



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Informe: LM-PI-AT-026-17

**EVALUACIÓN DEL DISEÑO DE PAVIMENTO, DE LA CALIDAD DE
LOS MATERIALES Y LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS**
**Proyecto: Construcción sostenible del puente sobre el río Virilla
en la Ruta Nacional No. 147**



Informe Final
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
Noviembre, 2018

1. Informe Informe Final de Auditoría Técnica LM-PI-AT-026-17	2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: EVALUACIÓN DEL DISEÑO DE PAVIMENTOS, DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES Y LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS PROYECTO: Construcción sostenible del puente sobre el río Virilla en la Ruta Nacional No. 147.	4. Fecha del Informe Noviembre, 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 <p><u>Sobre las prácticas constructivas:</u> se evidenció que se colocó mezcla asfáltica en caliente en condiciones lluviosas lo cual puede generar un deterioro prematuro de la carpeta colocada. Adicionalmente, se observaron oportunidades de mejora en los registros de inspección con el fin de asegurar una adecuada trazabilidad.</p> <p><u>Sobre el diseño de pavimentos:</u> se observaron oportunidades de mejora en el diseño de la estructura de pavimentos relacionadas con el análisis de desempeño y la justificación del valor de módulo de la mezcla asfáltica seleccionado.</p> <p><u>Sobre los resultados de las muestras de concreto:</u> al analizar las muestras de concreto se evidencia que no se cumplía con el parámetro de revenimiento según los resultados del laboratorio de control, verificación de calidad y el LanammeUCR. El resto de los parámetros demostraron estadísticamente cumplir con los valores especificados.</p> <p><u>Sobre los resultados de las muestras de acero de refuerzo:</u> se detectó que, a pesar de existir incumplimientos en los parámetros de altura de corrugación, esfuerzo de fluencia y porcentaje de elongación al realizar el análisis estadístico se determinó que no se rechaza el lote, para los datos ensayados por el LanammeUCR.</p> <p><u>Sobre los resultados de las muestras de acero de estructural:</u> se evidenció que las muestras tomadas por el LanammeUCR cumplían con los valores especificados en los planos constructivos del proyecto.</p> <p><u>Sobre los espesores de pintura de la estructura metálica:</u> se evidenció los valores obtenidos por el LanammeUCR son en promedio más altos que los especificados en los planos del proyecto.</p>		
10. Palabras clave PITRA, Diseño de pavimentos, Concreto, procesos constructivos, puente	11. Nivel de seguridad: Ninguna	12. Núm. de páginas 58



**INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA
EVALUACIÓN DEL DISEÑO DEL PAVIMENTO, LA CALIDAD DE LOS MATERIALES Y LOS PROCESOS
CONSTRUCTIVOS**

Proyecto: Construcción sostenible del puente sobre el río Virilla en la Ruta Nacional No. 147

Departamento encargado del proyecto: Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura Vial, CONAVI

Supervisora del proyecto: UNOPS (Oficina de las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos)

Laboratorio de verificación de calidad: Castro y de la Torre (hasta enero 2018) Vieta y Asociados (a partir de febrero de 2018)

Empresa contratista: COPISA (Constructora Pirenaica S.A.)

Laboratorio de control de calidad: LGC Ingeniería de Pavimentos

Monto original del contrato: US\$ 8500 000,00

Plazo original de ejecución: El plazo inicial es de 23 meses. La orden de inicio es del 5 de mayo de 2017

Proyecto: Construcción sostenible del puente sobre el río Virilla en la Ruta Nacional No. 147

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

Ing. Luís Guillermo Loría Salazar, PhD.

Coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica PITRA-LanammeUCR:

Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.

Audidores:

Ing. Víctor Cervantes Calvo, Auditor Técnico Adjunto

Ing. Francisco Fonseca Chaves, MBA, Auditor Técnico Líder

Ing. Sergio Guerrero Aguilera, Auditor Técnico Adjunto

Asesor Legal:

Lic. Miguel Chacón Alvarado

Alcance del informe:

El alcance de esta Auditoría Técnica se centró en la recopilación y análisis del diseño de pavimentos, así como en la evaluación de la calidad de los materiales, específicamente el concreto, la pintura y el acero estructural y de refuerzo utilizados en el proyecto. Adicionalmente, se evaluaron las prácticas constructivas del proyecto.



TABLA DE CONTENIDOS

1. FUNDAMENTACIÓN	7
2. OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS	7
3. OBJETIVOS DEL INFORME.....	7
3.1. OBJETIVO GENERAL	7
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
4. ALCANCE DEL INFORME.....	8
5. METODOLOGÍA	9
6. DOCUMENTOS DE PREVALENCIA	9
7. ANTECEDENTES	10
8. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	11
9. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSIÓN PRELIMINAR LM-PI-AT-26B-17.....	12
10. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA.....	13
<i>SOBRE LAS PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS.....</i>	<i>13</i>
<i>HALLAZGO 1. SE EVIDENCIA COLOCACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CONDICIONES LLUVIOSAS</i>	<i>13</i>
<i>OBSERVACIÓN 1. SE DETECTAN OPORTUNIDADES DE MEJORA EN LA ANOTACIÓN DE LA INFORMACIÓN EN LOS REGISTROS DE INSPECCIÓN DEL PROYECTO.....</i>	<i>16</i>
<i>SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTOS.....</i>	<i>18</i>
<i>OBSERVACIÓN 2. EXISTEN OPORTUNIDADES DE MEJORA EN EL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS.....</i>	<i>18</i>
<i>SOBRE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES</i>	<i>22</i>
<i>HALLAZGO 2. EL CONCRETO CON RESISTENCIA DE 280KG/CM² A LOS 28 DÍAS CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES DE RESISTENCIA, TEMPERATURA Y CONTENIDO DE AIRE, SIN EMBARGO NO CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES DE REVENIMIENTO, ESTABLECIDAS EN EL MANUAL DE ESPECIFICACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS, CAMINOS Y PUENTES CR-2010 Y LO INDICADO EN LOS DISEÑOS DE MEZCLA APORTADOS.....</i>	<i>22</i>
<i>HALLAZGO 3. SE EVIDENCIA QUE EL LOTE DE VARILLAS MUESTREADO POR EL LANAMMEUCR CUMPLE CON ESPECIFICACIONES DE ELONGACIÓN, ESFUERZO DE FLUENCIA Y ALTURAS, ESTO SEGÚN LO ESTIPULA LA SECCIÓN 107 DEL CR-2010.</i>	<i>40</i>

Informe LM-PI-AT-026-17	noviembre , 2018	Página 4 de 58
-------------------------	------------------	----------------



HALLAZGO 4. LAS MUESTRAS DEL ACERO ESTRUCTURAL UTILIZADO EN LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE PROYECTO CUMPLEN CON LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS EN LA NORMA AASHTO M270GRADO 50S EN CUANTO A SUS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS. 45

HALLAZGO 5. LOS ESPESORES DE PINTURA EVALUADOS POR EL LANAMMEUCR CUMPLEN CON LO INDICADO EN LOS PLANOS DEL PROYECTO. 46

11. CONCLUSIONES..... 48

12. RECOMENDACIONES 48

13. REFERENCIAS..... 49

14. ANEXOS 51

14.1. OFICIO POE-08-2018-0977 51

14.2. ANÁLISIS DEL OFICIO POE-08-2018-0977 55

A. OBSERVACIÓN 1. SE DETECTAN OPORTUNIDADES DE MEJORA EN LA ANOTACIÓN DE LA INFORMACIÓN EN LOS REGISTROS DE INSPECCIÓN DEL PROYECTO..... 56

B. OBSERVACIÓN 2. EXISTEN OPORTUNIDADES DE MEJORA EN EL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS. 56

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 1. COLOCACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CONDICIONES LLUVIOSAS. FECHA DE LA FOTOGRAFÍA 20 DE JULIO DE 2018. FUENTE: DENUNCIA CIUDADANA..... 14

FOTOGRAFÍA 2 Y 3. "REGISTROS DE PROTOCOLO DE INSPECCIÓN" CÓDIGO RI-I-017, CORRESPONDIENTES AL 13/07/18 Y AL 20/07/18 . FOTOGRAFÍA TOMADA: 9 DE AGOSTO DE 2018. FUENTE: LANAMMEUCR..... 16

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. RESUMEN DE OFICIOS ENVIADOS A LA ADMINISTRACIÓN DURANTE EL PROCESO DE AUDITORÍA..... 10

TABLA 2. RESULTADOS DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO A 28 DÍAS..... 23

TABLA 3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR. 24

TABLA 4. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE FUERA DE LOS RANGOS ESTIMADOS PARA LAS MUESTRAS ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR DE CONCRETO. . 25

TABLA 5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL LABORATORIO DE LGC. 30

Informe LM-PI-AT-026-17	noviembre , 2018	Página 5 de 58
-------------------------	------------------	----------------



TABLA 6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE FUERA DE LOS RANGOS ESTIMADOS PARA LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL LABORATORIO DE LGC....	30
TABLA 7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL LABORATORIO DE CASTRO&DELA TORRE Y EL LABORATORIO DE VIETO.	35
TABLA 8. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE FUERA DE LOS RANGOS ESTIMADOS PARA LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL LABORATORIO DE CASTRO&DELA TORRE Y EL LABORATORIO DE VIETO.	35
TABLA 9. IDENTIFICACIÓN DEL ACERO DE REFUERZO MUESTREADO POR EL LANAMMEUCR.	41
TABLA 10. RESULTADOS DE CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LAS VARILLAS ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR.	41

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. VALORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR. FUENTE: LANAMMEUCR	26
GRÁFICO 2. VALORES DE TEMPERATURA DE COLOCACIÓN PARA LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR. FUENTE: LANAMMEUCR	27
GRÁFICO 3. VALORES DE REVENIMIENTO DEL CONCRETO FRESCO PARA LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR FUENTE: LANAMMEUCR.....	28
GRÁFICO 4. VALORES DE CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO FRESCO PARA LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR FUENTE: LANAMMEUCR	29

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN DEL PROYECTO.	12
FIGURA 2. ANÁLISIS RESPUESTA DEL PAVIMENTO MEDIANTE EL SOFTWARE PITRA PAVE. FUENTE: CONAVI , 2018	19
FIGURA 3. ANÁLISIS DE DESEMPEÑO REALIZADO A ESTRUCTURA DE PAVIMENTO PROPUESTA FUENTE: CONAVI , 2018	20
FIGURA 4. ANÁLISIS DE DESEMPEÑO REALIZADO A ESTRUCTURA DE PAVIMENTO PROPUESTA FUENTE: CONAVI , 2018	21
FIGURA 5. ESQUEMA CON LAS DIMENSIONES DE LAS MUESTRAS DE ACERO ESTRUCTURAL ..	45
FIGURA 6. VIGA SELECCIONADA PARA LA MEDICIÓN DE ESPESORES DE PINTURA. FECHA: 13 DE DICIEMBRE DE 2017. FUENTE: LANAMMEUCR	47



INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA.

EVALUACIÓN DEL DISEÑO DE PAVIMENTOS, LA CALIDAD DE LOS MATERIALES Y LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS DEL PROYECTO: Construcción sostenible del puente sobre el río Virilla en la Ruta Nacional No. 147).

1. FUNDAMENTACIÓN

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

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

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

2. OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS

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

3. OBJETIVOS DEL INFORME

3.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de esta Auditoría Técnica realizada en el proyecto "Construcción sostenible del puente sobre el río Virilla en la Ruta Nacional No. 147," es analizar el diseño de pavimentos,

Informe LM-PI-AT-026-17	noviembre , 2018	Página 7 de 58
-------------------------	------------------	----------------



así como los aspectos importantes en torno a la calidad de los materiales y específicamente, el concreto, la pintura y el acero. Adicionalmente, se pretende evaluarlos aspectos constructivos.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una revisión y análisis del diseño de pavimentos.
- Evaluar el cumplimiento de las especificaciones del concreto, el acero y la pintura a partir de muestreos puntuales realizados por el LanammeUCR, el laboratorio de control y el laboratorio de verificación de calidad.
- Analizar las prácticas constructivas utilizadas en el proyecto.

4. ALCANCE DEL INFORME

El alcance de esta Auditoría Técnica se centró en presentar un análisis general de los resultados de las muestras de concreto y acero colocados en el proyecto en cuestión, que fueron emitidos por los laboratorios de LanammeUCR y verificación de calidad. Así como el análisis del diseño de pavimento y de las prácticas constructivas de la obra en un plazo que comprende de setiembre de 2017 a junio de 2018

Es importante aclarar que la toma de muestras del proyecto por parte de la Auditoría Técnica dentro del proceso de fiscalización, no tiene como finalidad cumplir la función del control ni verificación de calidad, tampoco le corresponde a esta Auditoría Técnica, realizar evaluaciones exhaustivas a nivel de proyecto, que son de competencia propia de la Administración, no obstante la Unidad de Auditoría Técnica sí se asegura de realizar muestreos aleatorios y no sesgados. El presente informe no pretende ser un dictamen final de la calidad del proyecto, sino un insumo para que la Administración realice una revisión de los resultados obtenidos por el LanammeUCR, en contraste con los controles propios, tanto de la verificación como del control de calidad por parte del contratista, controles que deben existir en todo proyecto de obra vial.

Por otro lado, se reitera que la Auditoría Técnica corresponde a una descripción de los hechos observados en un momento determinado. Es un instrumento específico del proyecto, los datos presentados en los informes emitidos por esta unidad sirven como referencia para que la Administración tome las acciones correctivas respectivas, máxime que el proyecto en cuestión se encontraba en proceso constructivo durante la ejecución de la auditoría técnica. La determinación del nivel de cumplimiento contractual y la determinación de corrección de defectos o aplicación de multas es una responsabilidad propia de la Administración.

Informe LM-PI-AT-026-17	noviembre , 2018	Página 8 de 58
-------------------------	------------------	----------------



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.

Este informe se efectuó siguiendo los procedimientos de Auditoría Técnica, mediante la solicitud y revisión de la documentación del proyecto, cuando fue posible, 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 y ensayos a los materiales.

6. DOCUMENTOS DE PREVALENCIA

- Ley de Contratación Administrativa (Ley No. 7494 del 02 de mayo de 1995) y sus reformas y su respectivo Reglamento (Decreto Ejecutivo número 33411-H del 27 de setiembre del 2006) y sus reformas.
- El cartel de licitación, incluyendo las Especificaciones Especiales, sus aclaraciones y sus enmiendas.
- La oferta adjudicataria.
- El contrato refrendado por la Gerencia de Gestión de Asuntos Jurídicos del CONAVI.
- “Especificaciones generales para la construcción de caminos, carreteras y puentes (CR-2010)”.
- El código de construcción.
- La norma “AASHTO LRFD Bridge Design Specifications”, de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), edición 2012
- La especificación “AASHTO LRFD Seismic Bridge Design”, del Subcomité para efectos sísmicos en puentes 2007
- Steel Bridge Handbook. FHWA, 2012.
- Código Sísmico de Costa Rica 2010.
- Lineamientos para el diseño sismo resistente de puentes.
- El Código de Cimentaciones de Costa Rica, edición 2009
- Las Normas para la colocación de dispositivos de seguridad para protección de obras y demás disposiciones contractuales.

Informe LM-PI-AT-026-17	noviembre , 2018	Página 9 de 58
-------------------------	------------------	----------------



- Manual de diseño estándar para la construcción de carreteras, caminos y puentes de Costa Rica (DE-2010) o última versión.
- Manual Centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito (SIECA, 2000).
- Pesos y Dimensiones, Decreto N° 33773-MOPT, publicado en La Gaceta N° 99 de fecha 24 de mayo de 2007 y sus modificaciones.
- Componentes de seguridad vial, implementación regulada mediante Decreto Ejecutivo No. 33148 y publicado en el Diario Oficial La Gaceta No. 100 del 25 de mayo del 2006
- Normas y diseños para la construcción de carreteras del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Plan Vial.
- Todas aquellas normas ASTM que cuenten con homologación vigente del Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO) registrarán sobre su homologada (ver Anexo K). El contratista tendrá la obligación de verificar y aplicar toda la normativa INTECO aplicable.

7. ANTECEDENTES

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, durante el desarrollo de este proceso se emitieron varios oficios las cuales se citan a continuación:

Tabla 1. Resumen de oficios enviados a la Administración durante el proceso de Auditoría

Oficio/ Nota Informe	Fecha de emisión	Asunto	Oficio respuesta de la Administración
LM-AT-062-2017	25/05/2017	Inicio de Auditoría y solicitud de información	*
LM-AT-104-2017	16/08/2017	Recordatorio de información faltante	POE-09-2017-0933
LM-AT-150-2017	08/12/2017	Remisión de informes de calidad	No aplica
LM-AT-032-2018	19/03/2018	Solicitud de información	POE-08-2018-0259
LM-AT-053-2018	06/04/2018	Consultas varias diseño de pavimentos	POE-08-2018-0403
LM-AT-093-2018	13/04/2018	Observaciones de gira	POE-08-2018-0409

(*) No se recibió respuesta

Informe LM-PI-AT-026-17	noviembre , 2018	Página 10 de 58
-------------------------	------------------	-----------------



8. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La finalidad del proyecto “*Construcción sostenible del Puente sobre el Río Virilla sobre la Ruta Nacional 147*” es la construcción de un nuevo puente en paralelo al existente con el objeto de duplicar la capacidad de la carretera en este punto. Las características básicas del puente son las siguientes:

- Puente tipo pórtico metálico de canto variable.
- Tiene 132,66 m de longitud y consta de tres vanos de 39,5 + 54,0 + 39,16 m
- Las patas o pilas del pórtico forman un ángulo de unos 29° con respecto de la horizontal y se apoyan en la ladera rocosa mediante placas de cimentación paralelas a la misma
- El tablero tiene 12,10 m de ancho y consta de una losa de compresión de concreto reforzado de espesor variable (0,2 a 0,3 m) y dos vigas metálicas tipo doble “T” debidamente arriostradas y con peralte variable.
- El peralte del tablero es variable de 1,7 a 2,5 m, siendo máximo en la unión de las patas con el tablero (nudo de empotramiento) y mínimo en el centro del vano central y los bastiones.

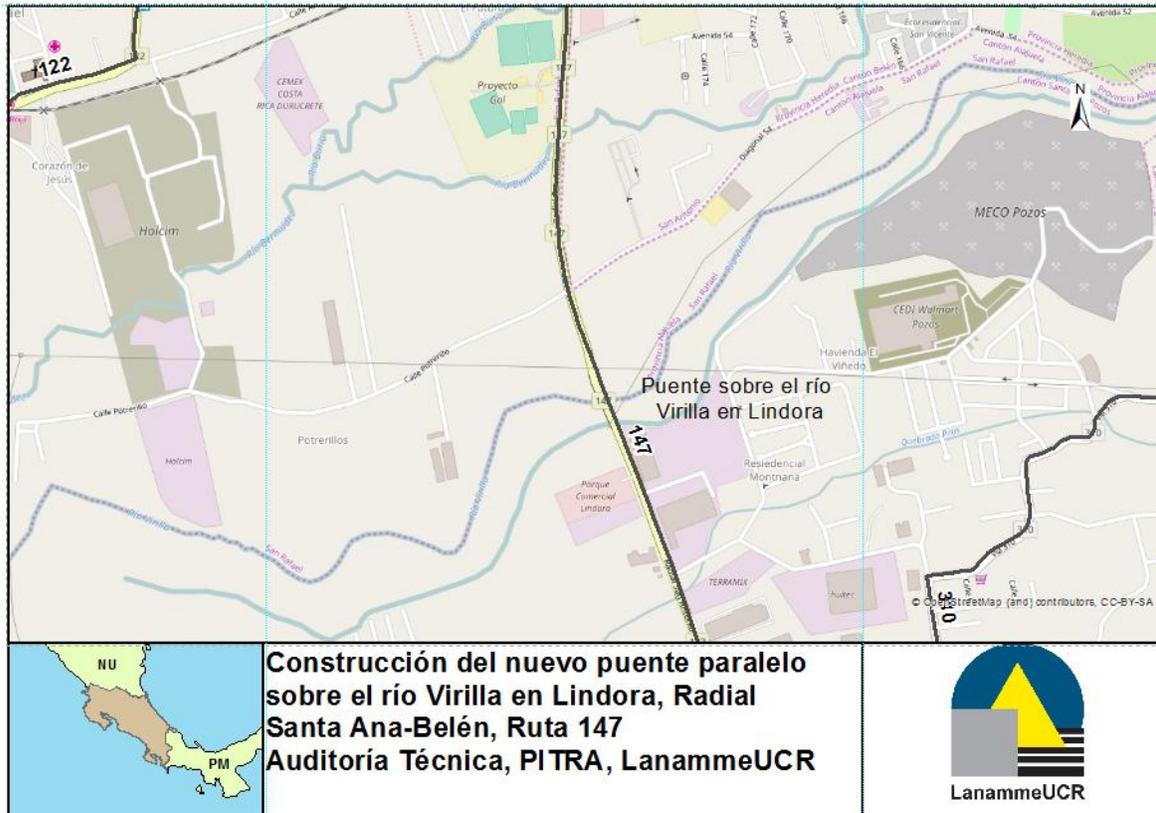


Figura 1. Ubicación del proyecto.

9. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSION PRELIMINAR LM-PI-AT-26B-17

Como parte de los procedimientos de auditoría técnica, mediante oficio LM-AT-124-18 del 27 de setiembre de 2018 se envía el informe preliminar LM-PI-AT-026B-17 a la parte auditada para que sea analizado y de requerirse, se proceda a esclarecer aspectos que no hayan sido considerados durante el proceso de ejecución de la auditoría, por lo que se otorga un plazo de 15 días hábiles posteriores al recibo de dicho informe para el envío de comentarios al informe preliminar. Dicho plazo se extendía hasta el 22 de octubre de 2018.

Como parte del proceso de Auditoría se propone una reunión el jueves 4 de octubre de 2018 con el auditado con el fin de comentar aspectos relacionados con el informe. Esta reunión contó con la participación del Ingeniero Carlos Jimenez y Álvaro Solís de la Unidad Ejecutora del Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura Vial, el Ing. Juan Carlos Rosas, el Ing.

Informe LM-PI-AT-026-17	noviembre , 2018	Página 12 de 58
-------------------------	------------------	-----------------



Dennis Fernández y la Ing. Marilyn Solís por parte de UNOPS y por parte del LanammeUCR, el Ing. Francisco Fonseca, el Ing. Victor Cervantes, el Ing. Sergio Guerrero y la Ing. Wendy Sequeira.

El día miércoles 24 de octubre de 2018 se recibe en las instalaciones del LanammeUCR el oficio POE-08-2018-0977 en el cual se adjunta el oficio U NOPS-90413-20181023-209-JCR-RESPU ESTA OFICIO POE-08-2018-094 de Juan Carlos Rosas Representante del empleador UNOPS.

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-026-17 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 de auditoría técnica en este informe se fundamentan en evidencias representativas, veraces y objetivas, respaldadas en la experiencia técnica de los profesionales de auditoría técnica, el propio testimonio del auditado, el estudio de los resultados de las mediciones realizadas 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.

Por lo tanto, las recomendaciones que se derivan del análisis de los hallazgos y observaciones deben ser atendidas planteando acciones correctivas y preventivas, que prevengan el riesgo potencial de incumplimiento.

SOBRE LAS PRACTICAS CONSTRUCTIVAS

Hallazgo 1. Se evidencia colocación de mezcla asfáltica en condiciones lluviosas

El día 20 de julio se realizó una visita técnica al proyecto, y se observaron actividades de colocación de mezcla asfáltica durante la mañana, bajo condiciones climáticas favorables.

Informe LM-PI-AT-026-17	noviembre , 2018	Página 13 de 58
-------------------------	------------------	-----------------



Posteriormente, de acuerdo con una denuncia que se hace del conocimiento al equipo auditor, en horas de la tarde se continuó con la colocación de la mezcla asfáltica bajo condiciones lluviosas.



Fotografía 1. Colocación de mezcla asfáltica en condiciones lluviosas. Fecha de la fotografía 20 de julio de 2018. Fuente: Denuncia Ciudadana

El CR-2010 en la sección 402 en el apartado 402.07 “Limitaciones Climatológicas” indica que “La mezcla asfáltica deberá ser colocada en un día seco...” por lo que las condiciones presentadas obligaban a la detención de la actividad. Efectivamente, en el Informe Mensual de Avance de Obra del mes de julio, se menciona que el inspector “le indica al encargado detenerse y no hace caso y sigue colocando.”

La afectación de la mezcla asfáltica colocada bajo lluvia, está ampliamente documentada, debido a que incide directamente en la densificación insuficiente del material, provocando la presencia de múltiples orificios (vacíos) en la carpeta por donde puede ingresar agua y aire que provocan el envejecimiento de la mezcla asfáltica. También la afectación de la humedad en la mezcla provoca que no exista una eficiente adherencia entre partículas, lo que promueve



que estas se vayan desprendiendo en el tiempo, sobretodo si no posee suficiente densificación.

Además se debe considerar la afectación en el riego de liga, el cual sirve para adherir la capa colocada con la subyacente ya que podría no generar una adecuada adherencia, por lo que la capa colocada tiende a trabajar individualmente del resto de la estructura, ante las cargas y se ve reducida la vida útil de la capa de rueda.

Se debe considerar que la afectación ante las condiciones constructivas observadas, puede que no se perciba de forma inmediata. Sin embargo, es claro que la afectación existe y que puede verse reflejada en deterioros prematuros que se traducen a una superficie en condición buena durante menor tiempo y en consecuencia con mayores necesidades de inversión en mantenimiento.

Mediante al oficio POE-08-2018-0658 del 6 de agosto se adjunta el “Memo de Supervisión y Control de calidad No. 94” del 3 de agosto del 2018 en el cual se indica que se sacaron núcleos por parte del laboratorio de verificación de calidad. El memorando indica que los núcleos en cuestión presentan continuidad entre las dos capas y que el porcentaje de vacíos alcanzados fue de 4,9% lo cual cumple la especificación del proyecto.

El equipo auditor después de revisar los argumentos presentados en el “Memo de Supervisión y Control de calidad No. 94”, se permite indicar que el deterioro de la mezcla por la colocación con lluvia no se circunscribe únicamente a estas dos situaciones.

De acuerdo a las condiciones constructivas identificadas, existe una afectación producto del ingreso y la presencia de agua en el interior de la mezcla asfáltica colocada, la cual se verá reflejada en el desempeño de la carpeta asfáltica y su durabilidad. Este tipo de deterioro es conocido como daño por humedad, el cual puede ocurrir debido a una pérdida de adherencia entre el ligante asfáltico y el agregado o a la difusión de humedad a través de la matriz asfáltica, debilitando en la estructura de la mezcla y haciéndola más susceptible a la aplicación de cargas cíclicas asociadas al paso de vehículos.

Los tipos de manifestaciones de daño por humedad tienen en común la pérdida de las propiedades de adhesión en la interfase agregado-cemento asfáltico, de modo que la presencia de humedad durante el proceso constructivo genera consecuencias irreversibles que se verán reflejas a corto o mediano plazo, el cual es catalogado como una de las principales causas de falla prematura en pavimentos asfálticos.

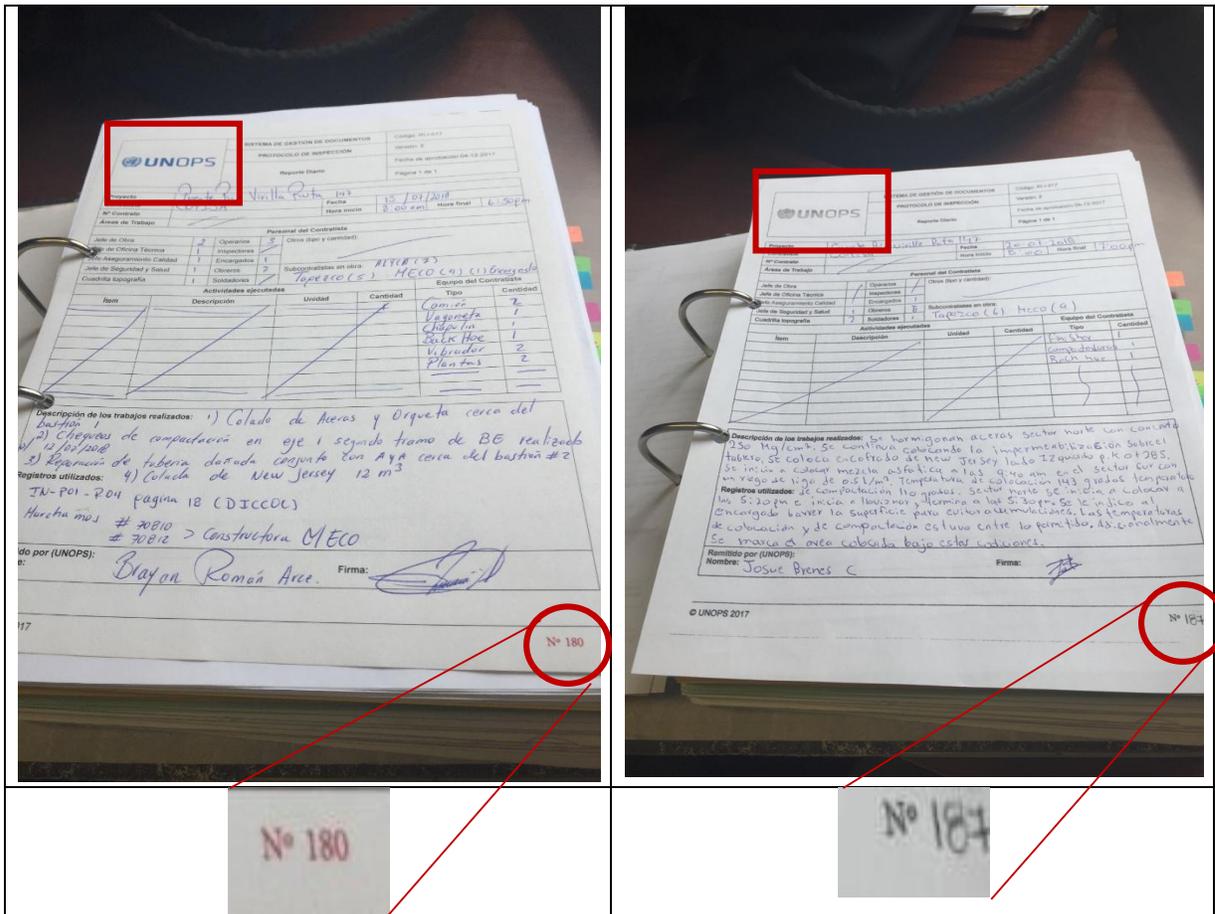
Es criterio del equipo auditor que a pesar de que las condiciones climáticas pueden cambiar de forma repentina y repetida, esto no puede ser justificante para que se dejen de lado buenas prácticas constructivas y que se ponga en riesgo la durabilidad de una obra de infraestructura vial de gran importancia para el país.



Observación 1. Se detectan oportunidades de mejora en la anotación de la información en los registros de inspección del proyecto.

Durante la colocación de mezcla asfáltica del día 20 de julio de 2018, el equipo auditor recibió una denuncia ciudadana en la cual se indicaba que se estaba colocando mezcla asfáltica bajo condiciones de lluvia. Por lo que, mediante oficio LM-PI-056-2018 del 23 de julio de 2018, se advirtió de esta situación y sus repercusiones en el desempeño de la mezcla asfáltica.

En aras de poder recabar información sobre esta situación se solicita a la UNOPS los registros de los informes de diarios de inspección ("Protocolo de inspección" código RI-I-017) del mes de julio. En primera instancia, el equipo auditor advierte que los registros no están encuadernados, pero que cada una de las páginas cuentan con un folio para una adecuada identificación y control de la documentación, tal como se muestra en la fotografía 2.



Fotografía 2 y 3. "Registros de Protocolo de inspección" código RI-I-017, correspondientes al 13/07/18 y al 20/07/18 . Fotografía tomada: 9 de agosto de 2018. Fuente: LanammeUCR

Informe LM-PI-AT-026-17	noviembre , 2018	Página 16 de 58
-------------------------	------------------	-----------------



Al revisar el folio correspondiente al día 20 de julio de 2018 se observa que la numeración no es de imprenta, como se nota en los demás folios predecesores, sino que el consecutivo con el que se identifica dicha hoja está escrito a mano. Además, parece que el registro corresponde a una fotocopia, ya que varios aspectos no se encuentran a color como en los registros anteriores, tal como el logotipo de UNOPS y la identificación del folio (tal como se nota en las fotografías 2 y 3). Al consultar al personal de la supervisión indicaron que se les acabaron los folios, por lo que decidieron utilizar fotocopias para mantener la continuidad de la información de inspección que se consigna en los registros.

Con el fin de evaluar la trazabilidad de los registros RI-I-17, se solicitó a la ingeniería de proyecto el “Informe Mensual de Avance de Obra” del mes de julio de 2018, en el cual se analizaron los folios 186,187 y 188. De estos, tanto el 186 del día 19 de julio de 2018 como el 188 del día 21 de julio de 2018 son copia fiel de las anotaciones consignadas por el inspector en los registros llenados a mano. Sin embargo, el registro 187 correspondiente al día 20 de julio de 2018 presenta diferencias sustanciales entre lo consignado por el inspector en el registro RI-I-17 folio 187 y lo constatado en el informe mensual.

En el registro RI-I-17 folio 187 se indica que la inspección gira la instrucción al contratista de barrer la superficie para evitar la acumulación de agua, mientras que el registro del informe mensual se indica que la inspección solicitó al contratista la detención de la actividad de colocación por lluvia presente en el momento de la colocación, aspecto que no fue acatado por el mismo. Adicionalmente, en el registro RI-I-17 folio 187 se indica que las condiciones de lluvia cesan a las 5:30 pm, mientras que en el informe mensual no se indica la hora en que dejó de llover.

Sobre lo anterior, es criterio del equipo auditor que estas diferencias no permiten asegurar la fidelidad y trazabilidad de la información emitida sobre lo acontecido en campo y lo que se notifica a la ingeniería de proyecto. Adicionalmente, es criterio del equipo auditor que el uso de fotocopias y que estas sean foliadas a mano puede generar riesgos de veracidad de la información que debe quedar consignada en los registros, particularmente sobre aquellos acontecimientos relevantes que impactan (o podrían impactar a futuro) la calidad final del proyecto que se construye.



SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTOS

Observación 2. Existen oportunidades de mejora en el diseño de la estructura de pavimentos.

La revisión del diseño de pavimentos adjuntado en el Anexo 5 " Firmes y pavimentos" del Tomo 1 " Diseño de detalle de la duplicación del puente sobre el río Virilla, Ruta Nacional No. 147 "RADIAL LINDORA" permitió identificar oportunidades de mejoras en el análisis del desempeño y parámetros de diseño seleccionados.

Sobre el análisis de desempeño de la estructura de pavimentos propuesta en el diseño.

Se evidenció que el contenido del Anexo 5 " Firmes y pavimentos" del Tomo 1 " Diseño de detalle de la duplicación del puente sobre el río Virilla, Ruta Nacional No. 147 "RADIAL LINDORA" no contempló originalmente el análisis de desempeño de la estructura de pavimentos propuesta.

El equipo auditor mediante el oficio LM-AT-53-2018 solicitó la aclaración sobre la ausencia del análisis de desempeño en el diseño propuesto en la documentación del proyecto.

La Administración a través del oficio POE-08-2018-0403 indicó que la UNOPS en la etapa de revisión de diseño realizó los análisis de desempeño, los cuales fueron adjuntados en dicho oficio. Si bien la evidencia presentada en el oficio POE-08-2018-0403 muestra la realización del análisis de respuestas del pavimento y de desempeño, esta información no formaba parte de la documentación oficial del proyecto. Es criterio del equipo auditor que la Administración debió haber identificado la ausencia de este análisis y haberlo solicitado a la UNOPS como garantía al diseño propuesto.

Sobre este aspecto es importante señalar que el análisis de desempeño es necesario para garantizar la vida útil de la estructura según las dimensiones propuestas en el pavimento diseñado, por lo que la ausencia de este tipo de análisis podría no identificar potenciales fallas prematuras por fatiga o de formación permanente de la estructura del pavimento propuesto.

Por otro lado, la información aportada por la UNOPS correspondiente al análisis de desempeño no es clara en relación con los parámetros utilizados en el software PITRA PAVE para estimar las respuestas del pavimento. Por lo que, según la revisión realizada por el equipo auditor sobre la documentación aportada en el oficio POE-08-2018-0403, no hay información sobre:

Informe LM-PI-AT-026-17	noviembre , 2018	Página 18 de 58
-------------------------	------------------	-----------------

- Número de capas contempladas en el software.
- Módulos de elasticidad y coeficientes de Poisson por capa utilizados en el software.
- Posición de los puntos de análisis para obtención de respuestas del pavimento.
- Tipo de carga y presión inflado de análisis.

En la Figura 2, se muestra la información aportada por la Administración en el oficio POE-08-2018-0403, en la cual no se muestra la información anteriormente mencionada.

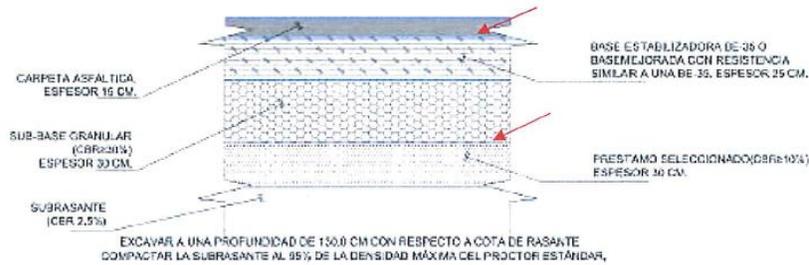


Imagen N°2 Paquete estructural propuesto, puntos de análisis P1 y P2.

#	Sxx (psi)	Syy (psi)	Szz (psi)	Sxy (psi)	Sxz (psi)	Syz (psi)
1	-4.2533e+01	-4.2533e+01	2.5213e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
2	1.6650e-01	1.6650e-01	1.2125e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00

Imagen N°3 Esfuerzos obtenidos en P1 y P2. (Programa de calculo Pitra Pave, Lanamme) 20 años de vida útil

#	Exx (1)	Eyy (1)	Ezz (1)	Exy (1)	Exz (1)	Eyz (1)
1	-6.6210e-05	-6.6210e-05	3.5393e-05	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
2	-4.3244e-05	-4.3244e-05	1.0121e-04	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00

Imagen N°4 Deformación obtenida en P1 y P2. (Programa de calculo Pitra Pave, Lanamme) 20 años de vida útil

Figura 2. Análisis respuesta del pavimento mediante el software Pitra Pave. Fuente: CONAVI, 2018

Además las ecuaciones utilizadas en el análisis de desempeño vienen referenciadas, pero no son indicadas en el oficio. Por lo tanto, no es posible revisar si fueron correctamente aplicadas o no. La información de la aplicación aportada por la Administración se muestra en la Figura 3



Análisis de fatiga en fibra inferior de la capa mezcla asfáltica. P1

Revisión por tensión en la capa asfáltica

Criterio de Falla para agrietamiento por fatiga

ESAL´s	2,58E+07	
ϵ_t	9,76E-06 mm/mm	
M_R	400000 psi	
N_F	4,05E+10	40.461.056.511,16

Comprobación Cumple

Determinación de capacidad de carga por deformación permanente en la subrasante. P2

Utilizando el modelo de deterioro recomendado por el instituto del asfalto, obtenemos:

Revisión por compresión en la capa de subrasante

Criterio de Falla por deformación permanente o ahuellamiento

ϵ_{vs}	1,01E-04 mm/mm	
N_R	1,04E+09	1.041.442.569,01

Comprobación Cumple

Por lo que la estructura de pavimento propuesta cumple con las revisión para deformación permanente y falla por fatiga.

Figura 3. Análisis de desempeño realizado a estructura de pavimento propuesta Fuente: CONAVI , 2018

Un último aspecto relacionado con el análisis de desempeño, es que el diseñador al proponer una estructura de pavimento semirrígida, el análisis de fatiga debe llevarse a cabo en la capa de mayor rigidez. En el caso de la estructura de pavimento propuesta para el proyecto "Construcción sostenible del puente sobre el Río Virilla en la Ruta nacional No147", la capa de mayor rigidez corresponde a la base estabilizada BE-25 con un módulo de rigidez de 600.000,00 psi, por lo que el análisis de fatiga debió haberse corroborado en la fibra inferior de la capa de base estabilizada con un modelo de fatiga correspondiente a este tipo de material de manera tal que se garantice la resistencia a fatiga del material ante la aplicación de cargas de tránsito durante su periodo de vida útil.

Es criterio del equipo auditor que al no efectuarse este tipo de análisis se genera la incertidumbre del cumplimiento del desempeño a fatiga de la estructura de pavimento durante su vida útil.

Sobre el módulo de sobrecapa empleado en el diseño de pavimentos

Informe LM-PI-AT-026-17	noviembre , 2018	Página 20 de 58
-------------------------	------------------	-----------------



En la revisión del diseño de pavimentos realizada por el equipo auditor se observó la utilización de un módulo de carpeta asfáltica de 400.000,00 psi como parámetro de diseño de la capa de ruedo, sin embargo, el valor del módulo seleccionado no fue justificado bajo ningún tipo de ensayo o correlación que demuestre las propiedades mecánicas del material.

En la Figura 4 se logra observar un extracto de la sección 5 " Firmes y pavimentos" en el cual se propone el uso de mezcla asfáltica según el diseño SuperPave con un módulo de 400.000,00 psi.

Capa 1: Carpeta Asfáltica

Se considera una mezcla asfáltica de tipo Superpave de acuerdo con lo especificado en la Sección 401 del CR-2010. Para efectos de seleccionar los parámetros de diseño se ha considerado que la mezcla posee un módulo de 400.000 psi. Con base en este módulo se ha considerado un coeficiente estructural para el asfalto de $a_1=0,42$.

Figura 4. Análisis de desempeño realizado a estructura de pavimento propuesta Fuente: CONAVI , 2018

Si bien el parámetro del módulo de la mezcla asfáltica se encuentra dentro del rango de valores del módulo elástico permitido por la metodología AASHTO93, es importante señalar que se debe tener un respaldo técnico basado en pruebas de laboratorio o de campo (ensayos de deflectometría en mezcla colocadas con propiedades similares) del material a utilizado modelos predictivos que justifiquen el uso de ese parámetros de manera que no se incurra en sobrediseño o subdiseños de estructuras de pavimentos.

La Administración mediante el oficio POE-08-2018-0403 señala que se entiende la necesidad de ejecutar ensayos de módulo dinámico para caracterizar la mezcla, sin embargo se justifica que en la realización del diseño no se cuenta con un proveedor específico que garantice las particularidades de la composición de la mezcla asfáltica.

Sobre este último aspecto es criterio del equipo auditor que de ninguna manera es justificable que el diseñador desconozca las propiedades del material que va emplear en el diseño o que tenga la incertidumbre de que no se puedan reproducir las propiedades consideradas como parámetros de diseño tal como se indicia en el oficio debido a la falta de definición del proveedor de mezcla asfáltica.

Lo anterior genera un alto grado de incertidumbre en la confiabilidad del diseño de pavimentos, ya que de no alcanzar el módulo propuesto se podría afectar la vida útil del diseño alcanzado. Por otro lado si el módulo es mayor, el diseño podría estar subestimando el periodo de diseño para la estructura propuesta.

Informe LM-PI-AT-026-17	noviembre , 2018	Página 21 de 58
-------------------------	------------------	-----------------



Por otro lado, en el oficio POE-08-2018-0403 se indica que la investigación del LanammeUCR "Predicción de módulos resilientes en mezclas asfálticas mediante el modelo de Witczak" arroja resultados de módulos de mezcla asfáltica cercanos a los 400.000,00 psi de acuerdo a materiales con características típicas del país en relación con granulometría, tipo de asfalto, porcentaje de vacíos y contenido de asfalto efectivo.

Sobre este aspecto se debe aclarar que el LanammeUCR en dicha investigación no concluye que los módulos de mezcla asfáltica son cercanos a los 400 .000 psi. Por el contrario, el proyecto lo que concluye es que la aplicación directa de la ecuación de Witczak es un modelo que continúa siendo aplicable para los materiales nacionales, sin embargo requiere que se ejecuten ensayos que calibren y validen los resultados obtenidos en la investigación. Además, el documento menciona la necesidad de realizar un estudio de validación del modelo obtenido, considerando las variaciones en los módulos que pueden obtenerse en las mezclas asfálticas ya colocadas y con cierto periodo de servicio.

Por lo tanto, es criterio del equipo auditor que la aseveración brindada por la Administración en relación con la justificación del valor de módulo de la mezcla asfáltica carece de sustento técnico. Si se quería utilizar el modelo de predicción propuesto en el documento como justificación para el módulo a emplear, en el diseño debió aplicarse la ecuación según las propiedades de los materiales de la mezcla asfáltica que se pretendía colocar (granulometría, tipo de asfalto, porcentaje de vacíos y contenido de asfalto efectivo) y no de las mezclas que fueron ensayadas para la investigación del modelo.

SOBRE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES

Hallazgo2.El concreto con resistencia de 280kg/cm² a los 28 días cumple con las especificaciones de resistencia, temperatura y contenido de aire, sin embargo no cumple con las especificaciones de revenimiento, establecidas en el Manual de especificaciones para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010 y lo indicado en los diseños de mezcla aportados

Con los resultados de los ensayos realizados al concreto del proyecto por el laboratorio del LanammeUCR y por el laboratorio de verificación de la calidad de Vieto y Asociados durante el periodo de la auditoría técnica, se procedió a evaluar su cumplimiento según los planos constructivos aprobados y las especificaciones del proyecto.

Informe LM-PI-AT-026-17	noviembre , 2018	Página 22 de 58
-------------------------	------------------	-----------------



➤ **LanammeUCR:**

A continuación se muestran los resultados de los ensayos realizados en el proyecto por el laboratorio de concreto y agregados del LanammeUCR durante el periodo de la auditoría.

Tabla 2. Resultados de las muestras ensayadas por el LanammeUCR de resistencia a la compresión del concreto a 28 días.

Informe No	Muestra No	Fecha de muestreo	Elemento	Temp (°C)	Cont. de aire (%)	Revenim. (mm)	Resist. Promedio 28 días (kg/cm ²)
I-0898-17	1578-17	18/08/2017	Fundación Muro 4	30,5	2,8	195	313,0
I-1075-17	1877-17	29/09/2017	Pila #2 Sector Norte	28,4	1,4	115	357,0
I-0010-18	2354-17	11/12/2017	Muro de retención, frente a bastión	23,5	1,7	150	383,0
I-0010-18	2355-17	11/12/2017	Muro de retención, frente a bastión	23,5	2,3	130	417,0
I-0010-18	2356-17	11/12/2017	Muro de retención, frente a bastión	23,0	1,8	135	407,0
I-0041-18	2420-18	20/12/2017	Muros Bastión	28,3	1,5	190	372,0
I-0045-18	2424-17	19/12/2017	Muros	25,2	1,4	140	394,0
I-0116-18	0042-18	09/01/2018	Baldosas (PRENAC)	28,0	2,5	-	491,0
I-0191-18	0115-18	23/01/2018	Fundación Pila #1, fase 1-2	25,8	1,9	110	378,0
I-0191-18	0116-18	23/01/2018	Fundación Pila #1, fase 1-2	25,8	1,8	100	384,0
I-0191-18	0117-18	23/01/2018	Fundación Pila #1, fase 1-2	28,7	2,0	110	397,0

(-) No se reportó el resultado

Con estos resultados, la Unidad de Auditoría Técnica realizó un análisis estadístico con los datos de las muestras ensayadas donde se obtiene un porcentaje total estimado de valores fuera de los rangos de trabajo (PFL) según los parámetros en estudio, el cual se desglosa a continuación.



Tabla 3. Análisis estadístico de los resultados de las muestras de concreto ensayadas por el LanammeUCR.

	Análisis Estadístico	Temperatura	Cont. de aire	Revenimiento	Resistencia 28 días
Elementos estructurales	LSE	30 °C	4 %	200 mm	-
	LIE	10 °C	1 %	160 mm	280kg/cm²
	Cantidad datos	11	11	10	11
	Grados Libertad	10	10	9	10
	Promedio	26,4 °C	1,9 %	137,5 mm	390 kg/cm²
	Desviación estándar	2,5 °C	0,5 %	32,9 mm	43,4 kg/cm²
	<i>Índice Calidad Superior</i>	1,43	4,6	1,9	-
	<i>Índice Calidad Inferior</i>	6,56	2,0	-0,7	2,5
	<i>% Incumplimiento Superior</i>	9,2%	0,0%	4,5%	-
	<i>% Incumplimiento Inferior</i>	0,0%	3,5%	74,5%	1,5%
	<i>Nivel Incumplimiento</i>	9,2%	3,6%	78,9%	1,5%
	<i>Nivel Cumplimiento</i>	90,8%	96,4%	25,7%	98,5%
	Factor de calidad	100,00%	100,00%	RECHAZO	100,00%



Tabla 4. Resultados del análisis estadístico del porcentaje fuera de los rangos estimados para las muestras ensayadas por el LanammeUCR de concreto.

Descripción	Especificación	Número de muestras (n)	Porcentaje estimado de datos fuera de los límites de especificación (%)	Máximo porcentaje fuera de los límites de especificación permitido (%)
Temperatura de colocación en elementos de concreto	20 ± 10°C	11	9,2%	44,025%
Contenido de aire en el concreto	1 – 4 %	11	3,6%	44,025%
Revenimiento del concreto fresco ⁽¹⁾	160 – 200 mm	10	78,9%	44,747%
Resistencia a la compresión	Mínimo de 280 kg/cm ²	11	1,5%	44,025%

(1) Tomado de informe ITP-822-17 "Diseño Mezcla de Concreto convencional $f'c = 280\text{kg/cm}^2$ " Propiedades del concreto fresco, Medida del revenimiento (AASHTO T119). Pág.6/6

Se puede observar en la Tabla 4 que los resultados obtenidos por el LanammeUCR, para el parámetro de resistencia a la compresión de la mezcla de concreto, se encuentran dentro de los lineamientos de las especificaciones establecidas en el CR-2010, esto en razón de que el porcentaje de trabajo fuera de los límites es menor al máximo porcentaje establecido para considerar una labor como aceptable en la sección 107 Aceptación del Trabajo, Tabla 107-2, para un número de 11 muestras). Entonces para 1,5% de nivel de incumplimiento que presentan los resultados, se tiene que el Factor de Calidad para establecer el pago en función de la calidad es de 100%.

En la Tabla 4 se puede observar también con los resultados analizados, que los parámetros de revenimiento de la mezcla de concreto se encuentran fuera de los lineamientos de las especificaciones establecidas en el CR-2010, esto en razón de que el porcentaje de trabajo fuera de los rangos establecidos es mayor a 44,747% (porcentaje establecido en la sección 107 Aceptación del Trabajo, Tabla 107-2, como aceptable para un número de 10 muestras). Entonces para un 78,9% de nivel de incumplimiento en el revenimiento, se tiene que se debe rechazar el material con base a este parámetro, pues el Factor de Calidad entra en un rango de no aceptación al superar dichos niveles de incumplimiento estadístico. Es importante mencionar que este valor de revenimiento es basado en el diseño ITP-822-17. Sin embargo en los planos constructivos se indica que el concreto debe cumplir un asentamiento de 80mm con lo cual el incumplimiento sería mucho mayor.

Seguidamente, se tiene que los parámetros de temperatura y contenido de aire cumplen con lo especificado estadísticamente, con un Factor de Calidad asignado de 100% para ambos parámetros, esto en razón de que el porcentaje de trabajo fuera de los rangos establecidos es menor al 44,025% para ambos parámetros (porcentaje establecido como aceptable en la sección 107 Aceptación del Trabajo, específicamente en la Tabla 107-2, para un número de

Informe LM-PI-AT-026-17	noviembre , 2018	Página 25 de 58
-------------------------	------------------	-----------------



11 muestras). Entonces para niveles de incumplimiento de 9,2% y 3,6% en la temperatura de colocación y el contenido de aire respectivamente, se obtiene una aceptación completa de las muestras.

En el siguiente gráfico se puede observar los valores de resistencia a la compresión de cilindros fallados a 28 días, obtenidos por el LanammeUCR. Tal y como se aprecia en el Gráfico 1, todos los valores promedio se encuentran por encima del valor mínimo especificado.

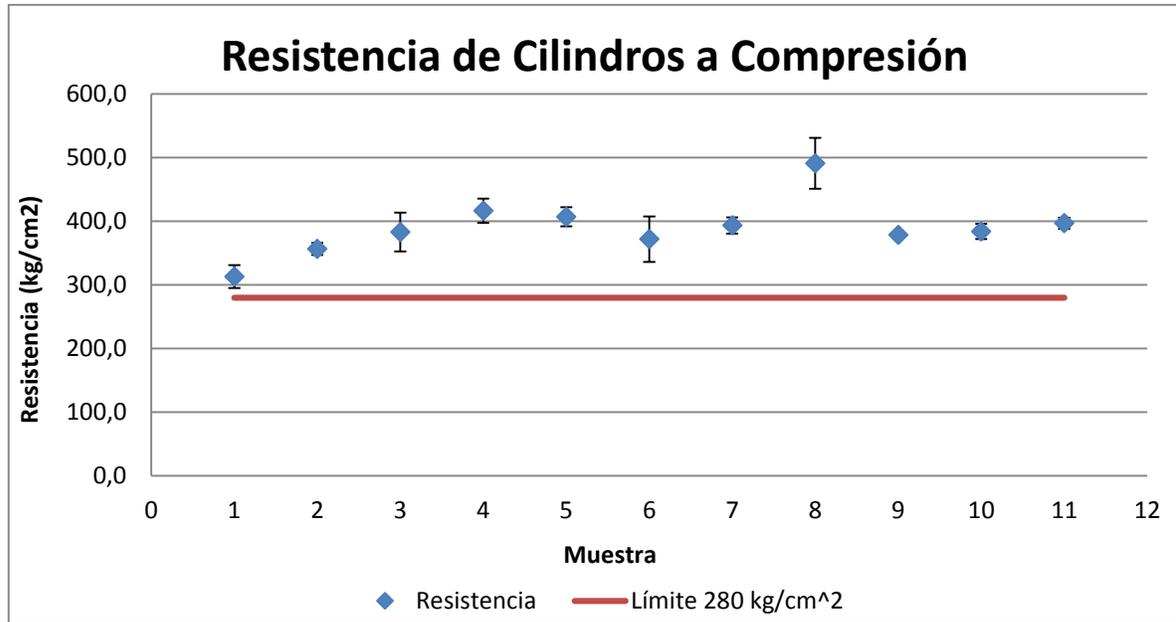


Gráfico 1. Valores de resistencia a la compresión para las muestras de concreto ensayadas por el LanammeUCR. Fuente: LanammeUCR

En el siguiente gráfico se pueden observar los valores de temperatura de colocación del concreto, obtenidos por el LanammeUCR. En el Gráfico 2 se puede observar que los valores de temperatura para los resultados obtenidos por el LanammeUCR se encuentran en su mayoría dentro del rango permitido, aunque aun así existen pocos datos que se encuentran fuera de dicho rango. Se nota que, al momento de la colocación, el concreto presenta temperaturas cercanas a 30 °C, pero en la mayoría de los casos no se excede por lo que se puede garantizar una vida útil aceptable y se podría menospreciar posibles daños por contracción.

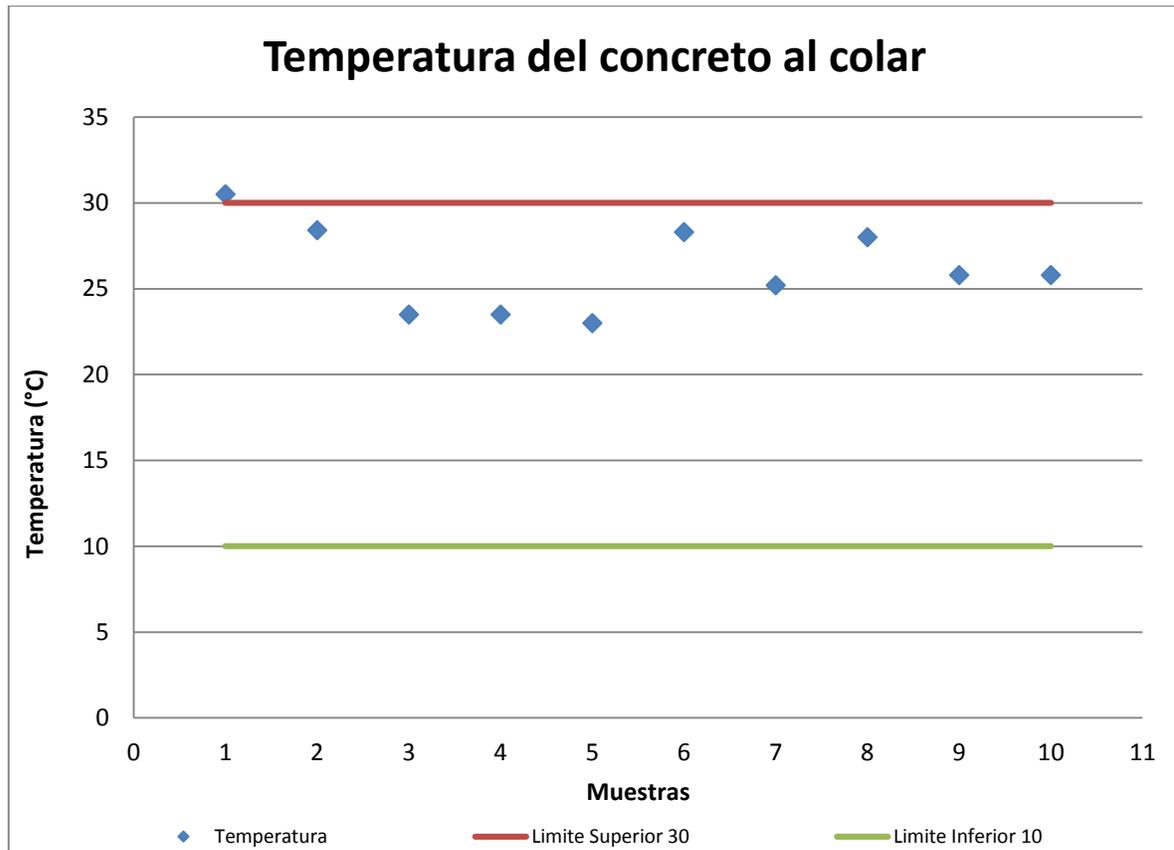


Gráfico 2. Valores de temperatura de colocación para las muestras de concreto ensayadas por el LanammeUCR. Fuente: LanammeUCR

En el siguiente gráfico se puede observar los valores de revenimiento del concreto fresco, obtenidos por el LanammeUCR. Se observa en el Gráfico 3, que la mayoría de los valores de revenimiento del concreto, se encuentran fuera del rango permitido, por lo que según el análisis estadístico, no se debería aceptar el lote de muestras debido a la alta variabilidad en los resultados de revenimiento; pues se puede determinar también en este gráfico que la mayoría de las muestras se encuentran por debajo del rango especificado indicando pérdida en la fluidez del concreto, lo cual puede provocar mayores dificultades en la colocación del mismo.

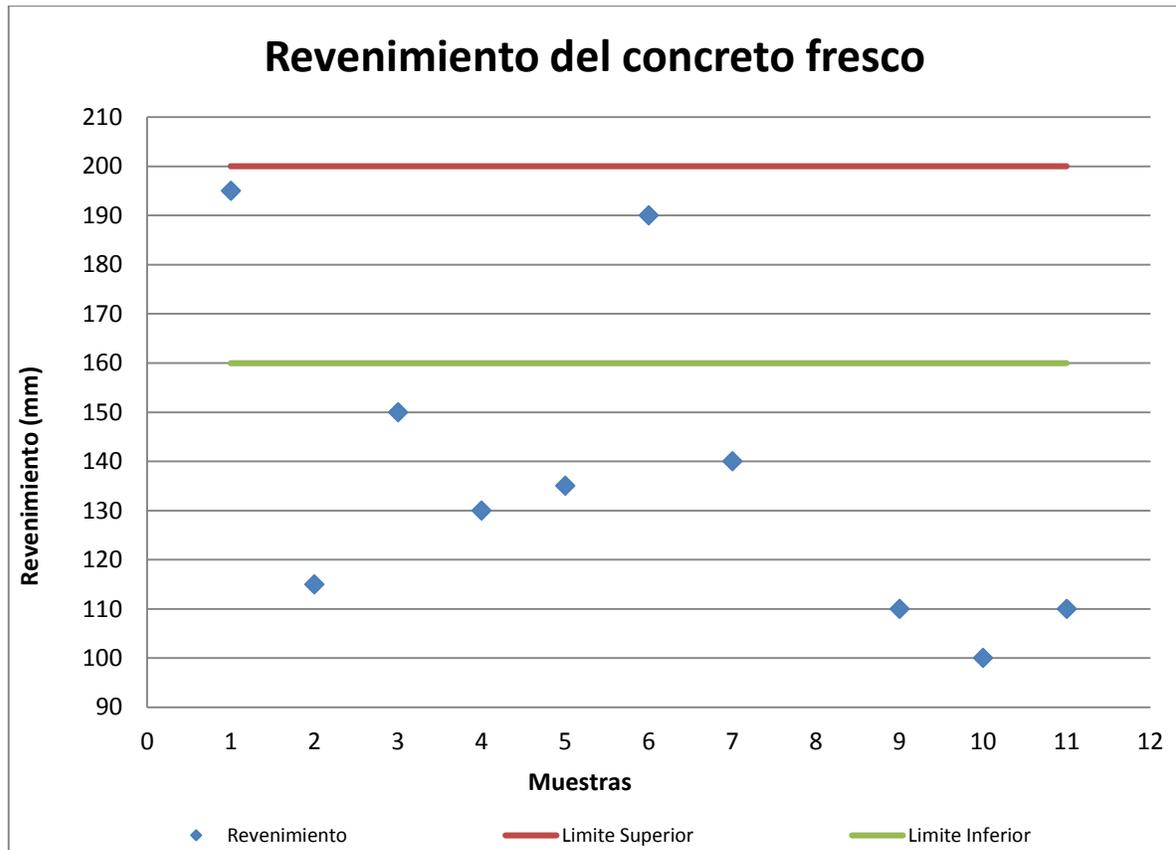


Gráfico 3. Valores de revenimiento del concreto fresco para las muestras de concreto ensayadas por el LanammeUCR Fuente: LanammeUCR

En el Gráfico 4 se puede observar que los valores de contenido de aire para los resultados obtenidos por el LanammeUCR se encuentran en su totalidad dentro del rango permitido. Se nota que el concreto presenta un contenido de aire cercano al límite inferior, por lo que se puede garantizar una vida útil aceptable y se podría predecir un buen desarrollo de resistencia.

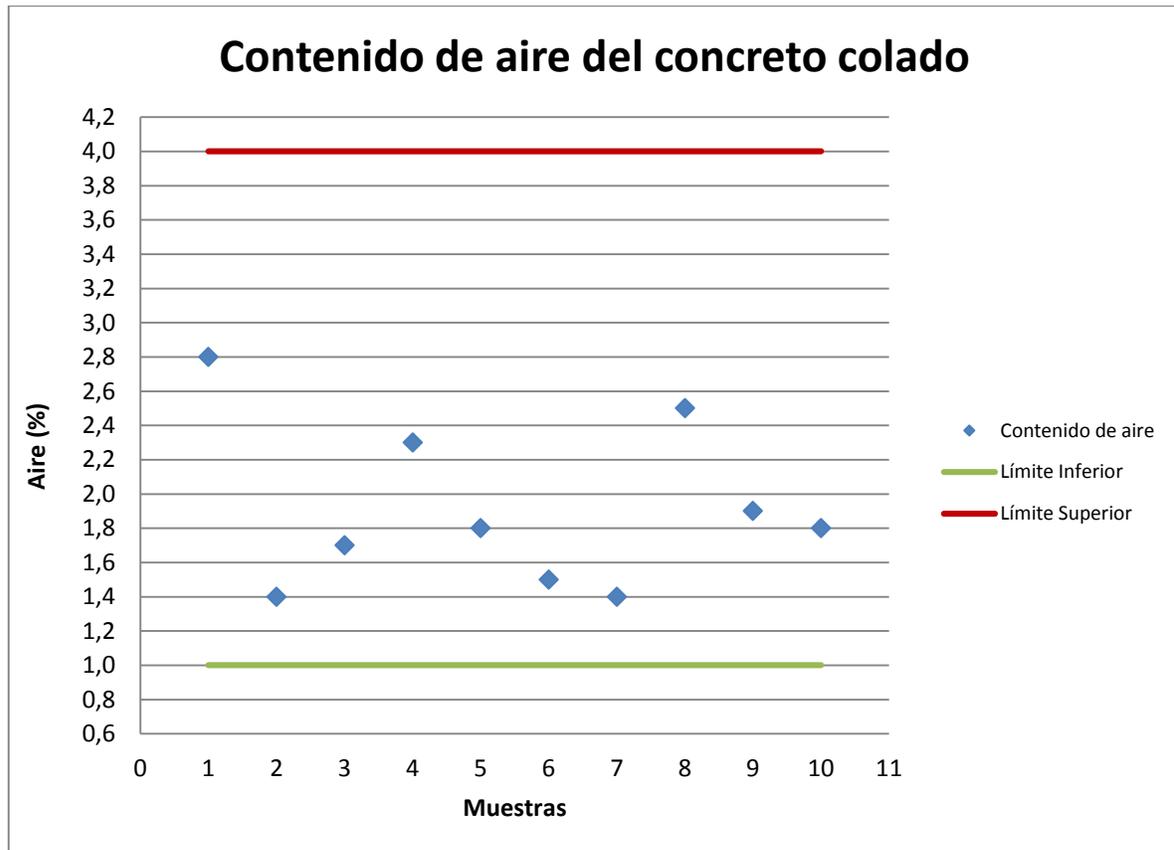


Gráfico 4. Valores de contenido de aire del concreto fresco para las muestras de concreto ensayadas por el LanammeUCR Fuente: LanammeUCR

➤ **Autocontrol:**

Con los resultados de los ensayos realizados por el laboratorio de control de calidad para el concreto muestreado en el proyecto por el laboratorio de LGC Ingeniería de Pavimentos, se procedió a evaluar su cumplimiento según los planos constructivos aprobados y las especificaciones del proyecto.

El equipo de la Unidad de Auditoría Técnica realizó un análisis estadístico con los datos de las muestras ensayadas por el laboratorio de LGC Ingeniería de Pavimentos, donde se obtiene un porcentaje total estimado de valores fuera de los rangos de trabajo (PFL) para los parámetros en estudio, el cual se desglosa a continuación en la Tabla 5.



Tabla 5. Análisis estadístico de los resultados de las muestras de concreto ensayadas por el laboratorio de LGC.

Análisis Estadístico		Temperatura	Revenimiento	Resistencia 28 días
Elementos estructurales	LSE	30 °C	200 mm	-
	LIE	10 °C	160 mm	280kg/cm ²
	Cantidad datos	32	33	53
	Grados Libertad	31	32	52
	Promedio	27,8 °C	156,5 mm	333,7 kg/cm ²
	Desviación estándar	2,0°C	38,0 mm	kg/cm ²
	Índice Calidad Superior	1,10	1,1	-
	Índice Calidad Inferior	9,0	-0,1	1,0
	% Incumplimiento Superior	14,0%	13,05%	-
	% Incumplimiento Inferior	0,0%	53,62%	16,18%
	Nivel Incumplimiento	14,0%	66,68%	16,18%
	Nivel Cumplimiento	86,0%	33,32%	83,82%
	Factor de calidad	97,4%	RECHAZO	90,8%

(-) No aplica

Tabla 6. Resultados del análisis estadístico del porcentaje fuera de los rangos estimados para las muestras de concreto ensayadas por el laboratorio de LGC.

Descripción	Especificación	Número de muestras (n)	Porcentaje estimado de datos fuera de los límites de especificación (%)	Máximo porcentaje fuera de los límites de especificación permitido (%)
Temperatura de colocación en elementos de concreto	20 ± 10°C	32	14%	35,932%
Revenimiento del concreto fresco	160 - 200 mm	33	66,68%	35,699%
Resistencia a la compresión	Mínimo de 280kg/cm ²	53	16,18%	32,108%

Se puede observar en la Tabla 6, que los resultados obtenidos por el laboratorio de autocontrol, para los mismos parámetros anteriormente tratados en el análisis de los datos muestreados por el LanammeUCR, exceptuando el contenido de aire que no se tomó en cuenta para hacer muestreo; se presentan las mismas conclusiones deducidas de la Tabla 3.

Al estar la resistencia a la compresión dentro de los lineamientos de las especificaciones establecidas en el CR-2010, esto en razón de que el porcentaje de trabajo fuera de los rangos establecidos para el parámetro de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto es menor a 32,108% (porcentaje establecido como aceptable en la sección 107 Aceptación del Trabajo, específicamente en la Tabla 107-2, para un número de 53 muestras); entonces para un 16,18% de nivel de incumplimiento que presentan los resultado, se tiene que el Factor de Calidad para establecer el pago en función de la calidad es de 90,8%.

Informe LM-PI-AT-026-17	noviembre , 2018	Página 30 de 58
-------------------------	------------------	-----------------



En la Tabla 6 también se puede observar con los resultados analizados, que el parámetro de revenimiento de la mezcla de concreto se encuentran fuera de los lineamientos de las especificaciones establecidas en el CR-2010, esto en razón de que el máximo porcentaje de resultados fuera de los rangos establecidos para ser considerado como un producto aceptable es mayor a 35,699% (porcentaje establecido igualmente en la sección 107 Aceptación del Trabajo, Tabla 107-2, para un número de 33 muestras); entonces para un 66,68% de nivel de incumplimiento en el revenimiento, se tiene que se debe rechazar pues el Factor de Calidad entra en un rango de no aceptación al tener un nivel de incumplimiento que supera el límite máximo permitido.

Asimismo, en esta Tabla 6 se puede observar que el parámetro de temperatura de colocación de la mezcla de concreto se encuentra dentro de los lineamientos de las especificaciones establecidas en el CR-2010, ya que el porcentaje de trabajo fuera del rango establecido para este parámetro en cuestión es menos a 35,932% (porcentaje establecido como aceptable en la sección 107 Aceptación del Trabajo, específicamente en la Tabla 107-2, para un número de más de 70 muestras); por lo que para un 14,00% de nivel de incumplimiento que presentan los resultados, se tiene que el Factor de Calidad para establecer el pago en función de la calidad es de 97,4%.

En el siguiente gráfico se puede observar los valores de resistencia a la compresión de cilindros fallados a 28 días, obtenidos por el laboratorio de LGC. Se puede apreciar en el Gráfico 5, que todos los valores se mantienen por encima del valor mínimo de 280 kg/cm² y de 250 kg/cm² para los cilindros fallados a 28 días, según corresponda su especificación de resistencia.

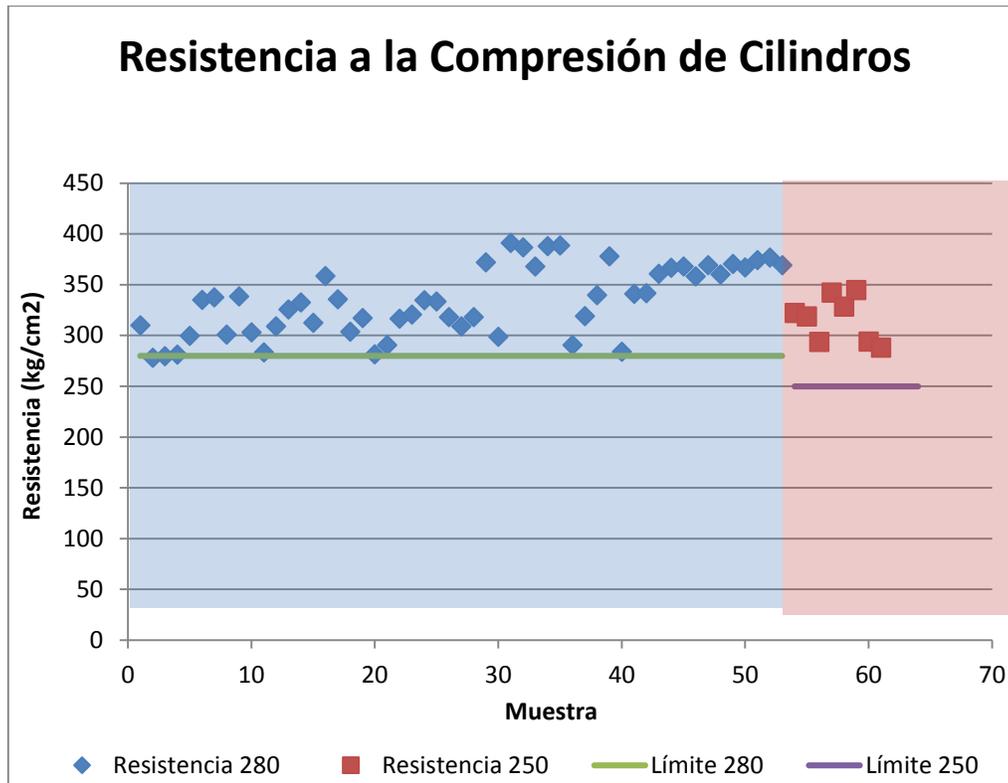


Gráfico 5. Valores de resistencia a la compresión para las muestras de concreto ensayadas por el laboratorio de LGC. Fuente: LanammeUCR

En el siguiente gráfico se puede observar los valores de temperatura de colocación del concreto, obtenidos por el laboratorio de LGC. Se puede ver en el Gráfico 6, que la mayoría de los valores de temperatura para los resultados obtenidos por el laboratorio de LGC se encuentran dentro del rango de aceptación, donde solamente pocos valores de temperatura de colocación están por encima del nivel máximo aceptable. Se puede ver además que casi todas las muestras se encuentran cercanas al nivel máximo aceptable, aunque como la mayoría muestran una temperatura dentro del rango al momento de la colocación, se considera suficiente para poder aceptar el lote de muestras.

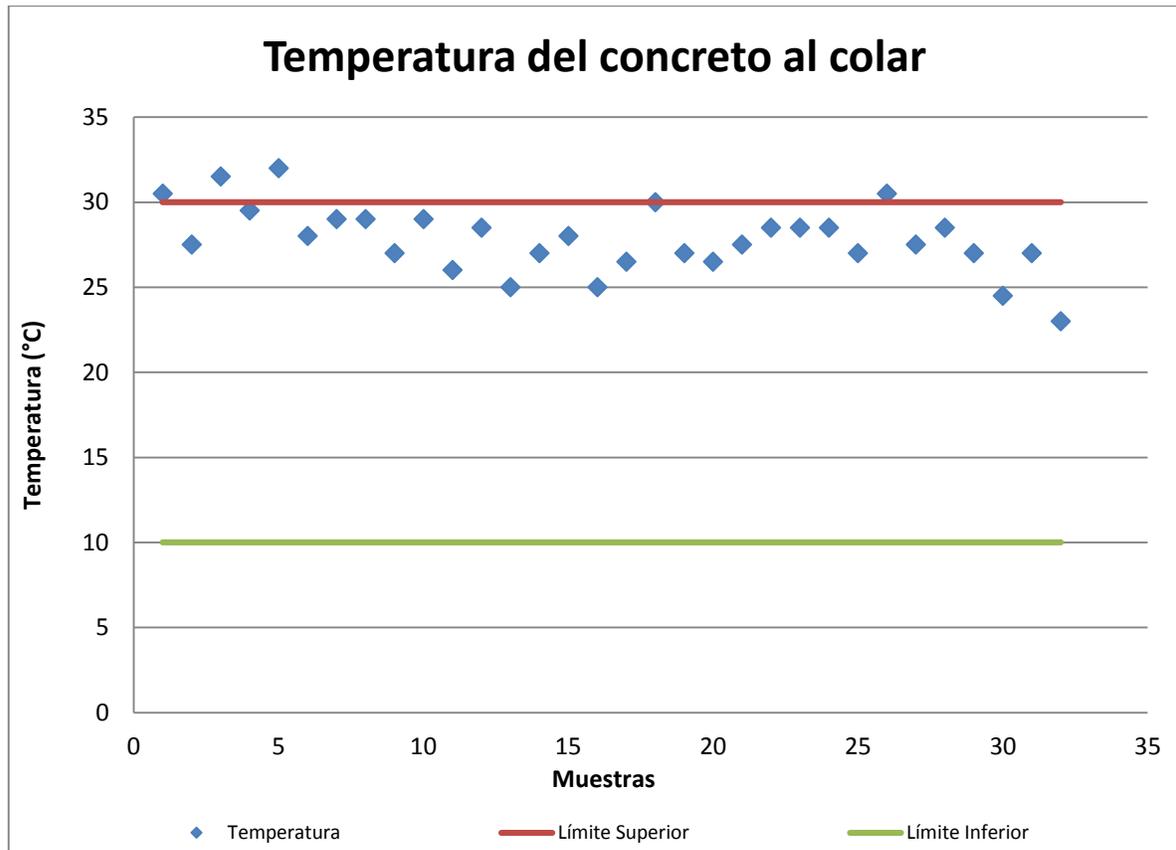


Gráfico 6. Valores de temperatura de colocación para las muestras de concreto ensayadas por el laboratorio de LGC. Fuente: LanammeUCR

En el siguiente gráfico se puede observar los valores de revenimiento del concreto fresco, obtenidos por el laboratorio de LGC. En el Gráfico 7 se puede observar que los resultados reportados revelan una variabilidad notable, ya que existe gran cantidad de muestras con valores fuera del rango establecido o muy cercanos a los límites de aceptación. Esta situación no favorece al requisito de aceptación, pues se determina que por incumplimiento de revenimiento el lote no debe ser aceptado, similar a como se presentó anteriormente con los datos del LanammeUCR.

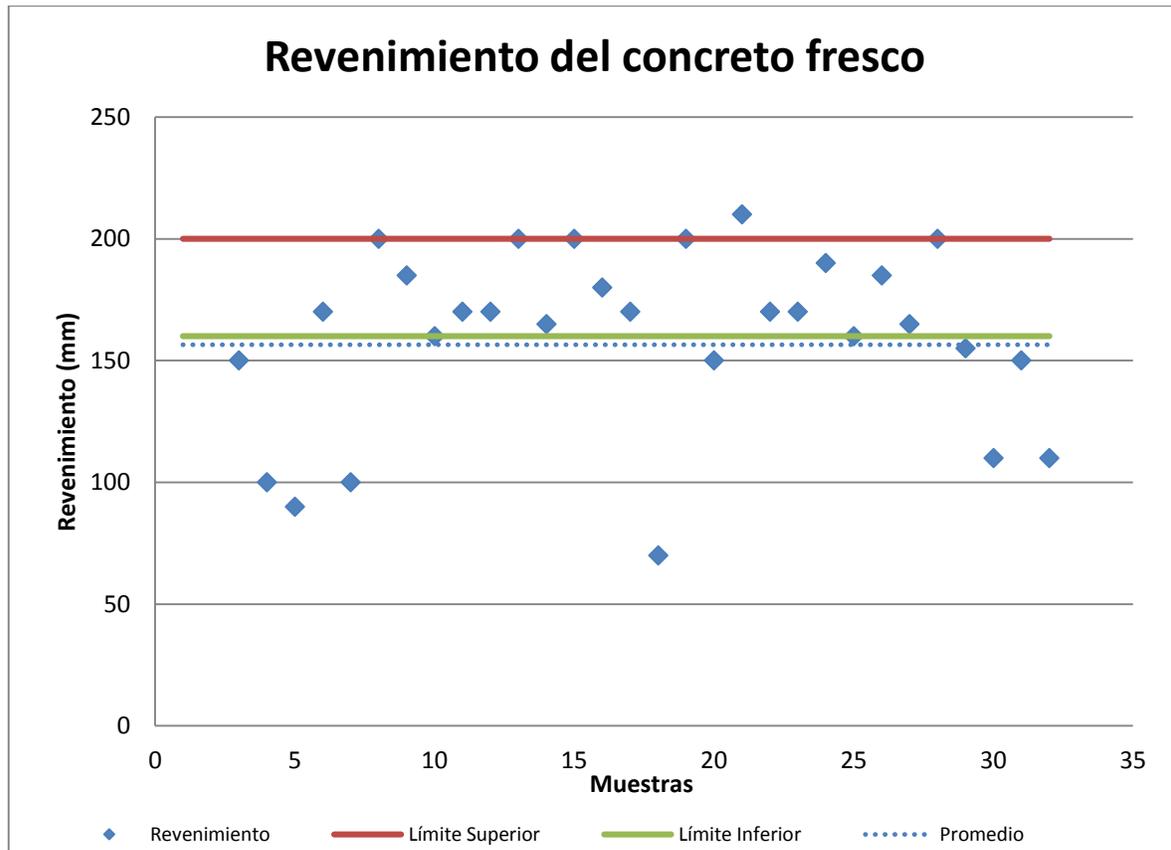


Gráfico 7. Valores de revenimiento del concreto fresco para las muestras de concreto ensayadas por el laboratorio de LGC. Fuente: LanammeUCR

➤ **Verificación:**

Con los resultados de los ensayos realizados con el concreto muestreado en el proyecto por el laboratorio de Castro&DeLaTorre y el laboratorio de Vieto, se procedió a evaluar su cumplimiento según los planos constructivos aprobados y las especificaciones del proyecto. El equipo de la Unidad de Auditoría Técnica realizó un análisis estadístico con los datos de las muestras ensayadas por los laboratorios de verificación donde se obtiene un porcentaje total estimado de valores fuera de los rangos de trabajo (PFL) para los parámetros en estudio, el cual se desglosa a continuación.



Tabla 7. Análisis estadístico de los resultados de las muestras de concreto ensayadas por el laboratorio de Castro&DeLaTorre y el laboratorio de Vieto.

Análisis Estadístico		Temperatura	Cont. de aire	Revenimiento	Resistencia 28 días
Elementos estructurales	LSE	30 °C	4,0%	200 mm	-
	LIE	10 °C	1,0%	160 mm	280 kg/cm ²
	Cantidad datos	32	4	39	15
	Grados Libertad	31	3	38	14
	Promedio	27,9°C	1,2%	164,2 mm	416,5 kg/cm ²
	Desviación estándar	2,33°C	0,3%	93,36,mm	58,42 kg/cm ²
	<i>Índice Calidad Superior</i>	0,88	No hay datos suficientes	0,38	-
	<i>Índice Calidad Inferior</i>	7,69		0,05	2,34
	<i>% Incumplimiento Superior</i>	19%		35%	-
	<i>% Incumplimiento Inferior</i>	0%		48%	2%
	<i>Nivel Incumplimiento</i>	19%		83%	2%
	<i>Nivel Cumplimiento</i>	81%		17%	98%
	Factor de calidad	91,7%		RECHAZO	100%

(-) No aplica

Tabla 8. Resultados del análisis estadístico del porcentaje fuera de los rangos estimados para las muestras de concreto ensayadas por el laboratorio de Castro&DeLaTorre y el laboratorio de Vieto.

Descripción	Especificación	Número de muestras (n)	Porcentaje estimado de datos fuera de los límites de especificación (%)	Máximo porcentaje fuera de los límites de especificación permitido (%)
Temperatura de colocación en elementos de concreto	20 ± 10°C	32	19,2%	35,932%
Contenido de aire en el concreto	1 – 4 %	4	-	-
Revenimiento del concreto fresco	160 – 200 mm	39	83,4%	34,630%
Resistencia a la compresión	Mínimo de 280 kg/cm²	15	1,98%	41,674%

(-) No se reportaron suficientes resultados para realizar análisis estadístico

Se puede observar en la Tabla 8 que con los resultados obtenidos por los laboratorios de verificación, para el parámetro de resistencia a la compresión de la mezcla de concreto, dichos resultados se encuentran dentro de los lineamientos de las especificaciones establecidas en el CR-2010, esto en razón de que el porcentaje de trabajo fuera de los rangos establecidos es menor a 41,674% (porcentaje establecido como aceptable en la sección 107 Aceptación del Trabajo, específicamente en la Tabla 107-2, para un número de 15 muestras). Entonces para 1,98% de nivel de incumplimiento que presentan los resultados, se tiene que el Factor de Calidad para establecer el pago en función de la calidad es de 100%.

Informe LM-PI-AT-026-17	noviembre , 2018	Página 35 de 58
-------------------------	------------------	-----------------



En la Tabla 8 se puede observar también con los resultados analizados, que el parámetro de revenimiento de la mezcla de concreto, se encuentran fuera de los lineamientos de las especificaciones establecidas en el CR-2010, esto en razón de que el porcentaje de trabajo fuera de los rangos establecidos es mayor a 34,630% (porcentaje establecido en la sección 107 Aceptación del Trabajo, Tabla 107-2, como aceptable para un número de 39 muestras). Entonces para un 83,4% de nivel de incumplimiento en el revenimiento, se tiene que se debe rechazar el material en base a este parámetro, pues el Factor de Calidad entra en un rango de no aceptación al superar el límite dichos niveles de incumplimiento estadístico.

Seguidamente, se tiene que el parámetro de temperatura cumple con lo especificado estadísticamente, con un Factor de Calidad asignado de 91,7%, esto en razón de que el porcentaje de trabajo fuera de los rangos establecidos es menor al 35,932% (porcentajes establecidos como aceptables en la sección 107 Aceptación del Trabajo, específicamente en la Tabla 107-2, para un número de 32muestras). Entonces para un nivel de incumplimiento de 19,2% en la temperatura de colocación, se reduce a una aceptación completa de las muestras.

En el caso del contenido de aire, no se cuenta con muestra suficientes para poder realizar un análisis estadístico, pues se requiere un mínimo de 5 muestras; sin embargo, se podría deducir una aceptación de las muestras, pues los valores se encuentran en su mayoría dentro del rango, asimismo su promedio.

En el siguiente gráfico se puede observar los valores de resistencia a la compresión de cilindros fallados a 28 días, obtenidos por el laboratorio de Castro & De La Torre y el laboratorio de Vieto. Tal y como se aprecia en el Gráfico 8, todos los valores promedio se encuentran por encima del valor mínimo especificado.

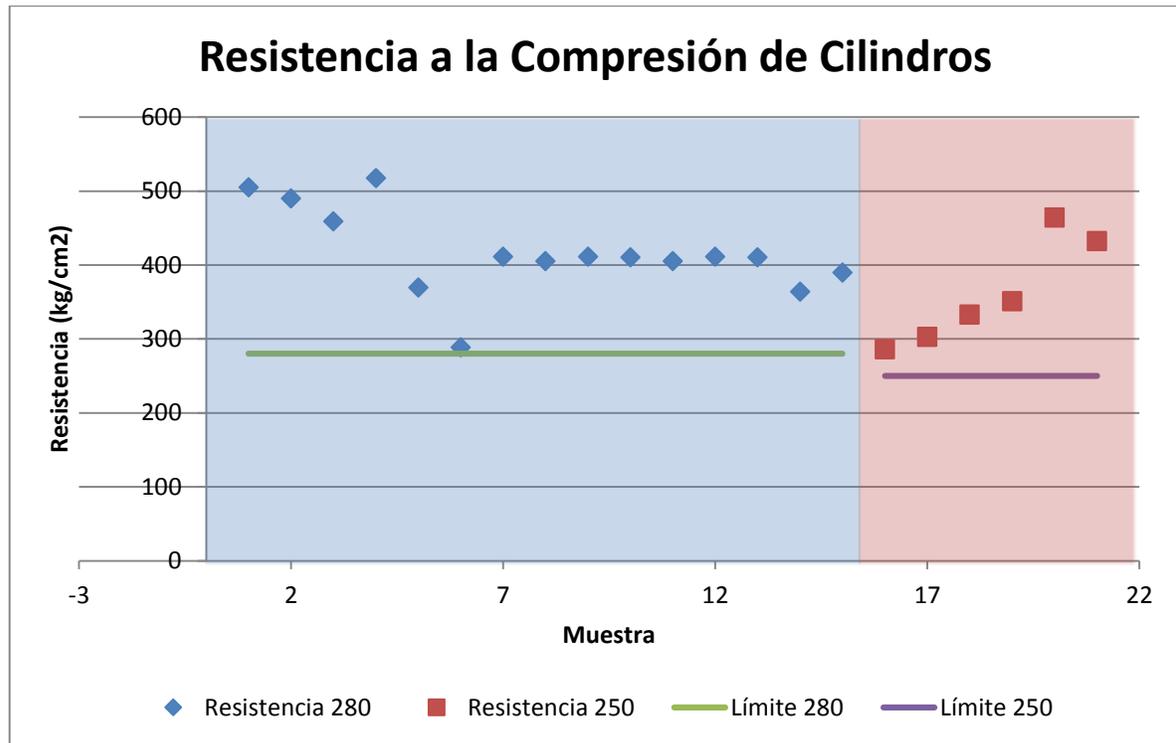


Gráfico 8. Valores de resistencia a la compresión para las muestras de concreto ensayadas por los laboratorios de verificación. Fuente: LanammeUCR

En el siguiente gráfico se puede observar los valores de temperatura de colocación del concreto, obtenidos por el laboratorio de Castro & De La Torre y el laboratorio de Vieto. En el Gráfico 9 se puede observar que los valores de temperatura se encuentran en su mayoría dentro del rango permitido, aunque aun así existen pocos datos que se encuentran fuera de dicho rango. Asimismo, se nota que al momento de la colocación el concreto presenta temperaturas cercanas a 30 °C, pero en la mayoría de los casos no se excede por lo que se puede garantizar una vida útil aceptable y se podría menospreciar posibles daños por contracción.

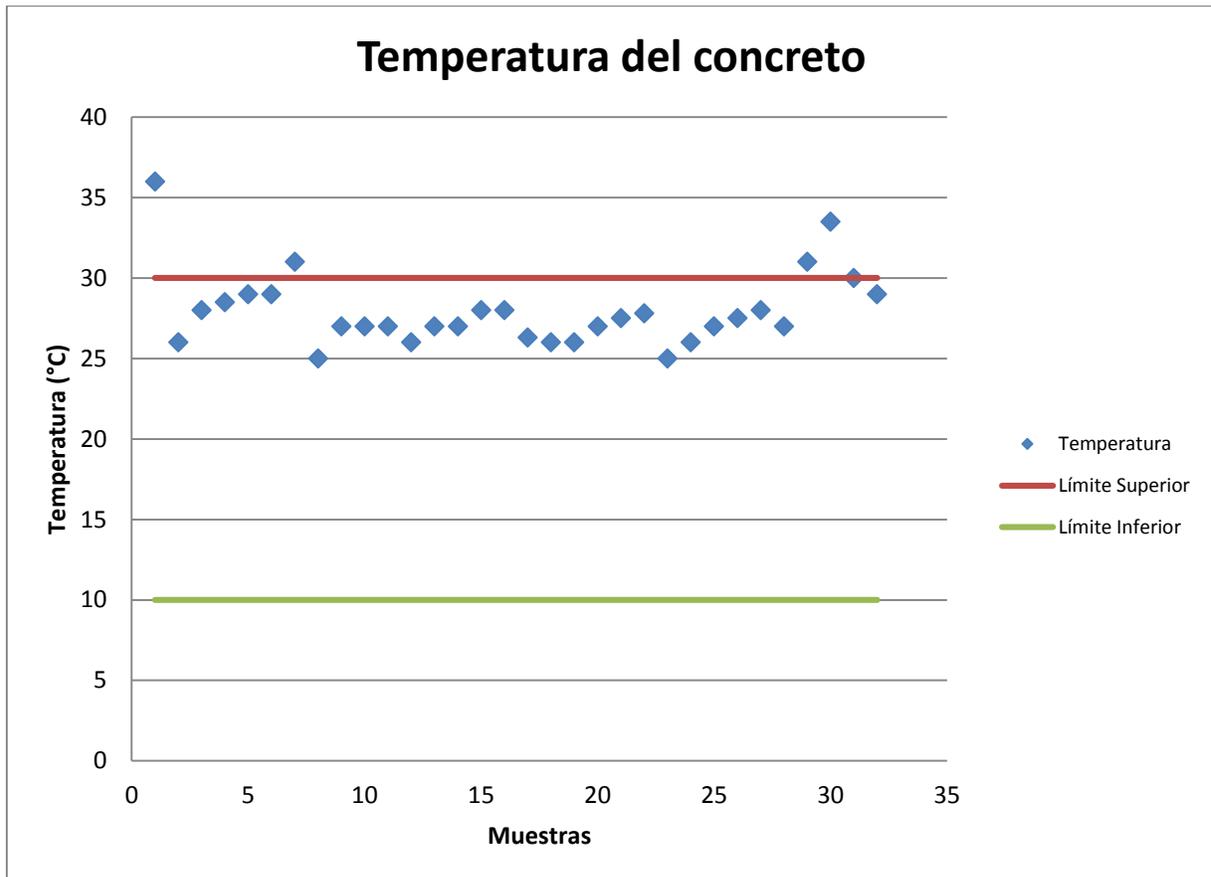


Gráfico 9. Valores de temperatura de colocación para las muestras de concreto ensayadas por los laboratorios de verificación Fuente: LanammeUCR

En el siguiente gráfico se puede observar los valores de revenimiento del concreto fresco, obtenidos por el laboratorio de Castro & De La Torre y el laboratorio de Vieto. Ahora se puede ver en el Gráfico 10, que gran cantidad de los valores de revenimiento del concreto, se encuentran fuera del rango permitido, por lo que se rechaza el lote de muestras debido a que existe una considerable variabilidad de las muestras; pues se puede ver también en este gráfico que la mayoría de las muestras se encuentran por debajo del rango especificado, provocando mayores dificultades en la colocación, dejando así la posibilidad de formación de nidos de piedra u otras deficiencias de colocación.

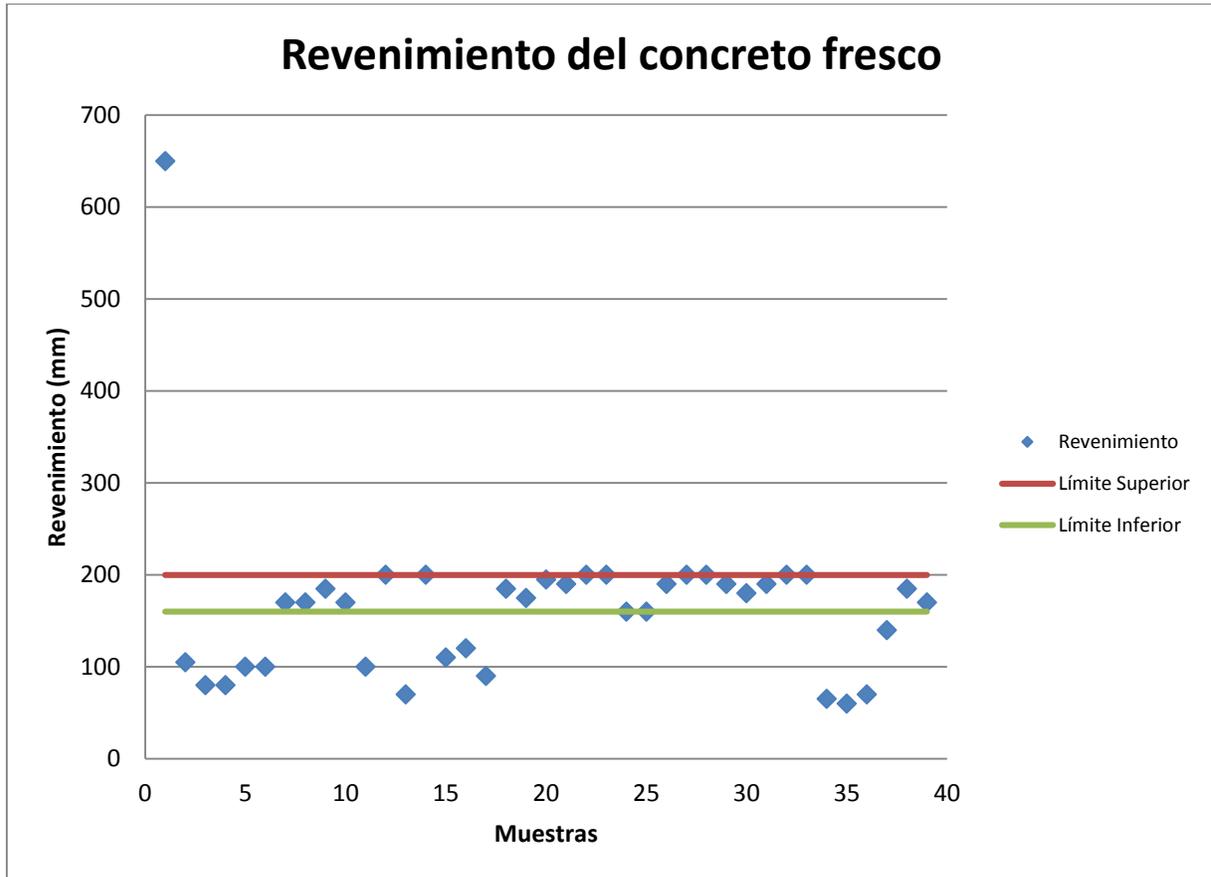


Gráfico 10. Valores de revenimiento del concreto fresco para las muestras de concreto ensayadas por los laboratorios de verificación Fuente: LanammeUCR

En el siguiente gráfico se puede observar los valores de contenido de aire del concreto, obtenidos por el laboratorio de Castro & De La Torre y el laboratorio de Vieto. En el Gráfico 11 se puede observar que los valores de contenido de aire se encuentran en su totalidad dentro del rango permitido, o por lo menos en el límite inferior. Como se nota que el concreto presenta un contenido de aire cercano al límite inferior, por lo que se puede garantizar una vida útil aceptable y se podría predecir un buen desarrollo de resistencia.

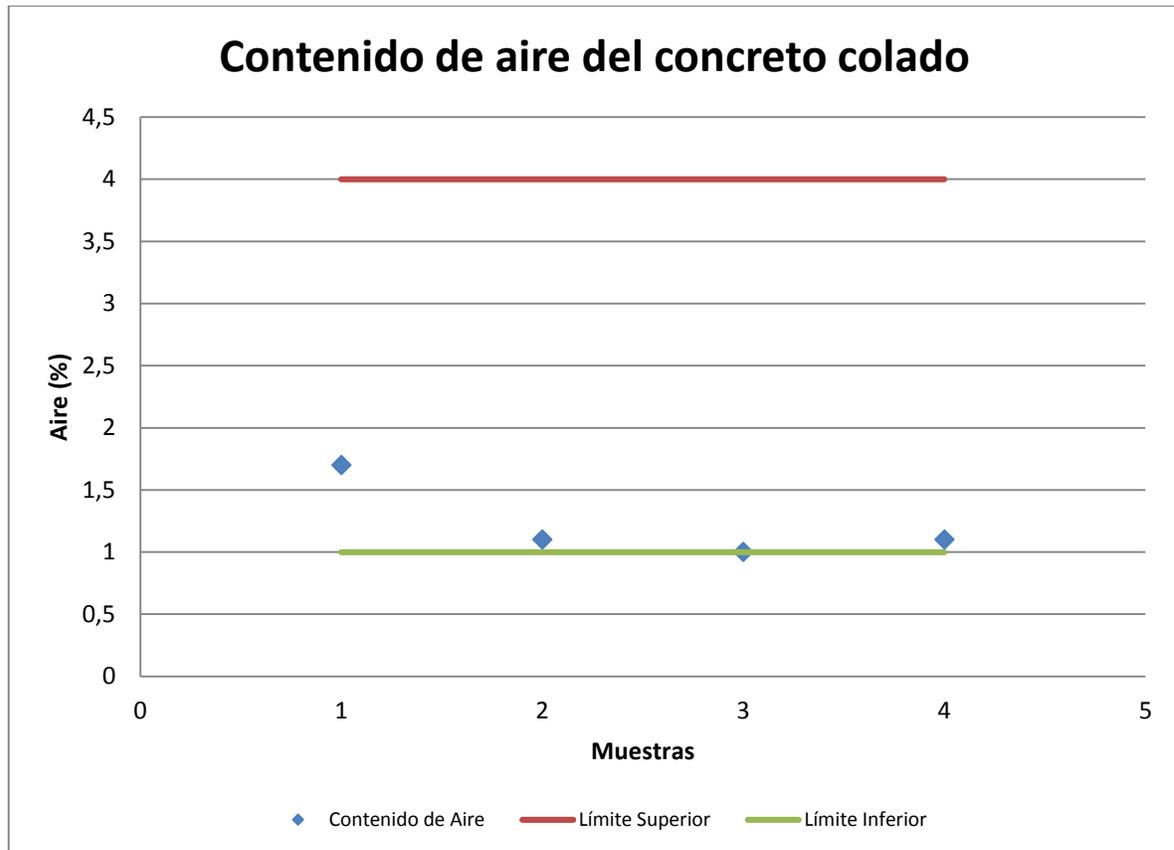


Gráfico 4. Valores de contenido de aire del concreto fresco para las muestras de concreto ensayadas por los laboratorios de verificación Fuente: LanammeUCR

Hallazgo 3. Se evidencia que el lote de varillas muestreado por el LanammeUCR cumple con especificaciones de elongación, esfuerzo de fluencia y alturas, esto según lo estipula la sección 107 del CR-2010.

Con el apoyo del laboratorio de estructuras del LanammeUCR se procedió a ensayar varillas de acero de refuerzo las cuales se detallan a continuación:



Tabla 9. Identificación del acero de refuerzo muestreado por el LanammeUCR.

Informe	Muestra	Fecha de realización	Descripción
I-1323-17	2305-17	11/12/2017	Varilla #4
I-1323-17	2306-17	11/12/2017	Varilla #5
I-0126-18	0118-18	26/01/2017	Varilla #5
I-0180-18	0178-18	08/02/2018	Varilla #3
I-0180-18	0179-18	08/02/2018	Varilla #6
I-0180-18	0180-18	08/02/2018	Varilla #8

A continuación, se presentan las características mecánicas y físicas cada varilla muestreada por el LanammeUCR según la norma ASTM A-706 y la selección de número de cada varilla. Estos resultados se presentan en las Tablas 10 y 11.

Tabla 10. Resultados de características mecánicas de las varillas ensayadas por el LanammeUCR.

Muestra	Grado	Resistencia a la tensión					Elongación %	
		Esfuerzo de fluencia fy	Promedio	Desviación Estándar	Esfuerzo Máximo fu	Promedio		Desviación Estándar
		Mínimo 420 Mpa Máximo 540 Mpa			Mínimo 550 Mpa			
2305-17	60	511	512,00	3,61	655	655,00	4,00	12,0
	60	516			659			-
	60	509			651			-
2306-17	60	462	465,33	8,50	678	679,33	3,21	15,0
	60	475			683			13,0
	60	459			677			18,0
0118-18	60	476	468,67	6,35	677	674,00	7,00	15,0
	60	465			666			17,0
	60	465			679			14,0
0178-18	60	490	527,00	39,15	706	691,00	30,41	12,0
	60	523			656			-
	60	568			711			12,0
0179-18	60	475	473,67	3,21	606	605,67	1,53	21,0
	60	476			607			24,0
	60	470			604			22,0
0180-18	60	486	486,00	1,00	668	668,67	1,15	18,0
	60	485			668			18,0
	60	487			670			17,0



Tabla 11. Resultados de características físicas de las varillas ensayadas por el LanammeUCR.

Muestra	Espaciamiento (mm)	Altura Corrugación (mm)	Ancho Máx Separación Ind (mm)	Ancho Tot Separación (mm)	Ángulo Inclinación (°)
0118-18	9,940	0,818	2,515	4,890	67
	9,920	0,717	2,485	4,925	67
	9,920	0,692	2,435	4,795	67
0178-18	6,380	0,485	1,405	2,685	64
	6,400	0,472	1,270	2,350	64
	6,370	0,513	1,230	2,320	64
0179-18	12,570	1,097	3,735	7,415	64
	12,450	1,125	3,555	7,000	64
	12,600	1,073	3,725	7,225	64
0180-18	16,810	1,410	4,960	9,720	62
	16,740	1,288	5,215	9,530	62
	16,670	1,243	4,100	8,050	62

No se cuenta con las mediciones físicas de las muestras 2305-17 y 2306-17

Las características mecánicas ensayadas deben cumplir satisfactoriamente con la especificación de la norma "Reglamento Técnico RTCR 452:2011 Barras y Alambres de Acero de refuerzo para concreto". Cabe recordar que el Reglamento RTCR 452:2011 hace referencia a la norma INTE 06-09-02, la cual es una homologación de la norma ASTM A706 donde se indican las especificaciones técnicas de las barras utilizadas como refuerzo para el concreto reforzado.

De las muestras anteriores, se encontraron incumplimientos puntuales en el esfuerzo de fluencia, el porcentaje de elongación y la altura de corrugación según se muestra en las Tablas 10 y 11, en las celdas con texto rojo. Se nota entonces que, solamente la muestra 0178-18 muestra incumplimientos en el esfuerzo de fluencia, al sobrepasar el límite máximo en una de las 3 varillas; luego las muestras 0118-18 y 0180-18 muestran incumplimientos en la altura de corrugación, pues no cumplen con el mínimo establecido, en este igual en una de 3 varillas que componen la muestra. Finalmente, varias muestras presentan incumplimientos en su porcentaje de elongación como se puede ver en la Tabla 10, ya que no alcanzan el mínimo establecido en la norma; esta deficiencia se presenta al menos en un espécimen de las muestras 2305-17, 2306-17, 0118-18 y 0178-18.

Con los datos anteriores se procede a evaluar el cumplimiento estadístico de las muestras, mediante la sección 107 de Aceptación del Trabajo del Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010.

Informe LM-PI-AT-026-17	noviembre , 2018	Página 42 de 58
-------------------------	------------------	-----------------



Tabla 12. Análisis estadístico de los resultados de las muestras de acero de refuerzo ensayadas por el LanammeUCR.

Análisis Estadístico		Esfuerzo de Fluencia f_y	Esfuerzo Máximo f_u	Elongación Var #3 a #6	Elongación Var #8
Elementos estructurales	n	6	6	12	3
	GL	5	5	11	2
	LSE	540 MPa	-	-	-
	LIE	420 MPa	551 MPa	14 mm	12 mm
	Promedio (x)	488,8 MPa	662,3 MPa	16,3 mm	17,7 mm
	Desviación estándar (S)	25,3 MPa	30,2 MPa	4,2 mm	0,6mm
	ICS	2,03			No hay suficientes datos
	ICI	2,7	3,7	0,5	
	PIS	4,92%	-	-	
	PII	2,081838%	0,708707%	30,057877%	
	NI	7,00%	0,71%	30,06%	
	NC	93,00%	99,29%	69,94%	
	Factor de calidad	100,00%	100,00%	88,31%	

(-) No aplica

Tabla 13. Resultados del análisis estadístico del porcentaje fuera de los rangos estimados para las muestras ensayadas por el LanammeUCR de acero de refuerzo.

Descripción	Especificación	Número de muestras (n)	Porcentaje estimado de datos fuera de los límites de especificación (%)	Máximo porcentaje fuera de los límites de especificación permitido (%)
Esfuerzo de Fluencia	420 – 540 MPa	6	7,00	48,618
Esfuerzo Máximo	Mín 550 MPa	6	0,71	48,618
Elongación Var #3 a #6	Mínimo 14%	12	30,06	43,365
Elongación Var #8	Mínimo 12%	3	-	-

(-) No se reportaron suficientes resultados para realizar análisis estadístico

Como ya se mencionó anteriormente, en las Tablas 10y 11 se puede notar que existen ciertos incumplimientos en los valores de esfuerzo de fluencia, porcentaje de elongación y altura de corrugación.

Sin embargo, se observa en la Tabla 13 que no hay faltas de manera estadística, pues tanto los valores de esfuerzo como los valores de elongación que se pueden analizar

Informe LM-PI-AT-026-17	noviembre , 2018	Página 43 de 58
-------------------------	------------------	-----------------



estadísticamente, se encuentran dentro de los lineamientos establecidos en el CR-2010. Esto en razón de que, para los parámetros de esfuerzo de fluencia y esfuerzo máximo el porcentaje de trabajo fuera de los rangos establecidos es menor al 48,618% (porcentaje establecido como aceptable en la sección 107 Aceptación del Trabajo, específicamente en la Tabla 107-2, para un número de 6 muestras); por tanto para un nivel de incumplimiento de 7,00% para el esfuerzo de fluencia y de 0,71% para el esfuerzo máximo, en sus respectivos resultados, se puede asignar que un Factor de Calidad de 100% para establecer el pago en función de la calidad. De igual manera, para el parámetro de elongación de las varillas con designación #3, #4, #5 y #6, el porcentaje de trabajo fuera de los rangos establecidos es menor a 43, el porcentaje de trabajo fuera de los rangos establecidos es menor a 43,365% (porcentaje establecido como aceptable en la sección 107 Aceptación del Trabajo, específicamente en la Tabla 107-2, para un número de 12 muestras); por lo que para un nivel de incumplimiento de 30,06%, se puede asignar un Factor de Calidad de 88,31% para establecer el pago en función de la calidad. Finalmente, para el parámetro de elongación de las varillas con designación #8, no se puede realizar un análisis estadístico, debido a que se requiere un mínimo de 5 especímenes para esto y solamente se cuenta con 3, sin embargo se podría deducir una aceptación del material, ya que su promedio de elongación es mayor al límite inferior permitido y la variabilidad de los resultados es baja.

Con respecto a la altura de corrugación se tiene que, debido a la variabilidad de valores mínimos en la altura de corrugación para las diferentes designaciones de varilla, no se realiza un análisis estadístico, pues cada designación cuenta con su mínima altura de corrugación y solamente se cuenta con una muestra de 3 especímenes por cada calificación. Pero, gracias a la norma ASTM A706, se sabe que para las varillas #5 la altura mínima de corrugación es de 0,71 mm y para las varillas #8 la altura mínima de corrugación es de 1,27 mm. Por tanto, como ya se mencionó anteriormente, se presentan únicamente dos incumplimientos en este parámetro.

Finalmente, se realizó el ensayo de doblez de barras de acero siguiendo el procedimiento establecido en la norma ASTM E290. Al realizar el ensayo ninguna varilla presentó fisuras visibles lo cual indica que la varilla cumple con lo especificado.

Hallazgo 4. Las muestras del acero estructural utilizado en los elementos estructurales de proyecto cumplen con los requisitos establecidos en la norma AASHTO M270 grado 50S en cuanto a sus características mecánicas.

Al igual que con el acero de refuerzo se procedió a ensayar el acero estructural utilizado en el puente. A continuación se identifican las muestras del acero estructural ensayadas por el LanammeUCR.

Tabla 14. Identificación del acero estructural muestreado por el LanammeUCR.

Informe	Muestra	Fecha de recepción	Fecha de realización	Descripción	L cm	A cm	C mm	G mm	W mm	T mm	D mm
I-1132-17	1891-17	04/10/2017	01/11/2017	Placa acero 5,08 cm		20,5		202			30,8
I-1258-17	2146-17	06/11/2017	28/11/2017	Placa acero 32 mm	77,7	23,1	74,8	200	40	32,2	
I-1258-17	2147-17	06/11/2017	28/11/2017	Placa acero 51 mm		6,2		51			12,4

En la Figura 5 se representan físicamente los valores tabulados anteriormente, la imagen (a) representa las dimensiones de la muestra 2146-17 y la imagen (b) representa las dimensiones de las muestras 1891-17 y 2147-17.

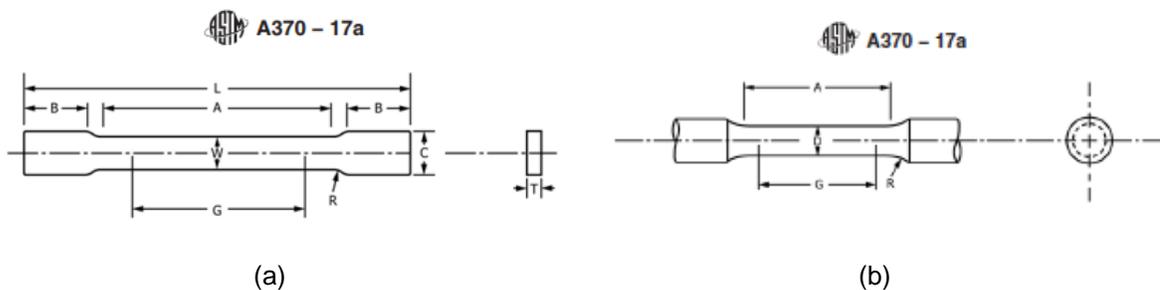


Figura 5. Esquema con las dimensiones de las muestras de acero estructural
Fuente: ASTM A307-17a

El equipo de Auditoría Técnica realizó un análisis de los datos obtenidos de las muestras ensayadas por el laboratorio del LanammeUCR. Con los resultados de dichos ensayos realizados a las placas de acero, muestreadas en el proyecto por el LanammeUCR durante el



periodo de auditoría técnica, se procedió a evaluar el cumplimiento según las especificaciones de la norma AASHTO M27, que a su vez hace referencia a la norma ASTM A709.

Se debe tener en cuenta que las primeras dos placas son de 8 pulgadas y la última es de 2 pulgadas; para efectos de verificación de mínima elongación.

Los resultados de los ensayos realizados por el laboratorio del LanammeUCR se presentan a continuación en la Tabla 15.

Tabla 15. Resultados de las placas ensayadas por el LanammeUCR.

Muestra	Grado	Resistencia a la tensión				
		Esfuerzo de fluencia f_y	Esfuerzo Máximo f_u	f_u/f_y	Elongación%	Elongación%
		Mínimo 345 Mpa	Mínimo 450 Mpa		Mínimo 18%	Mínimo 21%
1891-17	50S	398	586	1,47	22	
2146-17	50S	396	567	1,43	27	
2147-17	50S	422	626	1,48		28

De las muestras anteriores, no se encontraron incumplimientos en ningún parámetro de medición. Por lo que, la calidad del material del lote de varillas muestreadas por el LanammeUCR se considera aceptable; aunque no existen muestras suficientes para poder hacer un estudio estadístico y poder corroborar el cumplimiento en la calidad de los materiales.

Hallazgo 5. Los espesores de pintura evaluados por el LanammeUCR cumplen con lo indicado en los planos del proyecto.

Como parte del proceso de auditoría técnica externa, se realizaron ensayos en el proyecto para medir el espesor de pintura seca en la superficie metálica de las vigas del puente No. 1 sobre el Río Virilla (como se muestra en las **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), de acuerdo con la norma de ensayo ASTM D 7091/SSP-PA2.

Se realizaron mediciones en varios puntos de la viga, dichas mediciones se efectuaron el 13 de diciembre de 2017 en la viga que se muestran en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**6.

Informe LM-PI-AT-026-17	noviembre , 2018	Página 46 de 58
-------------------------	------------------	-----------------

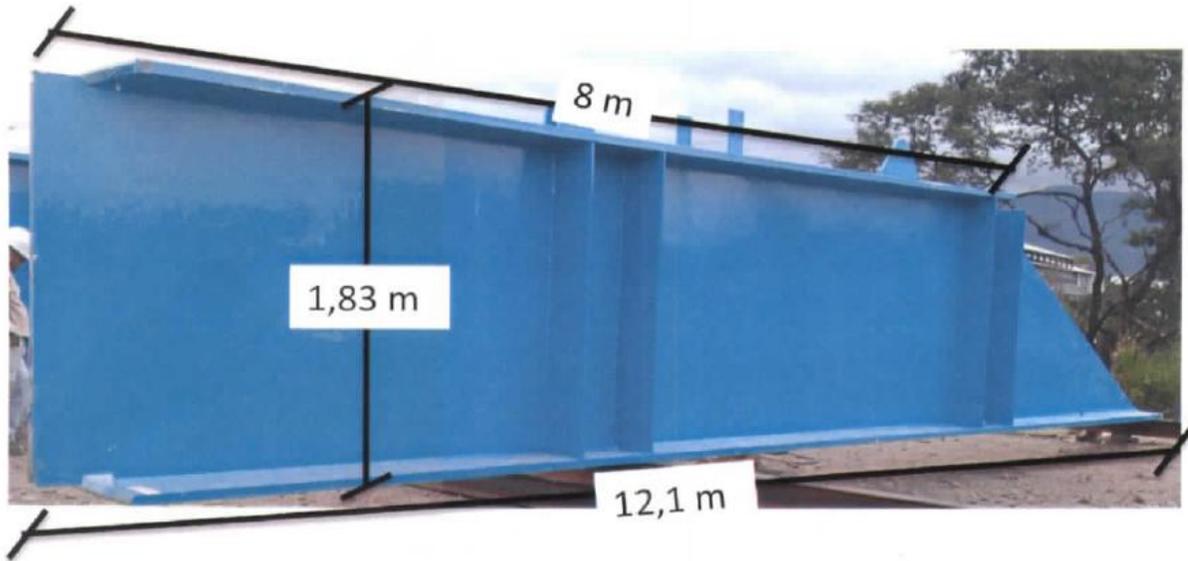


Figura 6. Viga seleccionada para la medición de espesores de pintura. Fecha: 13 de diciembre de 2017.
Fuente: LanammeUCR

Las mediciones realizadas por el LanammeUCR corresponden a una medición final del sistema de pintura, por lo que los espesores deben exceder la suma de los espesores individuales de cada capa.

Según lo indicado en los planos constructivos aportados por la Unidad Ejecutora el sistema de pintura consta de 3 capas las cuales son:

- Imprimación: Capa de pintura Epoxi-Zinc de 75 micras de grosor de capa seca.
- Imprimación: Capa de pintura Epoxi - Poliamida de 100 micras de grosor de capa seca.
- Pintura de acabado: capa de pintura de esmalte poliuretano alifático 80 de micras de grosor de capa seca.

Esto implica que el espesor total especificado es de 255 micras (9,8 mils).

Según los resultados presentados en el informe de ensayo I-1342-17, se observó un promedio de espesor de pintura de la viga de 285 micras (11,22 mils) por lo que los valores promedio obtenidos para los espesores de pintura seca de las vigas son mayores a los especificados por los planos constructivos. Es criterio del equipo auditor que, en términos generales, las capas de pintura colocadas en la viga ensayada del puente cumplen con los requisitos solicitados en los planos constructivos del puente.



11. CONCLUSIONES

- 11.1** Se evidenció la colocación de mezcla asfáltica en caliente en condiciones de lluvia lo cual incumple lo indicado en el apartado 402 del CR-2010 y puede provocar un daño prematura de la carpeta asfáltica colocada.
- 11.2** Se evidenciaron oportunidades de mejora en la forma en que se llevan los registros de inspección en aras de asegurar la trazabilidad de los registros.
- 11.3** No se incluyó originalmente el análisis de desempeño de la estructura de pavimentos propuesta en la información documental entregada a la Administración.
- 11.4** No se realizó el análisis de fatiga en la capa de mayor rigidez de la estructura propuesta en el diseño de pavimentos.
- 11.5** Se concluye que el módulo de mezcla asfáltica utilizada en el diseño de pavimentos no fue justificado técnicamente.
- 11.6** De las muestras de concreto analizadas se evidencia un incumplimiento en el revenimiento para los datos del LanammeUCR y de los laboratorios de control y verificación de calidad. El resto de los parámetros presentaron un comportamiento adecuado.
- 11.7** De las muestras de acero de refuerzo analizadas por el LanammeUCR se detectaron algunos incumplimientos en las alturas de corrugación, en el esfuerzo de fluencia y en los porcentajes de elongación, sin embargo al realizar el análisis estadístico se muestra que el lote no se rechaza.
- 11.8** El acero estructural cumplió con los valores especificados en la norma AASHTO M270 grado 50S especificados en planos.
- 11.9** Los espesores de pintura evaluados por el LanammeUCR cumplieron, en promedio, con los solicitados en los planos constructivos.

12. RECOMENDACIONES

Le corresponde a la Administración definir e implementar las medidas correctivas y preventivas pertinentes, que contribuyan a subsanar los hallazgos y observaciones planteados en el presente informe. A continuación se indican algunas recomendaciones.

Informe LM-PI-AT-026-17	noviembre , 2018	Página 48 de 58
-------------------------	------------------	-----------------



A la Unidad Ejecutora y la Ingeniería de Proyecto.

- 12.1** Se recomienda velar porque la colocación de la mezcla asfáltica se realice en días secos como lo establece la sección 402 del CR-2010
- 12.2** Se recomienda el uso de bitácoras encuadradas para el registro de las labores de inspección con el fin de robustecer los sistemas de gestión de la calidad (inspección y construcción) de manera que permita garantizar la completa trazabilidad y fidelidad de la documentación generada.
- 12.3** Se recomienda fortalecer la revisión del contenido de los diseños de pavimentos de manera que se garantice la realización del análisis de desempeño de la estructura de pavimento con el fin de conocer el comportamiento que éste tendrá cuando sea puesto en servicio. Se recomienda además solicitar la justificación técnica de los módulos de los materiales utilizados en el diseño.
- 12.4** Se sugiere a la Unidad Ejecutora velar por que los parámetros especificados para el concreto como, los revenimientos estén dentro del rango permitido para este material, según lo indicado en el diseño de mezcla.

13. REFERENCIAS

- ASTM International. (2014). *Deformed and Plain Low-Alloy Steel Bars for Concrete Reinforcement*. Pennsylvania.
- ASTM International. (2014). *Mechanical Testing of Steel Products*. Pennsylvania.
- Cervantes-Calvo, V., Fonseca-Chaves, F., Sequeira-Rojas, W., & Loria-Salazar, L. G. (2015). *LM-PI-AT-008-15 Evaluación de la calidad de los materiales y aspectos constructivos. Proyecto: Diseño y Construcción de Tres Intercambios (A. Cañas, B. Bagaces y C. Liberia) en la Carretera Interamericana Norte. Sección: Cañas-Liberia RN 1*. San José: Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA).
- Instituto Americano del Concreto. (2007). *Manual para Supervisar Obras de Concreto ACI 311-07*. Ciudad de México: IMCYC.
- Instituto Americano del Concreto. (2005). *ACI 301S-10 Especificaciones para concreto estructural*. ACI.
- Instituto Americano del Concreto. (2007). *ACI 309R-05 "Compactación de concreto"*. Ciudad de México: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.
- Instituto Americano del Concreto. (2006). *Especificaciones para concreto estructural ACI 301-05*. Ciudad de México: Imcyc.



Instituto Americano del Concreto. (2001). Especificaciones y tolerancias para materiales y construcciones de concreto ACI 117-01. Ciudad de México: Imcyc.

Instituto Americano del Concreto. (2010). *Manual del Técnico Publicación CP-1S*. Farmington Hills, Michigan: ACI.

Instituto Americano del Concreto. (2008). Requisitos para Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-08). Ciudad de México: Imcyc.

MOPT. (2010). *Especificaciones Generales para la construcción de Caminos, Carreteras y Puentes*. San José.

EQUIPO AUDITOR

Preparado por:
Ing. Francisco Fonseca Chaves.
Auditor Técnico

Preparado por:
Ing. Victor Cervantes Calvo.
Auditor Técnico

Preparado por:
Ing. Sergio Guerrero Aguilera.
Auditor Técnico

Aprobado por:
Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.
Coordinadora Unidad de Auditoría
Técnica PITRA

Aprobado por:
Ing. Guillermo Loría Salazar, Ph.D.
Coordinador General PITRA

Visto Bueno de Legalidad:
Lic. Miguel Chacón Alvarado
Asesor Legal Externo LanammeUCR



14. ANEXOS

14.1. OFICIO POE-08-2018-0977



UNIDAD EJECUTORA

Programa Obras Estratégicas Infraestructura Vial
Contrato de Préstamo No. 2080
Tel: (506) 2202-5326 Fax: (506) 2253-5705 email: unidad_ejecutora_bcie@conavi.go.cr

San José, 24 de octubre de 2018

POE-08-2018-0977

Ingeniera.

Wendy Sequeira Rojas, MSc.

Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica.

PITRA-Lanamme UCR

ASUNTO: Descargo de auditoría LM-AT-124-18

Estimada Ingeniera:

Reciba un cordial saludo. Acto seguido procedo a remitir el descargo del informe de la auditoría técnica realizada para el proyecto "Construcción sostenible del puente sobre el Río Virilla en la Ruta Nacional No. 147". Hago de su conocimiento que este proyecto forma parte del memorando de acuerdo que se inscribió con la UNOPS y está conformado por el proyecto en cuestión y la construcción del puente sobre el río Virilla en la RN 32 (conocido popularmente como el saprissa).

Sin más por el momento me despido.

Ing. Alvaro Solís Ramírez, MGP.

Ingeniero de proyecto Unidad Ejecutora Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura Vial

Cc:

Archivo

Ing. Carlos Jiménez González, Gerente Unidad ejecutora CONAVI/BCIE

Ing. Francisco Fonseca Chaves, Auditor Líder. PITRA-LANAMME-UCR

Lic: Reynaldo Vargas Soto, Auditoría interna CONAVI



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





UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES



 UNOPS

San José, 23 de octubre de 2018

UNOPS-90413-20181023-209-JCR-RESPUESTA OFICIO POE-08-2018-094

Oficina de las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos

Región de América Latina & el Caribe

Oficentro La Virgen # 2, Torre 8, piso 5. De la Embajada de los EE.UU. 300m Sur y 200 m Sureste Pavas. San José, Costa Rica

JuanR@unops.org

A la atención de:

Álvaro Solís Ramírez

Ingeniero de proyecto Unidad Ejecutora Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura Vial

RESPUESTA OFICIO POE-08-2018-094 REF: LM-AT-124-2018

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE DEL PUENTE SOBRE EL RIO VIRILLA EN LA RUTA NACIONAL NO. 147, EN EL LÍMITE ENTRE LA PROVINCIA DE SAN JOSE Y LA PROVINCIA DE ALAJUELA EN COSTA. RICA (N.º de contrato: CON-CRPC-90413-2017-008). ("Contrato")

Estimado ingeniero.:

En atención a su oficio POE-08-2018-094, donde se solicita criterio con respecto a lo indicado en el informe LM-AT-124-2018, nos referimos a continuación:

Nos referimos a la Subcláusula 3.5 del Contrato y a su notificación de fecha 4 de mayo de 2018, recibida en físico el 4 de mayo de 2018.

- 1- En el apartado Información Técnica del documento, punto 9. Resumen y en Capítulo 9. Resultados de la auditoría técnica, apartado Sobre las prácticas constructivas, se indica que:

"se evidenció que se colocó mezcla asfáltica en caliente en condiciones lluviosas..."

Es importante que el informe en cuestión sea consecuente con el proceso de auditoría realizado, debido a que según se indica en el mismo capítulo 9:

"Todos los hallazgos y observaciones declaradas por el equipo de auditoría técnica en este informe fueron fundamentados en evidencias representativas, veraces y objetivas respaldadas en la experiencia técnica de los profesionales de auditoría técnica, el propio testimonio del auditado, el estudio de resultados de las mediciones realizadas y la recolección y análisis de evidencias".

Considerando esta ingeniería que el evento de colocación de mezcla en condiciones de lluvia no fue evidenciado por la auditoría y corresponde a una denuncia ciudadana, como así se hace ver, lo cual no le resta validez, pero que en definitiva vuelve relativo el alcance, tiempo, magnitud y veracidad del suceso, además de no estar respaldado por el criterio técnico en sitio por parte del equipo evaluador. Por lo que se sugiere que tal y como fue reportado, se indique que se obtuvo una denuncia ciudadana, en vez de haberse evidenciado, lo cual no sucedió.

UNOPS en Costa Rica Tel.: +506 4081 0040
Oficentro la Virgen #2 Fax: +506 2296 1545
Torre 8, Piso 5 E-mail: Costa.Rica@unops.org
Pavas, San José Web: www.unops.org



UNOPS

En este mismo orden, se reitera que por medio del oficio POE-2018-0658 se remitió el Memorando de Supervisión y Control de Calidad No. 94, donde no solo se detalló el alcance de las medidas posteriores tomadas, sino que además se detalló el evento según lo reportado por la inspección y supervisión destacada en sitio. Indicando entre otros aspectos la duración de la llovizna reportada (entre 5:20 p.m. y 5:30 p.m.) y su intensidad. Aspectos que se omiten en el informe LM-AT-124-18, donde se indica que:

"... en horas de la tarde se continuó con la colocación de mezcla asfáltica bajo condiciones lluviasas..."

Siendo esta última afirmación no solo subjetiva, al omitir la evidencia recolectada en sitio por la supervisión, sino que además se presta para que en función del lector se llegue a conclusiones incorrectas por una redacción poco clara. Por lo que se sugiere aprovechar el insumo remitido por medio del Memorando de Supervisión No. 94 para que la información reportada sea lo más detallada posible.

- 2- En cuanto a la valoración del desempeño del paquete estructural de la mezcla, se aclara que a solicitud de la administración se envió informe con análisis de desempeño (POE-08-2018-0403), de fecha 04 de abril de 2018. No obstante, posterior a esta remisión no se recibió observación alguna sobre información faltante o poco clara, por lo que no se realizaron cálculos o aclaraciones adicionales. En esa fecha existía un amplio margen para revisión antes de la colocación de mezcla asfáltica. Por lo que se solicita que en casos de esta naturaleza se puedan remitir observaciones adicionales cuando existan en un tiempo razonable que permita a la gerencia del proyecto tomar las medidas del caso. Dentro de las que se incluyen investigación adicional e incluso el apoyo en el mismo Lanamme para la definición de aspectos particulares de los métodos que aún se encuentran en definición a nivel nacional.
- 3- Sobre los resultados de revenimiento del concreto, se debe aclarar que en el informe LM-AT-124-18 se utilizaron como parámetros de control el intervalo de revenimiento establecido por el laboratorio de autocontrol o del proveedor en su diseño de mezcla, el cual en principio refleja el comportamiento esperado en el concreto una vez producido con la inclusión de aditivos (200 mm a 160 mm), el cual en la colocación en sitio dependerá de muchos factores, dentro de los que se incluyen la variabilidad de duración entre producción y transporte y llegada al sitio, así como las condiciones climáticas presentes durante el transporte. En este caso particular, la especificación que debe aplicar es la establecida en la División 550. Construcción de puentes, sección 552) Concreto estructural, Tabla 552-1, nota (1) "El revenimiento máximo es de 200 mm si el diseño de mezclas aprobado incluye un reductor de agua". Cumpliendo en este caso todos los revenimientos reportados con la especificación aplicable para el proyecto. En el apartado Sobre la Calidad de los Materiales, se hace referencia a una indicación de revenimiento de 80 mm, lo que implica un incumplimiento mayor. Esta afirmación se hace tomando como referencia las notas generales de planos, donde se establece un valor de revenimiento sin aditivo para las mezclas de concreto. Es criterio de esta ingeniería, que pretender omitir lo establecido en las especificaciones técnicas, en obras de alto nivel de complejidad, donde la tecnología del concreto es una herramienta aplicable y especificada, es incorrecto, y puede generar malas interpretaciones de los resultados obtenidos, que en realidad cumplen con el pliego de especificaciones técnicas del proyecto.
- 4- La gerencia del proyecto considera de gran utilidad y beneficio para la organización y el asociado las sugerencias correspondientes a:
 - a. Valoración de los procesos constructivos
 - b. Oportunidades de mejora en registros de inspección.
 - c. Verificación de desempeño de mezcla asfáltica.
 - d. Valoración de la calidad de los materiales

UNOPS en Costa Rica Tel.: +506 4081 0040
Oficentro la Virgen #2 Fax: +506 2296 1545
Torre B, Piso 5 E-mail: Costa.Rica@unops.org
Pavas, San José Web: www.unops.org



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES



Por lo que se tomarán medidas para aplicar las sugerencias propuestas e incluso se velará por la inclusión oportuna del equipo de auditoría para tomar decisiones de manera preventiva más que reactiva.

- 5- Echa en falta la gerencia del proyecto el análisis de resultados de ensayos a soldadura y materiales metálicos, que superan el 70% del costo del proyecto. Por lo que pone a disposición para cuando se requieran los resultados disponibles, que han de servir para el desarrollo en un área de poca frecuencia (en comparación con el concreto y asfalto) tanto para el asociado como de los entes relacionados con la ejecución del proyecto.

Sin otro particular se despide atentamente,

Ing. Juan Carlos Rosas
Representante del empleador – UNOPS

UNOPS en Costa Rica	Tel.: +506 4081 0040
Oficentro la Virgen #2	Fax: +506 2296 1545
Torre 8, Piso 5	E-mail: Costa.Rica@unops.org
Pavas, San José	Web: www.unops.org



14.2. ANÁLISIS DEL OFICIO POE-08-2018-0977

Como parte de los procedimientos de auditoría técnica, mediante oficio LM-AT-124-18 del 27 de setiembre de 2018 se envía el informe preliminar LM-PI-AT-026B-17 a la parte auditada para que sea analizado y de requerirse, se proceda a esclarecer aspectos que no hayan sido considerados durante el proceso de ejecución de la auditoría, por lo que se otorga un plazo de 15 días hábiles posteriores al recibo de dicho informe para el envío de comentarios al informe preliminar. Dicho plazo se extendía hasta el 22 de octubre de 2018.

Como parte del proceso de Auditoría se propone una reunión el jueves 4 de octubre de 2018 con el auditado con el fin de comentar aspectos relacionados con el informe. Esta reunión contó con la participación del Ingeniero Carlos Jimenez y Álvaro Solís de la Unidad Ejecutora del Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura Vial, el Ing. Juan Carlos Rosas, el Ing. Dennis Fernández y la Ing. Marilyn Solís por parte de UNOPS y por parte del LanammeUCR, el Ing. Francisco Fonseca, el Ing. Victor Cervantes, el Ing. Sergio Guerrero y la Ing. Wendy Sequeira.

El día miércoles 24 de octubre de 2018 se recibe en las instalaciones del LanammeUCR el oficio POE-08-2018-0977 en el cual se adjunta el oficio U NOPS-90413-20181023-209-JCR-RESPU ESTA OFICIO POE-08-2018-094 de Juan Carlos Rosas Representante del empleador UNOPS.

Hallazgo 1. Se evidencia colocación de mezcla asfáltica en condiciones lluviosas

El auditado menciona en su descargo que *“Todos los hallazgos y observaciones declarados por el equipo de auditoría técnica en este informe fueron fundamentados en evidencias representativas, veraces y objetivas, respaldadas en la experiencia técnica de los profesionales de auditoría técnica, el propio testimonio del auditado, el estudio de los resultados de las mediciones realizadas y la recolección y análisis de evidencias.”* Y considerando que la auditoría técnica no fue *“evidenciado”* por esta auditoría y corresponde a una denuncia ciudadana, como así se hace ver, lo cual no le resta validez, pero en definitiva vuelve relativo el alcance tiempo, magnitud y veracidad del suceso, además de no estar respaldado por el criterio técnico en sitio por parte del equipo evaluador. Por lo que se sugiere que tal y como fue reportado, se indique que se obtuvo una denuncia ciudadana, en vez de haberse evidenciado, lo cual no sucedió.

En este mismo orden, se reitera que por medio del oficio POE-2018-0658 se remitió el Memorando de Supervisión y Control de Calidad No. 94, donde no solo se detalló el alcance de las medidas posteriores tomadas, sino que además se detalló el evento según lo reportado por la inspección y supervisión destacada en sitio. Indicando entre otros aspectos la duración

Informe LM-PI-AT-026-17	noviembre , 2018	Página 55 de 58
-------------------------	------------------	-----------------



de la llovizna reportada (entre 5:20 p.m. y 5:30 p.m.) y su intensidad. Aspectos que se omiten en el informe LM-AT-124-18, donde se indica que:

" ... en horas de la tarde se continuó con la colocación de mezcla asfáltica bajo condiciones lluviosas ... "

Siendo esta última afirmación no solo subjetiva, al omitir la evidencia recolectada en sitio por la supervisión, sino que además se presta para que en función del lector se llegue a conclusiones incorrectas por una redacción poco clara. Por lo que se sugiere aprovechar el insumo remitido por medio del Memorando de Supervisión No. 94 para que la información reportada sea lo más detallada posible.

Es cierto que *"Todos los hallazgos y observaciones declarados por el equipo de auditoría técnica en este informe fueron fundamentados en evidencias representativas, veraces y objetivas, respaldadas en la experiencia técnica de los profesionales de auditoría técnica, el propio testimonio del auditado, el estudio de los resultados de las mediciones realizadas y la recolección y análisis de evidencias"* como se señala en el informe siendo la denuncia parte de las evidencias que se recolecta y se analiza. Como bien señala el auditado el hecho de que sea una denuncia ciudadana no le resta validez a la evidencia.

Con respecto al oficio POE-2018-0658 se remitió el Memorando de Supervisión y Control de Calidad No. 94 en el cual el auditado brinda documentación sobre las medidas tomadas y la duración de la lluvia se le recuerda al auditado que en las fechas en las que se dio el suceso se encontraron inconsistencias entre las bitácoras de inspección de campo y el informe mensual, las cuales se comentan con detalle en la observación 1. Considerando lo anterior y considerando lo indicado en el CR-2010 en la sección 402 en el apartado 402.07 *"Limitaciones Climatológicas"* la cual indica que *"La mezcla asfáltica deberá ser colocada en un día seco..."* es criterio del equipo auditor que lo indicado en el informe no es una afirmación subjetiva sino un resultado de la toda la evidencia recabada por el equipo auditor.

El Hallazgo se mantiene.

A. Observación 1. Se detectan oportunidades de mejora en la anotación de la información en los registros de inspección del proyecto.

No hay comentarios

La observación se mantiene.

B. Observación 2. Existen oportunidades de mejora en el diseño de la estructura de pavimentos.

El auditado indica en el descargo que *"En cuanto a la valoración del desempeño del paquete estructural de la mezcla, se aclara que a solicitud de la administración se envió informe con análisis de desempeño (POE-08-2018-0403), de fecha 04 de abril de 2018. No obstante, posterior a esta remisión no se recibió observación alguna sobre información faltante o poco"*

Informe LM-PI-AT-026-17	noviembre , 2018	Página 56 de 58
-------------------------	------------------	-----------------



clara, por lo que no se realizaron cálculos o aclaraciones adicionales. En esa fecha existía un amplio margen para revisión antes de la colocación de mezcla asfáltica. Por lo que se solicita que en casos de esta naturaleza se puedan remitir observaciones adicionales cuando existan en un tiempo razonable que permita a la gerencia del proyecto tomar las medidas del caso. Dentro de las que se incluyen investigación adicional e incluso el apoyo en el mismo Lanamme para la definición de aspectos particulares de los métodos que aún se encuentran en definición a nivel nacional.” Sobre este apartado el equipo auditor indica que a pesar de que no se solicitaron aclaraciones adicionales, se le recuerda al auditado que lo que se estaba revisando era el diseño del pavimento, el cual incluye todas las capas del pavimento y no únicamente la mezcla asfáltica, por lo que no se contaba con tanto tiempo como indica el auditado. Sin embargo, se considerará la observación de la Unidad Ejecutora para futuros informes. La Observación se mantiene.

Hallazgo2. El concreto con resistencia de 280kg/cm² a los 28 días cumple con las especificaciones de resistencia, temperatura y contenido de aire, sin embargo no cumple con las especificaciones de revenimiento, establecidas en el Manual de especificaciones para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010 y lo indicado en los diseños de mezcla aportados

La Supervisora indica en el oficio U NOPS-90413-20181023-209-JCR-RESPU ESTA OFICIO POE-08-2018-094 el cual es adjuntado al POE-08-2018-0977 de la Unidad Ejecutora que “Sobre los resultados de revenimiento del concreto, se debe aclarar que en el informe LM-AT-124-18 se utilizaron como parámetros de control el intervalo de revenimiento establecido por el laboratorio de autocontrol o del proveedor en su diseño de mezcla, el cual en principio refleja el comportamiento esperado en el concreto una vez producido con la inclusión de aditivos (200 mm a 160 mm), el cual en la colocación en sitio dependerá de muchos factores, dentro de los que se incluyen la variabilidad de duración entre producción y transporte y llegada al sitio, así como las condiciones climáticas presentes durante el transporte”. En este caso particular, la especificación que debe aplicar es la establecida en la División 550. Construcción de puentes, sección 552) Concreto estructural, Tabla 552-1, nota (1) "El revenimiento máximo es de 200 mm si el diseño de mezclas aprobado incluye un reductor de agua".

Cumpliendo en este caso todos los revenimientos reportados con la especificación aplicable para el proyecto. En el apartado Sobre la Calidad de los Materiales, se hace referencia a una indicación de revenimiento de 80 mm, lo que implica un incumplimiento mayor. Esta afirmación se hace tomando como referencia las notas generales de planos, donde se establece un valor de revenimiento sin aditivo para las mezclas de concreto. Es criterio de esta ingeniería, que pretender omitir lo establecido en las especificaciones técnicas, en obras de alto nivel de complejidad, donde la tecnología del concreto es una herramienta aplicable y especificada, es incorrecto, y puede generar malas interpretaciones de los resultados obtenidos, que en realidad cumplen con el pliego de especificaciones técnicas del proyecto.”

Con respecto a este tema en el mismo apartado del CR-2010 donde se encuentra la tabla 552-1 552.03 Composición (Diseño de mezclas de concreto). Se indica que se debe aportar un diseño acuerdo con la norma FHWA Form. 1608. En este formulario se le pide al diseñador

Informe LM-PI-AT-026-17	noviembre , 2018	Página 57 de 58
-------------------------	------------------	-----------------



de la mezcla de concreto que indique que tipo de revenimiento del concreto diseñado. En el diseño de mezcla Informe No. ITP-822-17 se indica que el revenimiento con aditivo de la mezcla es de $18,0 \pm 2,0$ cm, el cual cumple con el máximo que indica el auditado de 200mm. El equipo auditor únicamente compara el revenimiento indicado en el diseño de mezcla aportado con el de los resultados obtenidos por los laboratorios de calidad.

El Hallazgo se mantiene.

Hallazgo 3. Se evidencia que el lote de varillas muestreado por el LanammeUCR cumple con especificaciones de elongación, esfuerzo de fluencia y alturas, esto según lo estipula la sección 107 del CR-2010.

No hay comentarios. El Hallazgo se mantiene.

Hallazgo 4. Las muestras del acero estructural utilizado en los elementos estructurales de proyecto cumplen con los requisitos establecidos en la norma AASHTO M270 grado 50S en cuanto a sus características mecánicas.

No hay comentarios. El Hallazgo se mantiene.

Hallazgo 5. Los espesores de pintura evaluados por el LanammeUCR cumplen con lo indicado en los planos del proyecto.

No hay comentarios. El Hallazgo se mantiene.

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-026-17 en su versión final para ser enviado a las instituciones que indica la ley.

Informe LM-PI-AT-026-17	noviembre , 2018	Página 58 de 58
-------------------------	------------------	-----------------