rehabilitation design procedure for flexible pavements in South Africa (Doctoral dissertation)*. University of Pretoria.
- Horak, E. (2008). Benchmarking the structural condition of flexible pavements with deflection bowl parameters. *Journal of the South African Institution of Civil Engineering*, 50(2), 2-9.
- LanammeUCR. (2008). *Proyecto N° UI-PE-03-08: Variaciones a los rangos para la clasificación estructural de la Red Vial Nacional de Costa Rica*. San Pedro de Montes de Oca: LanammeUCR.
- Loría, L. G., Camacho Garita, E., & Leiva Villacorta, F. (22 de 08 de 2018). *Diagnóstico de ni linealidad de materiales granulares y suelos mediante el uso de técnicas defelctométricas*. Obtenido de LanammeUCR: <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/777/CILA%202015%20-%20DIAGN%c3%93STICO%20DE%20NO%20LINEALIDAD%20DE%20MATERIALES%20GRANULARES%20Y%20SUELOS%20MEDIANTE%20EL%20USO%20DE%20T%c3%89CNICAS%20DEFLECTOM%c3%89TRICAS.pdf?sequenc>
- MOPT. (1977). *Especificaciones Generales para la construcción de Caminos, Carreteras y Puentes*. San José.
- MOPT. (2001). *Tomo de Disposiciones para la Construcción y Conservación Vial*. San José.
- Orozco, E. G. (2007). *Zonificación Climática de Costa Rica para la Gestión de Infraestructura Vial. Proyecto de Graduación - Ingeniería Civil*. San José: Universidad de Costa Rica.



- Saleh F., M. (2015). Multi-Scale Criteria for Structural Capacity Evaluation of Flexible Pavements at Network Level. *In Transportation Research Board 94th Annual Meeting (No. 15-2397)*.
- Saleh F., M. (2016b). A Mechanistic Empirical Approach for the Evaluation of the Structural Capacity and Remaining Service Life of Flexible Pavements at the Network Level. *Canadian Journal of Civil Engineering, 43(8)*, 749-758. doi:10.1139/cjce-2016-0060
- Talvik, O., & Aavik, A. (2009). Use of FWD deflection basin parameters (SCI, BDI, BCI) for pavement condition assessment. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering, 4(4)*, 196-196.

EQUIPO AUDITOR		
<p>Preparado por: Ing. Erick Acosta Hernández Auditor Técnico</p>	<p>Preparado por: Ing. Mauricio Picado Muñoz Auditor Técnico</p>	
<p>Aprobado por: Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc. Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica</p>	<p>Aprobado por: Ing. Guillermo Loría Salazar, Ph.D. Coordinador General PITRA</p>	<p>Visto Bueno de Legalidad: Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal Externo LanammeUCR</p>



ANEXO A. DESCARGO DEL AUDITADO



ORIGINAL

GERENCIA DE CONSTRUCCIÓN DE VÍAS Y
PUENTES
gerencia.construcción@conavi.go.cr

EA, MP

14 de noviembre del 2018.
GCTI-22-18-1085 (CARP. 0590)

Señora
Wendy Sequeira Rojas, MSc
Coordinara Unidad de Auditoria Técnica
PITRA- Lanamme UCR

Universidad de Costa Rica
LANAMME
16 NOV 2018
RECIBIDO
Por: Ana N. S. 17 pm

REFERENCIA: Respuesta al oficio LM-AT-138-18. Licitación Pública No. 2014LN-000005-0DI00, Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 616, sección: La Managua – Cruce a Villanueva.

Estimada señora:

En respuesta al oficio citado en la referencia, le manifestamos lo siguientes aspectos:

A. Aspectos de forma:

- En la página 4 del informe se indique:

"Laboratorios de verificación de calidad:

LGC Ingeniería en Pavimentos (De marzo 2015 a agosto 2015)
OJM Consultores de calidad y Laboratorios S.A, (De marzo 2016 a noviembre 2017)
TP Ingeniería de Pavimentos (De diciembre 2017 en adelante)"

En este punto de debería aclarar que esos laboratorios corresponden al autocontrol del contratista RAASA y no el de verificación.
- En la página 19 de 92, se corta la oración de la siguiente manera y no hay continuidad en la redacción:

Es importante indicar que la Administración, por medio del oficio LM-AT-55-18 (recibido el 12 de abril de 2018), fue alertada oportunamente sobre las condiciones de cumplimiento a la especificación de regularidad superficial en el proyecto entre las estaciones 4+135 y 8+210 en ambos carriles de circulación.

En la

Tabla 2 se muestra un resumen de los resultados obtenidos para ambos carriles construidos en el proyecto, según los datos del Informe de Ensayos 769-18 de fecha 6 de julio de 2018, realizado por el LanammeUCR con los datos de IRT y MBI obtenidos con una frecuencia de

Imagen No.1. Informe del LANAMME pagina 19 de 92.



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





14 de noviembre del 2018.
GCTI-22-18-1085 (CARP. 0590)
Página No 2

- 3. En la página 25 de 92, se corta la oración de la siguiente manera y no hay continuidad en la redacción:

Debido a los resultados observados en el valor de IRI, y las intervenciones evidenciadas en la vía, se realizó una segunda medición de la regularidad del proyecto. Esta medición del se realizó el 27 de agosto de 2018 y sus resultados se muestran en el informe I-1295-18 del LanammeUCR.

En la

Tabla 6 se evidencia, que la regularidad superficial no presenta una mejora significativa con respecto a la primera medición realizada por el ingeniero Otilber Rojas en ambos sentidos.

Imagen No.2. Informe del LANAMME pagina 25 de 92.

- 4. No existe numeración de la página 46 de 92, como se muestra a continuación:

Identificación	IRI	IRI	IRI	IRI	IRI
14-PM-0087-1234	5.68	4.7	14.8	58	1.20
15-PM-0088-1333	5.68	4.2	16.5	75	0.82
16-PM-0089-1111	4.00	4.4	23.0	72	1.85
17-PM-0090-1111	5.00	4.5	16.7	73	1.82
18-PM-0091-1234	5.70	4.2	16.6	71	1.50
19-PM-0092-1111	5.82	4.4	16.8	72.2	1.89
Excepción estándar (E)	0.2	0.4	0.7	0.2	0.15
Carga (C)	0	0	0	0	0
Número total de refletes (N)	29	29	29	29	29
Límite superior del parámetro de especificación (LSE)	5.00	3.0	15.0	75.0	5.3
Límite inferior del parámetro de especificación (LIE)	5.00	3.0	15.0	75.0	5.3
Índice de calidad superior (ICS)	3.1	3.5	3.3	3.3	3.1
Índice de calidad inferior (ICI)	3.1	3.3	3.0	3.1	3.1
Porcentaje incumplimiento fuera (superior) del límite (PIF)	14%	7%	-	11%	9%
Porcentaje incumplimiento fuera (inferior) del límite (PII)	0%	0%	0%	0%	0%
Nivel de incumplimiento (NI)	14%	7%	0%	11%	9%
Valor máximo permitido fuera de límites	30%	15%	0%	15%	15%

Nota: Los valores resaltados en rojo indican incumplimiento a las especificaciones.

Imagen No.3. Informe del LANAMME sin número de página.



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





14 de noviembre del 2018.
GCTI-22-18-1085 (CARP. 0590)
Página No 3

B. Aspectos de fondo:

1. Hallazgo No.1. Valor de Regularidad Internacional (IRI).

En relación al valor de Regularidad Internacional (IRI), hemos de indicarle que pareciera, que su representada no considera o toma en cuenta dentro de su análisis, singularidades productos de afectaciones tales como:

- a) Cables de tendido eléctrico que atraviesan la superficie de rodamiento.
- b) Alcantarillas de cuadro (vados).
- c) Cruce de calles secundarias.
- d) Acceso restringido a urbanización.
- e) Tapas de estructuras de pozos pluviales.
- f) Zonas de Árboles.

Estos elementos a criterio de los suscritos, influyen directamente en el proceso constructivo de colocación de mezcla asfáltica y por ende en los resultados del parámetro del IRI, esto debido a las siguientes razones:

- a) Cables de tendido eléctrico que atraviesan la superficie de rodamiento: En un proceso idóneo de colocación de mezcla asfáltica, la elevación de la góndola de las vagonetas debe mantenerse elevada totalmente para abastecer el finisher de manera continua, lo anterior no fue posible debido a la existencia de pasos de cable de tendido eléctrico en la ruta construida.
- b) Alcantarillas de cuadro: Debido a que el comportamiento de la medición del IRI se ve afectado por el cambio en la rigidez de la estructura de pavimento, al momento de hacer la transición entre una parte flexible a una semirrígida de la vía, esto debido a la rigidez de la losa de la alcantarilla de cuadro.

Además, los suscritos consideran que puede haber afectaciones muy similares a la antes descrita, en las alcantarillas circulares que se encuentran con niveles muy próximos al nivel de rasante de la vía y que poseen los recubrimientos mínimos indicados por especificaciones.





14 de noviembre del 2018.
GCTI-22-18-1085 (CARP. 0590)
Página No 4

- c) Cruce de calles secundarias: Debido a que se deben de acoplar los niveles de la vía principal a los niveles de las calles municipales (vecinales) ya construidos, lo cual genera cambios de pendientes que afectan la mediación del IRI.
- d) Acceso restringido a urbanización: Debido a que se deben de acoplar los niveles de la vía principal a los niveles del acceso restringido ya construido, lo cual genera cambios de pendientes que afectan la mediación del IRI.
- e) Tapas de estructuras de pozos pluviales: Generalmente no se colocan las tapas en el proceso de construcción, por ello la colocación con finisher se detiene, se levanta y se coloca manualmente, de manera tan perfecta que no se nota visualmente, pero al sí al equipo de medición del IRI.
- f) Zonas de Árboles: Muy similar al aspecto señalado en la descripción de la descripción de cables de tendido eléctrico que atraviesan la superficie de rodamiento, adicionándole que pueden incorporarse material orgánico a la mezcla, lo cual no es debido.

2. Observación No.1. Análisis del cuenco de deflexiones verticales.

Con respecto al presente tema, se indica que el proceso constructivo se ejecutó de manera controlada e inspeccionada de parte de la Administración con respecto a las normas contractuales, lo anterior respaldado por medio de los resultados de los laboratorios de autocontrol y verificación de calidad del proyecto.

Se deja manifestado, que, si bien no es un parámetro contractual, es un buen estudio a considerar para próximas contrataciones.

3. Observación No.2. Análisis de condiciones de fricción superficial:

Según las revisiones contractuales, no encontramos referencias o especificación alguna que defina modos de control para el parámetro mencionado, sin embargo, se deja manifestado, que es un buen estudio a considerar para próximas contrataciones.



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





GERENCIA DE CONSTRUCCIÓN DE VÍAS Y
PUENTES

gerencia.construcción@conavi.go.cr

14 de noviembre del 2018.
GCTI-22-18-1085 (CARP. 0590)
Página No 5

4. Hallazgo No.2. Condiciones encontradas en la obra.

Los mismos fueron remitidos por medio del oficio GCTI-22-18-1065 de fecha de 13 de noviembre del 2018 (adjunto No.1) al contratista para que realicen las correcciones correspondientes a dichos tramos.

Con respecto al daño mostrado en la superficie de rodamiento mostrado en la fotografía No.6 de su informe y ubicado en el estacionamiento 4+350, se indica que la Empresa Contratista está realizando el trabajo correspondiente para solventar dicha problemática, el cual corresponde a realizar una inyección con mortero de concreto en la base de la cuneta existentes, reconformar el relleno en la espalda de la cuneta, además de realizar los respectivos cortes de aguas provenientes de fincas aledañas. En las siguientes fotografías se puede evidenciar el avance del mismo al día 18 de octubre del 2018:



Fotografía No.1, Fuente: CONAVI, trabajos de reparación km 4+350.



Fotografía No.2, Fuente: CONAVI, trabajos de reparación km 4+350.



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





14 de noviembre del 2018.
GCTI-22-18-1085 (CARP. 0590)
Página No 6

5. Hallazgo No.3, Resultados de los ensayos realizados a los materiales empleados en la estructura de pavimento.

A nivel general se desea indicar que la presente ingeniería de proyecto, realizó el análisis de evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago de manera mensual, debido a que, según el cartel de la presente contratación, se deben de realizar pagos por avance de obra de manera mensual y no acumulativa al momento de finalizar un determinado ítem.

La Administración remitió al contratista el oficio GCTI-22-18-0420 (adjunto No.2), donde indica cual sería el factor de pago para los meses de diciembre 2017, enero y febrero 2018. Por otra parte, mediante el oficio GCTI-22-18-1091 (adjunto No.3) se remitió a la Constructora los factores de pago correspondientes para el mes de marzo 2018. Todos los factores antes descritos contemplados a aplicar en las estimaciones de obra No.35 (abril 2018) y No.36 (mayo 2018) que la Empresa Constructora debe de presentar a la Administración.

Por el contrario, el LANAMME realizó análisis de evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago de manera acumulada para todos los meses que poseen resultados de laboratorio.

Con respecto a lo mencionado anteriormente y a criterio de los suscritos, ambas formas de cálculo son válidas, debido a que en la sección del Manual de especificaciones para la Construcción (CR-2010), no se establece un rango específico de tiempo (de manera mensual o al final) para realizar este análisis.

Ahora bien, con relación a lo antes descrito se menciona las siguientes observaciones a lo planteado en su informe:





14 de noviembre del 2018.
GCTI-22-18-1085 (CARP. 0590)
Página No 7

a) Sobre la calidad de la mezcla asfáltica:

Con respecto a los resultados de laboratorio de contenido de asfalto:

Con respecto al porcentaje de Bitumen sobre la mezcla se menciona que los datos recopilados son correctos, pero también se aclara que según lo indica el Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes (CR-2010) en la sección **107.05 Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago (valor del trabajo)** se podrá realizar un factor de pago para este lote, por lo que esta Gerencia para el mes de enero de 2018 aplicara un factor de pago debido a que tres de los resultados de porcentaje sobre la mezcla se encontraban fuera del límite superior permitido y el factor de pago arrojó un resultado inferior a uno, por lo que debido a estos resultados se estará realizando la aplicación de este factor de pago sobre el ítem CR.402.01 Capa de concreto asfáltico preparado en planta central en caliente, en las estimaciones No. 35 y 36 que se encuentran pendientes de tramitar por parte del contratista.

Por otra parte, se cree necesario hacer uso de las muestras testigos y dar revisión de manera conjunto (Administración y Contratista) para así dejar claro las diferencias notadas entre los resultados de verificación de calidad con los del autocontrol de calidad.

Con respecto a los resultados de laboratorio de los vacíos llenos de asfalto VFA:

Se aclara que el dato incorporado por el LANAMME en la tabla No. 15 correspondiente al porcentaje de vacíos llenos de asfalto (VFA) obtenido de los datos proporcionados por el Laboratorio de Verificación de la Calidad en el informe 17-PQM-0031-1231 (adjunto No.4) en el que indica que hay un incumplimiento, debido a que supera el límite superior permitido, se encuentra erróneo, ya que como se puede observar en el Informe 17-PQM-0031-1231 de Análisis de Mezcla Asfáltica (Adjunto) realizado por el Laboratorio Vieto, encargado de la verificación de la calidad de este proyecto, el VFA indicado es de setenta y un por ciento, por lo que se encuentra dentro de la especificación la cual indica que debe de estar entre 65-75 %.





14 de noviembre del 2018.
GCTI-22-18-1085 (CARP. 0590)
Página No 8

Con respecto a los resultados de laboratorio de la granulometría de la mezcla:

Se esclarece que los datos incorporados por el LANAMME en la tabla No. 17 correspondiente a los resultados granulométricos de las muestras de mezcla asfáltica ensayadas por el Laboratorio de Verificación de la Calidad del proyecto, específicamente los referentes a los informes 17-PQM-0031-1231, 17-PQM-0036-1231 y 17-PQM-0041-1231 (adjunto No.4) en los que se indican que hay incumplimiento, debido a que hay mallas que se encuentran fuera de la especificación, se encuentran erróneos, ya que como se puede observar en los informes antes citados y adjuntos, los valores de la mallas indicadas son diferentes a los valores utilizados en el informe realizado por el LANAMME, así las cosas, se puede visualizar en los informes del Laboratorio Vieto que no hay incumplimiento en ninguna de las mallas correspondientes a dichos informes.

Con respecto a los resultados de laboratorio de la compactación de la mezcla:

Se indica que para estos resultados del porcentaje de vacíos en los que no se cumple se estará realizando la aplicación del factor de pago según se indica en el Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes (CR-2010) en la sección **107.05 Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago (valor del trabajo)**, esto aplicado dentro de las estimaciones de pago pendientes a tramitar y mencionadas en puntos anteriores.

6. Hallazgo No.4. Modificaciones en los tipos de alcantarilla.

Se les indica que en relación a la trazabilidad de los cambios de los tipos de alcantarillas a nivel documental, los mismos se realizaron mediante la Orden de Modificación No. 7 (adjunto No.5), específicamente en la razón de este documento se indica que se realizara el cambio de tubería donde se detalla lo siguiente: **"se aumenta la cantidad en este ítem debido a que se colocaran dos tramos de alcantarilla de 22 m de concreto reforzado, clase III de 120cm de diámetro, paralelo a la tubería de diámetro 120 cm existente ubicada en el inicio el proyecto en la estación 0+000, esto en lugar de la alcantarilla de cuadro que se debía construir en este sector según indicaciones de planos"**, además cabe mencionar que este cambio se formuló en la bitácora No.35802 en la página No. 18 por esta ingeniería de proyecto (adjunto No.6).





GERENCIA DE CONSTRUCCIÓN DE VÍAS Y
PUENTES

gerencia_construccion@conavi.go.cr

14 de noviembre del 2018.

GCTI-22-18-1085 (CARP. 0590)

Página No 9

Cabe mencionar que, por parte de la presente ingeniería de proyecto, se realizaron las consultas de manera verbal al personal de la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes, para valorar el cambio mencionado en la estructura a construir en la estación 0+000.

También, se mantuvo en observación dicho sector desde el inicio del proyecto (año 2015), en el cual se han presentado eventos extraordinarios tales como el Huracán Otto (año 2016) y Tormenta Nate (año 2017), y se ha podido apreciar el comportamiento de la estructura existente, la cual no se vio comprometida en ninguno de los eventos extraordinarios antes descritos.

7. En relación al Hallazgo No.5. Aspectos indicados en relación a la base granular.

Con respecto a este hallazgo, se menciona que los deterioros presentados en la base granular fueron corregidos por el contratista mediante indicaciones de la Ingeniería de proyecto, esto mediante el ajuste a espesor de base terminada o la reconfiguración de la base en los tramos donde ya se encontraba con el espesor de base terminada, además se llevó a cabo las provisiones para la protección de la base por medio de la imprimación, todo esto precitado, previo a la colocación de la Mezcla Asfáltica en Caliente, con el fin de cumplir con lo dispuesto en el Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes (CR-2010) y en el Manual de construcción de carreteras, caminos y puentes de Costa Rica (MC-2002).

Con respecto a lo anterior indicado y a manera de ejemplo, se muestran fotografías de los trabajos de reconfiguración de la base granular, al momento de antes colocar la mezcla asfáltica en caliente:



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





GERENCIA DE CONSTRUCCIÓN DE VÍAS Y
PUENTES

gerencia_construccion@conavi.go.cr

14 de noviembre del 2018.

GCTI-22-18-1085 (CARP. 0590)

Página No 9

Cabe mencionar que, por parte de la presente ingeniería de proyecto, se realizaron las consultas de manera verbal al personal de la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes, para valorar el cambio mencionado en la estructura a construir en la estación 0+000.

También, se mantuvo en observación dicho sector desde el inicio del proyecto (año 2015), en el cual se han presentado eventos extraordinarios tales como el Huracán Otto (año 2016) y Tormenta Nate (año 2017), y se ha podido apreciar el comportamiento de la estructura existente, la cual no se vio comprometida en ninguno de los eventos extraordinarios antes descritos.

7. En relación al Hallazgo No.5. Aspectos indicados en relación a la base granular.

Con respecto a este hallazgo, se menciona que los deterioros presentados en la base granular fueron corregidos por el contratista mediante indicaciones de la Ingeniería de proyecto, esto mediante el ajuste a espesor de base terminada o la reconfiguración de la base en los tramos donde ya se encontraba con el espesor de base terminada, además se llevó a cabo las provisiones para la protección de la base por medio de la imprimación, todo esto precitado, previo a la colocación de la Mezcla Asfáltica en Caliente, con el fin de cumplir con lo dispuesto en el Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes (CR-2010) y en el Manual de construcción de carreteras, caminos y puentes de Costa Rica (MC-2002).

Con respecto a lo anterior indicado y a manera de ejemplo, se muestran fotografías de los trabajos de reconfiguración de la base granular, al momento de antes colocar la mezcla asfáltica en caliente:



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





14 de noviembre del 2018.
GCTI-22-18-1085 (CARP. 0590)
Página No 10



Fotografía No.3, Fuente: CONAVI, Sección reconfirmada a nivel de base granular, estación 1+850. Fecha 09-02-2018 (misma sección indicada en Informe del LANAMME de auditoría del proyecto Managua en fotografía No.9)



Fotografía No.4, Fuente: CONAVI, Sección reconfirmada a nivel de base granular, estación 4+900. Fecha 17-01-2018



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





14 de noviembre del 2018.
GCTI-22-18-1085 (CARP. 0590)
Página No 11

8. Hallazgo No.6. Debilidades en mecanismos de control del material colocado.

Se deja constancia de que, por parte de la Administración (por medio de Ingenierías de Proyecto y Gerencia de Construcción) una vez detectado el adelanto a los materiales mencionados en el presente punto, estos últimos se dieron a la tarea de realizar las acciones correspondientes para cuantificar tanto: los materiales que habían sido adelantados y que no se había ejecutado parcial o totalmente, como a su vez se determinó la cantidad de material que se colocó correspondientes a los trabajos de Conservación Vial (vía la Contratación 2011LA-000039-OCV00) y que se había asumido que se realizaron por el proyecto de Mejoramiento actual y se reconocieron al Contratista en su momento, esto con la finalidad de rebajar todos esos rubros. Estos rebajos fueron acreditados tanto, exigiendo al contratista culminar con la obra correspondiente a los materiales de subbase y base granular según los planos y especificaciones del proyecto, como a su vez reintegrando vía las estimaciones de obra No.16 a la No.20 (adjunto No.7) un monto de ₡101.848.164,93, quedando únicamente pendiente un monto de ₡ 12.942.008,54, el cual se devengará en la estimación de obra No.25 que se encuentra pendientes para tramitar por parte del contratista.

9. Hallazgo No.7. Incumplimientos en Requisitos de la Planta de MAC.

Se menciona que, por parte de la presente ingeniería se realizaron los recordatorios a la Empresa Constructora tanto en campo como vía oficio, en relación a solventar los hallazgos indicados en el oficio LM-AT-157-17, ejemplo de lo anterior es que mediante el oficio GCTI-22-17-1413 (adjunto No.8) de fecha 20 de diciembre del 2017 se le indicó que acatara lo indicado en el oficio del LANAMME antes citado. Por otra parte, mediante el oficio GCTI-22-18-0158 (adjunto No.9), se envía la nota RAASA-616-2018-000082 (adjunto No.9) al LANAMME, en el cual se puede apreciar como el mismo contratista asevera en su oficio, la constante solicitud de solventar la problemática por parte de la presente ingeniería. Como a su vez mediante la nota GCTI-22-18-0262 (adjunto No.10), se remite la información al LANAMME remitida por el Contratista en relación a lo indicado en el oficio LM-AT-157-17.





GERENCIA DE CONSTRUCCIÓN DE VÍAS Y
PUENTES
gerencia.construcción@conavi.go.cr

14 de noviembre del 2018.
GCTI-22-18-1085 (CARP. 0590)
Página No 12

Atentamente,

Abraham Sanchez Castro
Ingeniero de proyecto
Gerencia de Construcción de Vías y Puentes

Pablo Contreras Vázquez
Gerente de Construcción de Vías y Puentes

ASC/VRA

C: Ing. Mario Rodriguez Vargas
Lic. Reynaldo Vargas Soto
Ing. Luis Guillermo Loria Salazar
Archivo
Copiador

Director Ejecutivo, CONAVI
Auditoria Interna, CONAVI
Coordinador General PITRA, LANAMME



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





ANEXO B. ANÁLISIS DEL DESCARGO

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR Unidad de Auditoría Técnica ANÁLISIS DE DESCARGOS		CODIGO RG-AT-09
	CONSECUTIVO:		VERSION 01
		Página 1/11	

Informe:	LM-AT-119-2018	Fecha del análisis:	Diciembre 2018
Auditado:	Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, CONAVI		
Proyecto:	Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 816, Sección La Managua – Cruce a Villanueva. Licitación Pública No. 2014LN-0000050DI00		
Área:	UAT- Obra nueva		
Auditores:	Ing. Erick Acosta Hernández, Auditor Líder		
	Ing. Mauricio Picado Muñoz, Auditor Adjunto		
	Ing. Wendy Sequeira Rojas, Coordinadora UAT		
<p>El día 16 de noviembre de 2018 se recibe en las instalaciones del LanammeUCR el oficio GCTI-22-18-1085 con asunto: Respuesta al oficio LM-AT-138-18. Licitación Pública No. 2014LN-000005-0DI00, Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 816, sección: La Managua – Cruce a Villanueva.</p> <p>A continuación, se procede a realizar un análisis detallado de lo presentado en este documento y la evidencia adicional recopilada durante el proceso de auditoría y lo descrito en el informe LM-AT-138-18, ya que la información se recibe dentro del plazo de 15 días hábiles otorgado al auditado.</p> <p>A. Aspectos de forma:</p> <p>1. En la página 4 del informe se indica:</p> <p><i>“Los laboratorios de verificación de calidad:</i></p> <p><i>LGC Ingeniería en Pavimentos (De marzo 2015 a agosto 2015)</i> <i>OJM Consultores de Calidad y Laboratorios S.A. (De marzo 2016 a noviembre 2017)</i> <i>ITP Ingeniería de Pavimentos (De diciembre 2017 en adelante)”</i></p> <p>En el oficio GCTI-22-18-1085, la Administración indica que se debe aclarar que estos laboratorios corresponden al autocontrol del contratista RAASA y no el de verificación. Se acepta este punto del descargo y se procede a modificar el contenido.</p> <p>2. En la página 19 se corta la oración y no hay continuidad.</p> <p>Se acepta este punto del descargo y se procede a modificar el contenido.</p> <p>3. En la página 25 se corta la oración y no hay continuidad.</p> <p>Se acepta este punto del descargo y se procede a modificar el contenido.</p>			



 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		CODIGO RG-AT-09
	Unidad de Auditoría Técnica ANÁLISIS DE DESCARGOS		VERSION 01
CONSECUTIVO:		Página 2/11	

4. No existe numeración de la página 46 de 92.

Se acepta este punto del descargo y se procede a modificar el contenido.

B. Aspectos de fondo:

Hallazgos No. 1. Valor de Regularidad Internacional (IRI)

En el oficio GCTI-22-18-1085, la Administración indica que no se tomaron en cuenta dentro del análisis realizado por esta auditoría, singularidades producto de afectaciones tales como:

- a) Cables de tendido eléctrico que atraviesan la superficie de rodamiento
- b) Alcantarillas de cuadro (vados)
- c) Cruce de calles secundarias
- d) Acceso restringido a urbanización
- e) Tapas de estructuras de pozos pluviales
- f) Zonas de árboles

Adicionalmente, la Administración argumenta lo siguiente sobre cada uno de los puntos anteriores:

"a) Cables de tendido eléctrico que atraviesan la superficie de rodamiento: En proceso idóneo de colocación de mezcla asfáltica, la elevación de la góndola de las vagonetas debe mantenerse elevada totalmente para abastecer el finisher, de manera continua, lo anterior no fue posible debido a la existencia de pasos de cable de tendido eléctrico"

Sobre el punto a) es criterio del equipo auditor que la justificación de la Ingeniería de Proyecto no es de recibo porque el proceso de colocación de mezcla asfáltica debe ser sujeto de un proceso de planificación previo a la ejecución de los trabajos, donde deben identificarse este tipo de situaciones para implementar las medidas de mitigación necesarias. Adicionalmente, los equipos de colocación (finisher) tienen la capacidad de almacenar una determinada cantidad de mezcla asfáltica que permite mantener la continuidad en el suministro de material mientras la góndola de la vagoneta baja parcialmente para superar el obstáculo.

"b) Alcantarillas de cuadro: Debido a que el comportamiento de la medición del IRI se ve afectado por el cambio en la rigidez de la estructura de pavimento, al momento de hacer la transición entre una parte flexible a una semirrígida de la vía, esto debido a la rigidez de la losa de la alcantarilla de cuadro. Además, los suscritos consideran que puede haber afectaciones muy similares a la"



 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		CODIGO RG-AT-09
	Unidad de Auditoría Técnica ANÁLISIS DE DESCARGOS		VERSION 01
CONSECUTIVO:		Página 3/11	

antes descrita, en las alcantarillas circulares que encuentran con niveles muy próximos al nivel de rasante de la vía y que poseen los recubrimientos mínimos indicados por las especificaciones."

Sobre el punto b) es criterio del equipo auditor que el argumento planteado no es de recibo, ya que la regularidad superficial (IRI) de la vía no depende de la rigidez de la estructura de pavimento, depende del perfil longitudinal y de la calidad del proceso constructivo. Por lo tanto, la existencia de una singularidad en una de las obras de drenaje citadas debe evidenciarse por un cambio en el perfil longitudinal del proyecto y no en suposiciones generalizadas sin soporte técnico, que pueden estar correlacionadas con otros factores que deben ser sujeto de valoración dado que pueden considerarse como sujeto de reparación por parte del contratista. De igual forma que en el punto anterior no se adjunta la ubicación de las singularidades a las que se hace referencia con respecto al estacionamiento del proyecto.

"c) Cruce de calles secundarias: Debido a que se deben acoplar los niveles de la vía principal a los niveles de las calles municipales (vecinales) ya construidos, lo cual genera cambios en pendientes que afectan la medición del IRI."

Sobre el punto c), es criterio del equipo auditor la afirmación hecha es de índole general y no se adjunta evidencia técnica que demuestre la afectación en el perfil longitudinal o la existencia de eventos que durante el proceso de colocación de la mezcla asfáltica afectaran la regularidad en dichas zonas.

"d) Acceso restringido a urbanización: Debido a que se deben acoplar los niveles de la vía principal a los niveles del acceso ya construido, lo cual genera cambios de pendientes que afectan la medición del IRI."

Sobre el punto d), no se adjunta evidencia técnica que demuestre la afectación en el perfil longitudinal o la existencia de eventos que durante el proceso de colocación de la mezcla asfáltica afectaran la regularidad en dichas zonas.

"e) Tapas de estructuras de pozos pluviales: Generalmente no se colocan las tapas en proceso de construcción, por ello la colocación con ~~finisher~~ no se detiene, se levanta y se coloca manualmente, de manera tan perfecta que no se nota visualmente, pero sí al equipo de medición de IRI."

Sobre el punto e), es criterio del equipo auditor la afirmación hecha es de índole general no se adjunta evidencia técnica que demuestre la afectación en el perfil longitudinal o la existencia de eventos que durante el proceso de colocación de la mezcla asfáltica afectaran la regularidad en dichas zonas. Durante el proceso de colocación de mezcla asfáltica en la zona urbana del proyecto el equipo auditor evidenció que algunas de las tapas de alcantarilla no se ubican sobre la huella de las llantas sobre la calzada, como es posible observar en las siguientes fotografías.



 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR Unidad de Auditoría Técnica ANÁLISIS DE DESCARGOS		CODIGO RG-AT-09
	CONSECUTIVO:	Página 4/11	VERSION 01



Figura 1. Ubicación de algunas tapas de alcantarilla en el proyecto fuera de la huella del tránsito. Fuente: Fecha: 16 de marzo 2018. Fuente: LanammeUCR.

"f) Zonas de Árboles: Muy similar al aspecto señalado en la descripción de cables del tendido eléctrico que atraviesan la superficie de rodamiento, adicionándole que pueden incorporarse materia orgánica a la mezcla lo cual no es debido."

Sobre el punto f) es criterio del equipo auditor que la justificación de la Ingeniería de Proyecto no es de recibo porque el cartel de licitación del proyecto contiene los ítems de pago CR.201.02 "Limpieza y desmonte" y CR.202.04 "Remoción de árboles" que debieron ser utilizados para realizar el corte y desecho de las ramas que obstaculizaran el proceso de colocación de mezcla asfáltica. Las ramas pudieron ser inventariadas durante el proceso de planificación previo a la ejecución de los trabajos, donde deben identificarse este tipo de situaciones para implementar las medidas de mitigación necesarias.

Finalmente, durante la ejecución de la auditoría nunca se recibió un listado oficial de las singularidades aprobadas por la Administración donde se indique el estacionamiento y las razones por las cuáles estas son consideradas singularidades. Al no existir singularidades aprobadas por la Administración, éstas no se pueden considerar dentro del análisis realizado



 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR Unidad de Auditoría Técnica ANÁLISIS DE DESCARGOS		CODIGO RG-AT-09
	CONSECUTIVO:		VERSION 01
		Página 5/11	

por esta auditoría. Además, la Administración fue alertada oportunamente sobre las condiciones de incumplimiento a la especificación de regularidad superficial en el proyecto mediante el oficio LM-AT-55-18 (recibido el 12 de abril de 2018) emitido antes de que se finalizara por completo la colocación de mezcla asfáltica. Por lo anterior, se mantiene el Hallazgo y se añade al final del texto:

"En el descargo presentado por el auditado, la Administración no brindó un listado oficial de las singularidades aprobadas, por lo que, durante el análisis realizado por esta auditoría al emitir este informe, no se consideraron singularidades adicionales a las que esta auditoría definió a partir del informe de ensayo I-769-18. De igual forma, la Gerencia de Construcción de Carreteras y Puentes no adjunto las longitudes de la carretera aceptadas y rechazadas en términos de su regularidad superficial ni los montos por concepto de multas. Sin embargo, durante la presentación de este informe la ingeniería de proyecto indicó verbalmente que a sumo un kilómetro de los seis y fracción que comprende el proyecto iban a ser sujeto de evaluación por concepto de IRI, los restantes serían descartados por efecto de las singularidades aprobadas por la Administración. Es criterio de esta Auditoría que la extrapolación de posibles singularidades en el proyecto no es una práctica adecuada, las singularidades deben tener sustento técnico y un análisis para cada caso en particular, que debe iniciar desde la planificación de la construcción de la vía hasta la ejecución y luego de agotar las herramientas disponibles para mitigar su efecto en la calidad de superficie de ruedo."

Observación No. 1. Análisis del cuenco de deflexiones verticales

En el descargo brindado por el auditado, se indica que, si bien no es un parámetro contractual, es un buen estudio a considerar para próximas contrataciones. La Observación se mantiene puesto que el auditado adjunta información adicional.

Observación No. 2. Análisis de condiciones de fricción superficial

En el descargo brindado por el auditado, se indica que, si bien no es un parámetro contractual, es un buen estudio a considerar para próximas contrataciones. La Observación se mantiene puesto que el auditado adjunta información adicional.



 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		CODIGO RG-AT-09
	Unidad de Auditoría Técnica ANÁLISIS DE DESCARGOS		VERSION 01
CONSECUTIVO:		Página 6/11	

Hallazgo No. 2. La nueva capa de rodamiento presenta secciones con deterioros prematuros superficiales que afectan su calidad y vida útil.

En el oficio GCTI-22-18-1085, el auditado señala que el Contratista está realizando trabajos de reparación para solventar el daño mostrado en la Fotografía 8 del informe LM-PI-AT-119B-18 (ubicado en el estacionamiento 4+350). El Hallazgo se mantiene y se añade al final de esta sección:

"Según el descargo del auditado (oficio GCTI-22-18-1085), el trabajo de reparación y reconfiguración de cunetas necesario para solventar la problemática evidenciada por esta auditoría en la estación 4+350 está siendo realizado por el Contratista, el cual consiste en realizar una inyección de mortero en la base de la cuneta existente y reconfigurar el relleno de la cuneta. Sin embargo, el descargo presentado no adjunta el análisis de las causas de cada deterioro ni el procedimiento de reparación para los otros deterioros evidenciados en la vía durante la ejecución del informe ni las posibles acciones tomadas por la Administración en términos de posibles multas y otras sanciones".

Hallazgo No.3 Resultados de los ensayos realizados a los materiales empleados en la estructura de pavimento

En el oficio GCTI-22-18-1085, se indica que la ingeniería de proyecto realizó el análisis de evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago de manera mensual, debido a que, según el cartel de la presente contratación se deben realizar pagos por avance de obra de manera mensual, contrario al análisis llevado a cabo por el LanammeUCR, donde dicho análisis se realizó de manera acumulada. Sin embargo, tal y como se menciona en este oficio, el CR-2010 no establece un rango específico de tiempo para realizar este tipo de análisis, por lo que se mantiene la metodología empleada en este Hallazgo.

Además, se indica que algunos datos mostrados en las tablas 15 y 17 del informe LM-PI-AT-119B-18 se encuentran erróneos. Al revisar la información del informe, se evidencia un error de mecanografía en estas tablas, mas no afecta el resultado final del Hallazgo, por lo tanto, se mantiene el Hallazgo, pero se modifican las tablas 15 y 17 para su respectiva sustitución en el informe según se muestra a continuación:



 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR Unidad de Auditoría Técnica ANÁLISIS DE DESCARGOS		CODIGO RG-AT-09
	CONSECUTIVO:		VERSION 01
		Página 7/11	

Tabla 15. Resultados de los parámetros Marshall obtenidos de las muestras de mezcla asfáltica ensayadas por el laboratorio de Verificación

Informe	Fecha de muestreo	Asfalto (PTM) (%)	Vacios (%)	VMA (%)	VFA (%)	Pulvo/asfalto (%)
Limite superior		6,05	5,0	-	75	1,3
Limite inferior		5,05	3,0	14	65	0,6
17-PQM-0015-1231	05/12/2017	6,00	4,1	15,9	74	1,20
17-PQM-0020-1231	06/12/2017	5,62	4,6	15,3	70	1,30
17-PMV-0023-1231	07/12/2017	5,87	3,9	15,5	75	1,30
17-PQM-0027-1231	08/12/2017	5,51	4,8	15,4	69	1,30
17-PQM-0031-1231	09/12/2017	5,91	4,8	16,5	71	0,90
17-PQM-0036-1231	10/12/2017	5,53	3,8	15,3	75	1,10
17-PQM-0041-1231	11/12/2017	5,72	4,3	15,1	72	1,30
18-PQM-0005-1231	09/01/2018	6,13	3,6	15,4	76	0,90
18-PQM-0006-1231	10/01/2018	6,30	4,7	16,6	72	1,00
18-PQM-0011-1231	13/01/2018	6,09	4,2	15,9	73	1,10
18-PQM-0012-1231	16/01/2018	5,94	4,5	16,1	72	1,10
18-PQM-0016-1231	17/01/2018	5,62	4,3	14,9	71	1,30
18-PQM-0024-1231	19/01/2018	5,93	4,5	15,4	71	0,90
18-PQM-0039-1231	25/01/2018	5,83	4,5	16,1	72	1,00
18-PQM-0044-1231	26/01/2018	5,59	4,7	15,5	69	1,10
18-PQM-0045-1231	27/01/2018	5,75	4,1	14,8	72	1,30
18-PQM-0054-1231	31/01/2018	5,74	4,5	15,4	71	1,30
18-PQM-0055-1231	01/02/2018	5,49	4,8	15,1	68	1,10
18-PQM-0059-1231	08/02/2018	6,00	4,5	15,5	71	1,20
18-PQM-0062-1231	09/02/2018	5,94	4,8	16,5	71	1,10
18-PQM-0064-1231	10/02/2018	5,93	4,2	16,7	75	1,00
18-PQM-0075-1231	15/02/2018	5,84	4,1	16,3	75	1,10
18-PQM-0076-1231	16/02/2018	5,88	4,8	17,4	73	0,90
18-PQM-0080-1231	21/02/2018	5,59	4,7	16,4	71	0,90
18-PQM-0081-1231	22/02/2018	5,63	4,7	14,8	68	1,20
18-PQM-0084-1231	23/02/2018	5,69	4,2	16,5	75	0,80
18-PQM-0087-1231	24/02/2018	6,02	4,4	17,0	74	1,00
18-PQM-0091-1231	25/02/2018	6,00	4,5	16,7	73	1,00
18-PQM-0092-1231	27/02/2018	5,70	4,2	16,6	75	1,00
Promedio (X)		5,82	4,4	15,9	72,2	1,09
Desviación estándar (S)		0,2	0,3	0,7	2,2	0,15
Categoría		II	-	-	-	-
Número total de valores (n)		29	29	29	29	29
Limite superior del parámetro de especificación (LSPE)		6,05	5,0	-	75,0	1,3
Limite inferior del parámetro de especificación (LIPE)		5,05	3,0	14,0	65,0	0,6
Índice de calidad superior (ICS)		1,1	1,8	-	1,2	1,3
Índice de calidad inferior (ICI)		3,8	4,3	2,6	3,2	3,2
Porcentaje de incumplimiento fuera (superior) del límite (PIS)		14%	4%	-	0,1	0,1
Porcentaje de incumplimiento fuera (inferior) del límite (PII)		0%	0%	1%	0%	0%
Nivel de incumplimiento (NI)		14%	4%	1%	11%	10%
Valor máximo permitida fuera de límites		37%	-	-	-	-



 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR Unidad de Auditoría Técnica ANÁLISIS DE DESCARGOS		CODIGO RG-AT-09
	CONSECUTIVO:		VERSION 01
		Página 8/11	

Tabla 17. Resultados granulométricos de las muestras de mezcla asfáltica ensayadas por la Verificación

Informe	Fecha de muestreo	Graduación									
		25,4 mm	19 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,75 mm	2,36 mm	1,18 mm	0,6 mm	0,3 mm	75 µm
		1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº200
Límite superior		100	100	85	69	47	34	22	17	14	7,9
Límite inferior		100	91	75	59	39	26	17	12	8	3,9
17-PQM-0015-1231	05/12/2017	100	98	81	68	42	28	20	15	11	6,0
17-PQM-0020-1231	06/12/2017	100	98	82	69	41	27	20	15	12	6,0
17-PMV-0023-1231	07/12/2017	100	99	84	69	42	27	21	15	12	6,4
17-PQM-0027-1231	08/12/2017	100	95	83	69	43	29	20	15	11	6,0
17-PQM-0031-1231	09/12/2017	100	97	82	69	39	26	19	13	10	4,6
17-PQM-0036-1231	10/12/2017	100	95	82	68	42	29	20	15	11	5,2
17-PQM-0041-1231	11/12/2017	100	98	83	67	39	26	19	13	10	5,9
18-PQM-0005-1231	09/01/2018	100	98	90	74	39	22	14	10	7	4,4
18-PQM-0006-1231	10/01/2018	100	98	93	82	49	31	21	15	11	5,4
18-PQM-0011-1231	13/01/2018	100	97	84	71	40	26	18	14	10	5,5
18-PQM-0012-1231	16/01/2018	100	97	84	69	45	29	19	14	10	5,4
18-PQM-0016-1231	17/01/2018	100	97	85	69	45	31	19	14	11	5,7
18-PQM-0024-1231	19/01/2018	100	97	85	69	45	29	18	14	10	4,1
18-PQM-0039-1231	25/01/2018	100	97	85	69	47	29	20	13	9	5,1
18-PQM-0044-1231	26/01/2018	100	98	83	66	44	29	20	14	10	5,1
18-PQM-0045-1231	27/01/2018	100	97	85	69	47	30	21	15	11	5,8
18-PQM-0054-1231	31/01/2018	100	98	83	66	47	31	22	16	12	6,0
18-PQM-0055-1231	01/02/2018	100	98	83	67	47	31	20	14	10	4,8
18-PQM-0059-1231	08/02/2018	100	97	84	69	47	34	20	14	11	5,8
18-PQM-0062-1231	09/02/2018	100	97	84	68	47	34	22	15	11	5,7
18-PQM-0064-1231	10/02/2018	100	98	84	68	46	32	20	14	10	5,5
18-PQM-0075-1231	15/02/2018	100	98	84	69	46	34	22	16	11	5,6
18-PQM-0076-1231	16/02/2018	100	98	82	67	45	34	22	16	10	5,2
18-PQM-0080-1231	21/02/2018	100	97	85	65	47	29	19	13	10	4,8
18-PQM-0081-1231	22/02/2018	100	97	84	67	47	31	21	15	11	5,3
18-PQM-0084-1231	23/02/2018	100	97	85	69	47	34	21	13	9	4,3
18-PQM-0087-1231	24/02/2018	100	99	82	69	47	34	21	14	10	5,5
18-PQM-0091-1231	25/02/2018	100	96	82	68	45	29	21	14	10	5,5
18-PQM-0092-1231	27/02/2018	100	97	85	67	47	32	21	14	10	5,5
Promedio (X)		100,0	97,3	84,1	68,8	44,6	29,9	20,0	14,2	10,4	5,4
Desviación estándar (S)		0,0	0,9	2,4	3,0	2,9	3,0	1,6	1,2	1,0	0,6
Categoría		-	I	I	I	II	I	I	I	I	II
Número total de valores (n)		-	29	29	29	29	29	29	29	29	29
Límite superior del parámetro de especificación (LSPE)		-	100,0	85,0	69,0	47,0	34,0	22,0	17,0	14,0	7,9
Límite inferior del parámetro de especificación (LIPE)		-	91,0	75,0	59,0	39,0	26,0	17,0	12,0	8,0	3,9
Índice de calidad superior (ICS)		-	2,8	0,4	0,1	0,8	1,4	1,2	2,3	3,6	4,5
Índice de calidad inferior (ICI)		-	6,8	3,8	3,2	1,9	1,3	1,9	1,8	2,3	2,6
Porcentaje de incumplimiento fuera (superior) del límite (PII)		-	0%	35%	48%	21%	9%	12%	1%	0%	0%
Porcentaje de incumplimiento fuera (inferior) del límite (PII)		-	0%	0%	0%	3%	10%	4%	4%	1%	1%
Nivel de incumplimiento (NI)		-	0%	35%	48%	24%	19%	15%	5%	1%	1%
Valor máximo permitido fuera de límites		-	32%	32%	32%	37%	32%	32%	32%	32%	37%



 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR Unidad de Auditoría Técnica ANÁLISIS DE DESCARGOS		CODIGO RG-AT-09
	CONSECUTIVO:	Página 9/11	VERSION 01

Hallazgo No. 4. Durante la fase constructiva del proyecto se realizaron modificaciones en los tipos de alcantarilla del proyecto sin que se evidencie la existencia de un estudio hidrológico e hidráulico del diseño del sistema de drenaje del proyecto.

En el oficio GCTI-22-18-1085, la Administración indica *"en relación a la trazabilidad de los cambios de los tipos de alcantarillas a nivel documental, los mismos realizaron mediante la Orden de Modificación No. 7 (...)"*. Adicionalmente, la Administración declara *"Cabe mencionar que, por parte de la presente ingeniería de proyecto, se realizaron la consultas de manera verbal al personal de la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes, para valorar el cambio mencionado en la estructura a construir en la estación 0+000"*.

Con respecto a lo expresado por el auditado sobre el cambio en la alcantarilla del PK 0+000, el equipo auditor ya tenía conocimiento de esta situación ya fue evidenciada en la revisión documental. Sin embargo, las afirmaciones del auditado no modifican el fondo del hallazgo puesto que no se remitió el estudio hidrológico-hidráulico ni la memoria de cálculo de la alcantarilla, por lo tanto, el hallazgo se mantiene y se agrega al final del mismo el siguiente párrafo:

"Luego la presentación oral del informe por parte del equipo auditor y de analizado el descargo de remitido por la Administración, no se pudo evidenciar la existencia del estudio hidrológico-hidráulico del proyecto ya que éste no se ubica dentro de la documentación adjunta al oficio GCTI-22-18-1085 del 14 de noviembre de 2018."

Hallazgo No. 5. La capa final de base granular estuvo expuesta al tráfico y la intemperie un tiempo prolongado, ocasionándole deterioros superficiales y la pérdida de la inversión realizada en emulsión asfáltica para riego de imprimación y material de secado en los tramos imprimados.

En el oficio GCTI-22-18-1085, la Administración indica: *"los deterioros presentados en la base granular fueron corregidos por el contratista mediante indicaciones de la Ingeniería de proyecto, esto mediante el ajuste a espesor de base terminada o la reconfiguración de la base en los tramos donde ya se encontraba con el espesor de base terminada, además se llevó a cabo las previsiones para la protección de la base por medio de la imprimación, todo esto precitado, previo a la colocación de la Mezcla Asfáltica en Caliente, con el fin de cumplir con lo dispuesto en el Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y*



 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		CODIGO RG-AT-09
	Unidad de Auditoría Técnica ANÁLISIS DE DESCARGOS		VERSION 01
CONSECUTIVO:		Página 10/11	

Puentes (CR-2010 y en el Manual de Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes de Costa Rica (MC-2002)."

En el informe LM-PI-AT-119B-18 se indicó que el equipo auditor pudo evidenciar la ejecución de trabajos de reconfiguración y compactación de material granular en algunos puntos específicos. El auditado en su descargo afirma que estas tareas se ejecutaron bajo las órdenes de la Ingeniería de Proyecto. Sin embargo, no adjuntan la ubicación específica de los trabajos reconfiguración y el equipo auditor evidenció que se realizó la colocación del material asfáltico sobre la superficie de la base granular sin imprimir. En conclusión, no se modifica el fondo del hallazgo y no se hacen adiciones a la redacción original.

Hallazgo No. 6. Las debilidades de los mecanismos de control del material colocado, pagado y adelantado de la estructura de pavimento, provocaron incertidumbre al cuantificar el espesor del material granular de la estructura de pavimento.

En el oficio GCTI-22-18-1085 la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, indica: *"se deja constancia de que, por parte de Administración (por medio de Ingenierías de Proyecto y Gerencia de Construcción) una vez detectado el adelanto a los materiales mencionados en el presente punto, estos últimos se dieron a la tarea de realizar las acciones correspondientes para cuantificar tanto: los materiales que habían sido adelantados y que no se había ejecutado parcial o totalmente (...)"*.

La Gerencia de Construcción de Vías y Puentes afirma que *"(...) Estos rebajos fueron acreditados tanto, exigiendo al contratista culminar con la obra correspondiente a los materiales de subbase y base granular según los planos y especificaciones del proyecto, como a su vez reintegrando vía las estimaciones de obra No. 16 a la No. 20 (...)"*. Según la Gerencia encargada del proyecto el monto reintegrado es de \$101.848.164,93 quedando pendiente un monto de \$12.942.008,54 que será devengado en la estimación No. 35 que a la fecha del descargo se encuentra pendiente de trámite.

Es criterio del equipo auditor que tanto los procedimientos de cobro y el cierre de cantidades adelantadas, pagadas y recuperadas por la Administración, en este caso, se encuentran fuera del alcance de los objetivos del informe y no modifican el fondo del hallazgo. Sin embargo, se adiciona el siguiente texto en el hallazgo, con el fin de que quede una referencia a los documentos presentados por la Gerencia:

"En el descargo presentado por medio del oficio GCTI-22-18-1085 de fecha 14 de noviembre de 2018 de la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, indica el monto adelantado por pago de materiales fue reintegrado a la Administración por parte del contratista de la obra por medio de rebajos en las estimaciones de No. 16 a No. 20 por



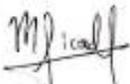
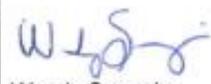
 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		CODIGO RG-AT-09
	Unidad de Auditoría Técnica ANÁLISIS DE DESCARGOS		VERSION 01
CONSECUTIVO:		Página 11/11	

un total de ₡101.848.164,93 (no se indica si incluye reajustes) quedando pendiente un monto de ₡12.942.008,54 (no se indica si incluye reajustes) que será devengado en la estimación No. 35."

Hallazgo No. 7. Se evidenciaron incumplimientos en los requisitos de la planta de producción de mezcla asfáltica en cuanto a la separación entre tolvas, cribas, tanque de almacenamiento de asfalto y documentación del proyecto.

En el oficio GCTI-22-18-1085 la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes hace referencia a una serie de comunicaciones entre la Gerencia y el contratista sobre las observaciones realizadas por el equipo auditor durante las visitas al sitio de ubicación de la planta de producción de mezcla asfáltica. No obstante, el equipo auditor pudo evidenciar que solo algunas de las observaciones realizadas con respecto a la documentación de la planta fueron satisfechas en los oficios de respuesta, dejado de lado la solución de otras situaciones evidenciadas como, por ejemplo, la separación entre tolvas y recolección de derrames.

En conclusión, el descargo presentado por la Gerencia encargada del proyecto no aporta información adicional que modifique el fondo del hallazgo.

Preparó:  Mauricio Picado 03/12/2018 Auditor Técnico	Preparó:  Erick Acosta 04/12/2018 Auditor Técnico	Revisó:	Aprobó:  Wendy Sequeira 04/12/2018 Coordinadora Auditoría Técnica
--	---	----------------	--