



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES



programa de infraestructura
del transporte

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Proyecto: LM-PI-AT-009-14

ANÁLISIS GENERAL DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS

**PROYECTO: CONTRATACIÓN POR IMPREVISIBILIDAD DISEÑO Y
CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE DRENAJE MAYOR
RUTA NACIONAL N°39, SOBRE EL RÍO MARÍA AGUILAR.**



Preparado por:

Unidad de Auditoría Técnica



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
Agosto 2014

1. Informe Final Informe Final de Auditoría Técnica LM-PI-AT-009-14	2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: ANÁLISIS GENERAL DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS PROYECTO: CONTRATACIÓN POR IMPREVISIBILIDAD DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE DRENAJE MAYOR RUTA NACIONAL N°39, SOBRE EL RÍO MARÍA AGUILAR.	4. Fecha del Informe AGOSTO 2014	
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 deficiencias constructivas observadas en los elementos estructurales del proyecto:</u> Se detectaron defectos constructivos producto de prácticas constructivas inadecuadas, llamados nidos de piedra u hormigueros. El contratista presentó un producto y un procedimiento de reparación, sin embargo, es responsabilidad de la Administración velar por el cumplimiento de los estándares de calidad necesarios para asegurar la inversión pública y el desarrollo del proyecto acorde con la normativa nacional y las buenas prácticas de la ingeniería.</p> <p><u>Sobre las oportunidades de mejora en la inspección del proyecto:</u> Durante las visitas realizadas al proyecto, se observó que en el sitio no se llevaba un control detallado de algunos de los cambios realizados en campo y un control de la bitácora. En dichas visitas se observó que algunos elementos se vienen construyendo diferente a lo indicado en planos o especificaciones y no se ha evidenciado documentación que justifique la aprobación a dichos cambios.</p> <p><u>Sobre aspectos de seguridad vial en el proyecto:</u> La baranda peatonal que se colocó en el proyecto no cumple con la especificación internacional de la sección 13.8 de barandas peatonales del AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS (2012), ya que en campo se midieron distancias libres desde la losa hasta el primer elemento horizontal de 30 cm en distintas secciones del puente, la cual puede ser peligrosa para los peatones.</p> <p><u>Sobre los materiales utilizados en el proyecto (concreto):</u> Todos los resultados de resistencia a la compresión para concretos de 280 kg/cm² y 700 kg/cm² reportados por los laboratorios de control y verificación de calidad, así como los reportados por el LanammeUCR, cumplen con la especificación establecida en planos. No es así en el caso de la temperatura de colocación de la mezcla.</p> <p><u>Sobre los materiales utilizados en el proyecto (acero):</u> En el caso del acero de refuerzo utilizado en los elementos colados en sitio del proyecto en cuestión se cumple con las características de fabricación establecidas en la norma ASTM A706. Existe una incongruencia entre la normativa señalada en planos y la utilizada para seleccionar el acero de refuerzo del proyecto, ya que tal y como se puede observar en la lámina de Notas Generales de los planos constructivos, la norma mencionada es la ASTM A615, cuando la totalidad del acero observado en campo corresponde a la norma ASTM A706. Este tipo de errores u omisiones a la hora de especificar los materiales generan problemas en la adecuada gestión de un proyecto.</p>		
10. Palabras clave Puente, Muestreo de concreto y acero, Inspección	11. Nivel de seguridad: Ninguno	12. Núm. de páginas 33



**ANÁLISIS GENERAL DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS
PROYECTO: CONTRATACIÓN POR IMPREVISIBILIDAD DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA
DE DRENAJE MAYOR RUTA NACIONAL N°39, SOBRE EL RÍO MARÍA AGUILAR.**

Departamento encargado del proyecto: Gerencia de Conservación Vial del Consejo Nacional de Vialidad, CONAVI

Laboratorio de verificación de calidad: Laboratorio CACISA

Empresa contratista: Consorcio CODOCSA - PC.

Laboratorio de control de calidad: L.G.C. Ingeniería de Pavimentos S.A.

Monto original del contrato: ₡48.251.641.725,43 (colones)

Plazo original de ejecución: El plazo máximo de ejecución de las obras es de 180 días calendario.

Proyecto: Construcción de una estructura de drenaje mayor, en la Ruta Nacional No. 39, sección de control 19094, sobre el Río María Aguilar, ubicado en la provincia de San José, en el cantón San José.

Coordinador General de Programa de Infraestructura de Transporte, PITRA-LanammeUCR:
Ing. Luís Guillermo Loría Salazar, PhD.

Coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica PITRA-LanammeUCR:
Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.

Auditores:

Ing. Víctor Cervantes Calvo, Auditor Técnico Adjunto
Ing. Francisco Fonseca Chaves, Auditor Técnico Adjunto
Ing. Ana Elena Hidalgo Arroyo, Auditora Técnica Líder
Ing. Esteban Villalobos Vega. Unidad de Puentes, experto técnico

Asesor Legal :

Lic. Miguel Chacón Alvarado

Alcance del informe:

El alcance de esta Auditoría Técnica se centró en la recopilación de la información y evaluación de la calidad del concreto y acero utilizado en el proyecto, tanto la que fue emitida por los laboratorios de control de calidad y verificación de calidad, así como la que generó el laboratorio LanammeUCR mediante muestreos y ensayos de estos materiales. Adicionalmente se observaron aspectos relacionados con los procedimientos constructivos y de inspección acorde con la normativa nacional y las buenas prácticas de la ingeniería civil.



TABLA DE CONTENIDOS

1. FUNDAMENTACIÓN	6
2. OBJETIVO DE LA AUDITORÍA TÉCNICA	6
3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y UBICACIÓN	7
4. ANTECEDENTES	9
5. METODOLOGÍA DE LA AUDITORÍA TÉCNICA	12
6. ALCANCE DE LA AUDITORÍA TÉCNICA	12
7. RESPONSABLES DEL PROYECTO	13
8. INTEGRANTES DEL EQUIPO DE AUDITORÍA TÉCNICA DEL LANAMMEUCR	13
9. MARCO TEORICO	14
VALORACIÓN ESTADÍSTICA DE LA CALIDAD DEL TRABAJO REALIZADO.	14
10. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME PRELIMINAR LM-PI-AT-009B-14	15
11. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA	15
A. SOBRE LOS DEFICIENCIAS CONSTRUCTIVAS OBSERVADAS EN LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL PROYECTO	16
<i>OBSERVACIÓN 1. DETECCIÓN DE NIDOS DE PIEDRA (HORMIGUEROS) EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL PUENTE EN CONSTRUCCIÓN</i>	16
B. SOBRE LAS OPORTUNIDADES DE MEJORA EN LA INSPECCIÓN DEL PROYECTO	19
<i>OBSERVACIÓN 2. EN EL PROYECTO EXISTEN DEBILIDADES EN CUANTO AL REGISTRO O DOCUMENTACIÓN DE ALGUNOS DE LOS CAMBIOS Y LAS DECISIONES TOMADAS EN CAMPO</i>	19
C. SOBRE ASPECTOS DE SEGURIDAD VIAL EN EL PROYECTO	22
<i>HALLAZGO 1. LAS BARANDAS PEATONALES COLOCADAS EN LA ACERA DE LOS PUENTES SOBRE EL RÍO MARÍA AGUILAR EN LA RUTA NACIONAL No 39, NO CUMPLEN CON LAS ESPECIFICACIONES AASHTO LRFD ÚLTIMA VERSIÓN INDICADA EN EL PLIEGO DE CONDICIONES</i>	22
D. SOBRE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN EL PROYECTO: CONCRETO Y ACERO DE REFUERZO	23
<i>HALLAZGO 2. EL CONCRETO CON RESISTENCIA DE 280KG/CM² Y 700 KG/CM² A LOS 28 DÍAS CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES DE RESISTENCIA ESTABLECIDAS EN EL MANUAL DE ESPECIFICACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS, CAMINOS Y PUENTES CR-2010, EN LOS PLANOS DEL PROYECTO. CASO CONTRARIO CON LA TEMPERATURA, ESTE PARÁMETRO NO CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES</i>	23
<i>HALLAZGO 3. EL ACERO DE REFUERZO UTILIZADO EN LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE PROYECTO CUMPLE CON LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS EN LA NORMA ASTM A706 CON LA QUE SE EVALÚA SU CALIDAD DURANTE EL PROCESO DE FABRICACIÓN, PERO NO CON LOS REQUISITOS DE LA NORMA ASTM A615 ESPECIFICADA EN LOS PLANOS CONSTRUCTIVOS</i>	28
11. CONCLUSIONES	30
12. RECOMENDACIONES	32

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	8
FIGURA 2. EJEMPLOS DE NIDOS DE PIEDRA EN COLUMNAS DE LA PILA DEL EJE 3 (SEGÚN PLANOS ESTRUCTURALES). FECHA: FEBRERO, 2014.	18
FIGURA 3. DETALLE DEL APOYO DE LA PILA SEGÚN PLANOS ESTRUCTURALES.....	19
FIGURA 4. DETALLE EN SITIO	20
FIGURA 5. DIFERENCIA CON RESPECTO A PLANOS ESTRUCTURALES DEL REFUERZO UTILIZADO EN EL BLOQUE CORTANTE <i>ESTE</i> DE LA PILA SOBRE EL EJE 3.	20
FIGURA 6. MEDICIÓN DE DISTANCIA LIBRE INFERIOR DE BARANDA PEATONAL, CASO DEL PUENTE 2. Y	22
FIGURA 7. ESPACIO LIBRE DE BARANDA PEATONAL SUFICIENTE PARA EL PASO DE PERSONA ADULTA.	22

ÍNDICE DE TABLAS Y GRAFICOS

TABLA 1. RESUMEN DE OFICIOS ENVIDOS A LA ADMINISTRACIÓN DURANTE EL PROCESO DE AUDITORÍA	11
TABLA 2. RESULTADOS DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR DE CONCRETO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE 280KG/CM ²	24
TABLA 3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE FUERA DE LOS RANGOS ESTIMADOS PARA LAS MUESTRAS ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR DE CONCRETO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE 280KG/CM ²	24
TABLA 4. RESULTADOS DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS POR LANAMMEUCR DE CONCRETO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE 700KG/CM ²	26
TABLA 5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE FUERA DE LOS RANGOS ESTIMADOS PARA LAS MUESTRAS ENSAYADAS POR CACISA DE CONCRETO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE 280KG/CM ²	26
TABLA 6. RESULTADOS DE MUESTRAS ENSAYADAS POR CACISA DE CONCRETO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE 700KG/CM ²	27
TABLA 7. RESULTADOS DE ENSAYOS DE ESFUERZO PARA EL ACERO DE GRADO 60W USANDO NORMA ASTM A706, VARILLAS NÚMERO 4,6 Y 8 SEGÚN DATOS DEL LANAMMEUCR.....	29
GRÁFICO 1. VALORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR.....	25
GRÁFICO 2. VALORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL CACISA.....	27



INFORME EN VERSIÓN FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA.

ANÁLISIS GENERAL DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS PROYECTO: CONTRATACIÓN POR IMPREVISIBILIDAD DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE DRENAJE MAYOR RUTA NACIONAL N°39, SOBRE EL RÍO MARÍA AGUILAR.

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 DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

El objetivo de esta Auditoría Técnica realizada en el proyecto de contratación por imprevisibilidad diseño y construcción de la estructura de drenaje mayor Ruta Nacional N°39, sobre el Río María Aguilar, es dar a conocer a la Administración, desde el punto de vista externo y constructivo, situaciones derivadas del análisis, con relación a la calidad de los materiales colocados en el proyecto, específicamente el acero de refuerzo y concreto, observados durante las diferentes visitas realizadas por el equipo de Auditoría Técnica y la Unidad de Puentes del PITRA-LanammeUCR al sitio. Adicionalmente, se pretende evaluar aspectos relacionados con los procedimientos constructivos y de inspección acorde con la normativa nacional y las buenas prácticas de la ingeniería civil.

Se procura que este informe sea una herramienta que le permita a la Administración evaluar las condiciones en que las que se desarrolló el proyecto de manera que pueda contribuir a la toma de decisiones sobre aspectos que se deben considerar tanto en este proyecto, como en futuras obras viales para que se logren ejecutar de una manera eficiente, minimizando la posibilidad de atrasos en los plazos de conclusión, gastos adicionales que se presenten por aspectos previsibles y buscando siempre la calidad requerida y esperada en las obras de acuerdo con las especificaciones establecidas y que justifique la inversión realizada.



3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y UBICACIÓN

El objeto del contrato es el diseño y construcción de una estructura de drenaje mayor, en la Ruta Nacional No. 39, sección de control 19094, sobre el Río María Aguilar, ubicado en la provincia de San José, en el cantón de San José. El plazo máximo de ejecución de las obras que se definió en el Cartel de Licitación es de 180 días calendario. La orden de inicio se dio el 24 de octubre del 2013 en el oficio GCSV -09-2013-5176.

En el Capítulo 2: *Condiciones específicas*, en la sección *Términos de referencia técnicos* del pliego de condiciones para contratación por imprevisibilidad: Diseño y construcción de estructura de drenaje mayor, Ruta Nacional N°39, sección 19094, paso inferior ruta No 167 la Ladrillera/La Sabana- Hatillo 7 y 8, sobre el río María Aguilar, se mencionan características que debe tener el proyecto, las cuales se citan a continuación: "

- *En la estructura de drenaje mayor se debe considerar tres carriles y aceras en ambos sentidos.*
- *Se debe cumplir con la Ley No. 7600.*
- *Período de retorno de 100 años, mínimo.*
- *Se debe respetar el alineamiento de la rasante actual.*
- *Se debe respetar el caudal presentado por la administración como caudal de diseño.*
- *Considerar los estudios de topografía, estudios de suelos, geofísica, aportados en un CD por el CONAVI, los cuales serán referenciales para cada oferente, quedando en libertad cada oferente de realizar los estudios que considere conveniente. El estudio hidráulico presentado por la Administración se debe respetar.*
- *Se debe trabajar con los puentes modulares en funcionamiento la mayor parte del tiempo, tal y como se ha indicado en el Capítulo 1 de la contratación.*
- *Respetar los anchos de carril mínimo de 3,65 m, ancho de espaldón de 2,00 m y aceras de 2,00 m mencionados en el Anexo W 1 del documento original.*
- *Se deben incluir las obras de drenaje menor, y control de aguas, de manera que junto con la estructura principal se construya una solución adecuada para el manejo de las aguas pluviales de recaudo en la periferia del drenaje mayor.*
- *Se debe construir una barrera medianera central y obras de contención vehicular.*
- *Se debe realizar la señalización horizontal y vertical.*
- *En caso de ofertar un puente la losa deberá cumplir con una vida útil de 50 años. Además se debe colocar una capa de pavimento bituminoso de 5 cm sobre la losa.*



Figura 1. Ubicación del proyecto

Textualmente se indica que ..." *Estos trabajos deberán ser ejecutados de conformidad con los términos del pliego de condiciones y acordes con la última versión descritas en el Capítulo I "Condiciones Generales":*

- *Especificaciones generales para la construcción de caminos, carreteras y puentes (CR-201 0).*
- *Manual de construcción de carreteras, caminos y puentes de Costa Rica.*
- *Tomo de disposiciones para la construcción y conservación vial.*
- *Código de cimentaciones de Costa Rica (CCCR).*
- *Lineamientos para el Diseño Sismo resistente de Puentes.*
- *Ley No. 7600. Ley de igualdad de oportunidades para las personas con discapacidad.*
- *Las normas para la colocación de dispositivos de seguridad para protección de obras.*
- *Decreto Ejecutivo No. 31363-MOPT del 02 de junio de 2003 (Reglamento de circulación de por carreteras con base en el peso y las dimensiones de los vehículos de carga).*
- *Manual centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito (SIEGA).*
- *Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de las carreteras (SIEGA)*
- *Planos o esquemas y demás disposiciones contractuales.*
- *Especificaciones AASHTO para el diseño de puentes, LRFD 2010 ó última versión."*



En el oficio GCSV -09-2013-5176, de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes de CONAVI, enviado el día 24 de octubre del 2013 al ingeniero Roberto Fiat Seravalli del Consorcio CODOCSA - PC, se menciona que: *... "Una vez revisado el análisis técnico, legal, costos y financiero; se le informa que su representada resultó adjudicataria del Proyecto de "Diseño y construcción de estructura de drenaje mayor, Ruta nacional No. 39 sección de control 19094: Paso Inferior R. 167 (Ladrillera La Sabana)- Hatillo 7 y 8 Evento Imprevisible".*

Tal y como se menciona en el párrafo anterior, la obra de drenaje mayor se adjudicó al Consorcio CODOCSA-PC por un monto de $\text{€}3\ 155\ 130\ 864,57$ y por un plazo de 180 días a partir de la orden de inicio. Los trabajos a ejecutar consisten en la construcción de dos puentes de 75 m de largo con luces de 22,5 m en extremos y 30 m en el tramo central, cada uno con 3 carriles.

Por último y acorde a lo indicado en el oficio GSCV-09-2014-2908 el proyecto en cuestión no se ha finiquitado, el mismo acorde a esta información deberá ser recibido y finiquitado en el mes de julio del 2014, acorde con la información facilitada durante el proceso de auditoría técnica.

4. ANTECEDENTES

Acorde con la información suministrada por la Administración mediante el oficio GCSV-09-2014-0512, recibida el 12 de febrero de 2014 por esta auditoría técnica, donde se adjunta el documento *DR (Región Central) 09-13-6020 del 04 de diciembre de 2013 Informe Parcial de Pago N° 1 CODOCSA Diseño y construcción de obra de drenaje mayor evento de imprevisibilidad solución definitiva hundimiento en la Ruta Nacional N °39 circunvalación*. Se menciona que en el mes de agosto del año 2013, en la Zona 1-1 (San José), Ruta Nacional N°39, Circunvalación, sección de control 19094, estacionamiento 3+190, producto de las fuertes lluvias que azotaron el Valle Central, se incrementa el nivel de aguas en el Río María Aguilar, aunado a lo anterior se presenta una condición de aumento de caudal (aguas arriba), situación que ocasiona el colapso de la estructura de pavimento ubicada sobre la alcantarilla triple metálica corrugada de 3 m de diámetro cada tubería.

Adicionalmente, en el mismo documento se indica que: "en los primeros días del mes de septiembre del 2013 se colocaron cuatro puentes modulares para habilitar el paso, pero el día 10 de setiembre de 2013, debido a las fuertes lluvias se generó un pico alto de caudal que provocó una acumulación de aguas a la entrada de la tubería y por ende, una elevación del nivel de las mismas que provocó que se lavara el relleno sobre las alcantarillas dejando al descubierto las mismas. Además este evento provocó que se desestabilizaran los taludes poniendo en riesgo los apoyos de los puentes modulares."

Para la estabilización de los taludes se propone colocar muros de tablestacas, las cuales se hincarán hasta la roca con posteriores anclajes en la corona de las mismas, y se unirán a un bloque de anclaje o "muerto".

Lo anterior conlleva a la necesidad de:

- Ejecutar obras temporales de estabilización de taludes.
- Efectuar la contratación de trabajos para reemplazar las alcantarillas existente por una que cumpla con las condiciones mínimas indicadas por la Gerencia de Contratación de Vías y

Puentes, en cumplimiento con el acuerdo del Consejo de Administración indicado mediante acta No ACA 01-13-0826:

"Se instruye al Director Ejecutivo para que, a la mayor brevedad posible, presente a este Consejo de Administración, la propuesta de solución definitiva al evento acaecido el pasado sábado 24 de agosto que demuestra una evidente falta de capacidad de las alcantarillas construidas para evacuar los caudales extraordinarios del Río María Aguilar a su paso en la Ruta de Circunvalación (Ruta No. 39)"

En este documento la Administración presenta una justificación del evento por imprevisibilidad, la cual se resume a continuación:

"El evento en cuestión presentó la interrupción del paso vehicular en un 100% por la Ruta Nacional N°39, Circunvalación. Dicha ruta tiene un tránsito promedio diario de cerca de 78 602 vehículos, en el 2011 (Fuente Planificación de MOPT), por lo que tanto las rutas alternas, como otras rutas aledañas sufrieron un evidente colapso por congestión de las mismas, lo que conllevará a fuertes afectaciones a los usuarios de la red vial, así como a las actividades comerciales a nivel nacional. Por otro lado, el colapso de esta ruta presenta un impacto de la red vial, y por lo tanto, accesibilidad a servicios de salud, turismo, centros educativos, actividades económicas, centros de población, aeropuerto, entre otros."

También menciona que "de acuerdo a las condiciones propias del evento presenciado, y según lo dispuesto en el punto 03.01 del Tomo 11 del Manual de Políticas Operativas y Procedimientos de la Gerencia de Conservación Vial del CONAVI (PP-18-30.30.0-01), el evento en cuestión cumple con los parámetros requeridos para ser clasificado como un evento imprevisible y urgente:

03.01 Se considerará un evento como imprevisible cuando:

- i. No está contemplado dentro de las actividades planificadas por la Dirección de Conservación Vial (Gerencia de Conservación de Vías y Puentes) durante determinado período.*
- ii. Cuando el evento, producido por hechos de la naturaleza o caso fortuito de carácter imprevisible, produzca daños a la infraestructura vial (sea esta de asfalto, concreto o lastre) o afecte gravemente un puente, una alcantarilla, etc., en una ruta nacional; y que se interrumpa el paso y no exista en ese momento una ruta alterna.*
- iii. Se vea amenazada la integridad física y emocional de los ciudadanos que requieran transitar por la ruta, al no contar con acceso al libre tránsito para la atención de sus necesidades de salud, alimento, seguridad, o bien, una vez atendidos requieran llevar a cabo sus actividades normales (como ir a su trabajo, enviar a sus hijos a la escuela, etc.).*
- iv. Las poblaciones cercanas al evento se encuentren en peligro o incomunicados."*

Por otro lado, como complemento al proceso de auditoría técnica que el LanammeUCR realizó al proyecto y en aras de contribuir al mejoramiento continuo de la gestión de la Administración, durante el desarrollo del proceso de auditoría técnica se emitieron varios oficios y notas informes 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-003-14	30 /01/ 2014	Informar del inicio de la Auditoría Técnica externa al proyecto. Y solicitud de información general	GCSV-09-2014-0512 104/02/2014
LM-AT-011-14	20/02/2014	Solicitud de información: Bitácora CFIA de proyecto, programa de trabajo aprobado y actualizaciones mensuales, certificados de calidad del acero utilizado en obra, diseño de mezcla de los diferentes tipos de concreto utilizados.	GCSV-09-2014-1059 07/03/2014
LM-AT-015-14	25 /02/ 2014	Aclaraciones sobre las observaciones, relacionadas con los planos constructivos y el pliego de condiciones para contratar. Y solicitud de información complementaria.	-
LM-AT-017-14	27 /02/2014	Se adjunta el informe parcial de laboratorio I-0166-14 el cual contiene los resultados de resistencia a la compresión de cilindros de concreto (colado el 06 de febrero del 2014) para edades de 7 y 14 días.	-
LM-AT-024-14	13 /03/ 2014	Recordatorio de solicitud de información relacionada con el proyecto.	-
LM-AT-028-14	20 /03/ 2014	Informar sobre la detección un desnivel en los accesos al puente construido recientemente tanto en el sentido Hatillo-Pavas, como Pavas-Hatillo que podría convertirse en un problema de seguridad vial eventualmente.	GCSV-09-2014-1456 20/03/2014
LM-AT-033-14	27 /03/ 2014	Uso del Cuaderno de Bitácora del CFIA en el proyecto.	GCSV-09-2014-1805 29/04/2014
LM-AT-035-14	27 /03/ 2014	Consulta respecto a sección transversal del denominado "ojo chino mide en sitio aproximadamente 6cmx3cm cuando en planos indica que debería medir 16cmx4cm.	GCSV-09-2014-2163 20/05/2014
LM-AT-045-14	28 /04/2014	Cambio en los apoyos de la superestructura ubicados sobre la pila Este del puente 2.	-
LM-AT-063-14	13 /06/ 2014	Consultas sobre medidas correctivas aplicadas a desnivel en los accesos al puente construido recientemente que podría convertirse en un problema de seguridad vial eventualmente y finiquito del proyecto.	GCSV-09-2014-2908 30/06/2014

- No se recibió respuesta



5. METODOLOGÍA DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

Este informe se efectuó siguiendo los procedimientos de Auditoría Técnica, mediante la solicitud y revisión de la documentación del proyecto, así como la verificación en sitio de las condiciones indicadas anteriormente durante el proceso constructivo mediante visitas al sitio y ensayos de laboratorio. Adicionalmente, tal y como se mencionó anteriormente se contó con el apoyo técnico de la Unidad de Puentes del PITRA-LanammeUCR, como experto técnico.

Las actividades que fueron desarrolladas por el equipo de Auditoría Técnica consistieron en visitar los diversos frentes de trabajo y hacer una revisión de los documentos contractuales relacionados con el proyecto, así como programar muestreos a los materiales. Para la emisión de este informe también se consideraron los resultados de ensayos de los laboratorios de control y verificación de la calidad del proyecto.

El período de muestreo abarcó los meses de febrero a abril de 2014, contando con la colaboración de los laboratorios del LanammeUCR. Se realizaron los muestreos y ensayos a los diferentes materiales, a saber concreto y acero de refuerzo. Todos los muestreos de los materiales se realizaron en el sitio de la obra, tanto de materiales colocados en el proyecto, así como de materiales que se encontraban en proceso de colocación.

6. ALCANCE DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

El alcance de esta Auditoría Técnica se centró en presentar un análisis general de los resultados de las muestras de concreto y acero del proyecto en cuestión, que fueron emitidos por los laboratorios de control de calidad, verificación de calidad y los laboratorios LanammeUCR. Adicionalmente, se observaron aspectos relacionados con los procedimientos constructivos y de inspección acorde con la normativa nacional y las buenas prácticas de la ingeniería civil.

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 la verificación de calidad y 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.



7. RESPONSABLES DEL PROYECTO

a) Responsables por parte de la Administración:

- Entidad ejecutora del contrato: Gerencia de Conservación de Vías y Puentes del Consejo Nacional de Vialidad, CONAVI
- Laboratorio de Verificación de Calidad, por parte de la Administración: la verificación de calidad está a cargo de laboratorio Cacisa que es el organismo de ensayo encargado de efectuar los ensayos de verificación de calidad a los materiales y procesos constructivos que realiza el Contratista en este proyecto.

b) Responsables por parte de la empresa constructora:

- Contratista: La empresa Contratista "Consortio CODCSA-PC", adjudicataria del Pliego de condiciones para contratación por imprevisibilidad del diseño y construcción de estructura de drenaje mayor, Ruta Nacional N°39, sección 19094, paso inferior Ruta Nacional No 167 la Ladrillera/La Sabana- Hatillo 7 y 8, sobre Río María Aguilar.

Laboratorio de Autocontrol de Calidad: el consultor de calidad del Contratista y laboratorio de autocontrol es el organismo de ensayo LGC Ingeniería de Pavimentos S.A., quien es la empresa encargada de efectuar los ensayos de control de calidad a los materiales que emplea el Contratista en este proyecto.

8. INTEGRANTES DEL EQUIPO DE AUDITORÍA TÉCNICA DEL LANAMMEUCR

- Ing. Wendy Sequeira Rojas MSc (Coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica PITRA-LanammeUCR)
- Ing. Víctor Cervantes Calvo (Auditor Técnico Adjunto)
Ing. Francisco Fonseca Chaves (Auditor Técnico Adjunto)
- Ing. Ana Elena Hidalgo Arroyo (Auditora Técnica Líder)
- Ing. Esteban Villalobos Vega (Experto Técnico Unidad de Puentes, PITRA LanammeUCR)
- Lic. Miguel Chacón Alvarado (Asesor Legal)
- Owen Gooden Morales (Asesor Legal)

9. MARCO TEORICO

Valoración estadística de la calidad del trabajo realizado.

La aplicación de herramientas estadísticas para el análisis de los ensayos de calidad es una actividad fundamental en cualquier proceso productivo, para predecir el nivel de calidad del producto, corregir y prevenir desviaciones y mejorar la eficiencia y eficacia del proceso de producción. Las herramientas estadísticas de control de procesos evalúan no sólo los resultados fuera de los límites de especificación, sino también la variabilidad del proceso, la cual puede aumentar la probabilidad de que la totalidad del producto no cumpla con el nivel de calidad establecido por las especificaciones como resultado de la variabilidad inherente del proceso.

Ya que la valoración estadística de la calidad de los materiales está descrita en el CR-2010, sección 107 Aceptación del Trabajo, al ser este un documento de referencia en el contrato y con el propósito de aportar elementos que permitan la interpretación de los resultados de los ensayos y acrecentar la calidad de los productos que se utilizan en las labores de construcción de infraestructura vial, la Auditoría Técnica realiza una evaluación estadística de los resultados de los materiales obtenidos de las muestras tomadas y ensayadas por el personal técnico del LanammeUCR. Para ello se aplica el procedimiento establecido descrito en la sección 107.05 "Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago (valor de trabajo)" del "Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes, CR-2010", con la finalidad de evidenciar la importancia de la aplicación de herramientas estadísticas en el control de procesos de producción. Cabe destacar que es importante introducir este tipo de análisis ya que permiten a la Administración velar por la buena inversión pública.

Los índices de calidad (Q_s y Q_i) son estimadores del sesgo de los datos analizados con respecto al valor meta y los límites permitidos por el rango de especificación; son indicadores de la variabilidad existente en el conjunto de datos analizados.

Los índices de calidad se calculan para cada uno de los ensayos que se van a analizar, luego se obtiene para cada uno el porcentaje de datos fuera de los límites de especificación (PT), aplicando la Tabla 107-1 del CR-2010. El porcentaje fuera de los límites de especificación es una estimación del porcentaje de la totalidad del producto que podría encontrarse fuera de los rangos de especificación para las muestras o período analizado (lote).

Como parte del procedimiento se utilizarán las siguientes abreviaturas en el presente informe:

LSPE*¹ o Ls: Límite superior

LIPE* o Li: Límite inferior

Prom: Promedio

Desv: Desviación estándar

ICS* o QS: Índice de calidad superior

ICI* o QI: Índice de calidad inferior

PISi* o PT: Porcentaje de datos fuera de los límites de especificación

PDL: Porcentaje de datos dentro de los límites de especificación

* Acorde con el CR-2012, sección 107.05 Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago



10. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME PRELIMINAR LM-PI-AT-009B-14

Como parte de los procedimientos de auditoría técnica, mediante oficio LM-AT-065-14 del 26 de junio de 2014 se envía el informe preliminar LM-PI-AT-009B-14 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 10 días hábiles posteriores al recibo de dicho informe para el envío de comentarios al informe preliminar. Por lo tanto dicho plazo finalizaba el 22 de julio del 2014.

Posterior al envío del informe preliminar se le brinda audiencia a la parte auditada para que se refiera al informe preliminar, el día 11 de julio del 2014 a las 9:00am en las instalaciones del LanammeUCR en donde se realizó la presentación del informe LM-PI-AT-009B-14 en su versión preliminar y en la que participaron los ingenieros Ing. Melissa Salas Pérez, Ing. Mauricio Sojo Quesada, Ing. Julio Cesar Carvajal Saborío, Ing. Esteban Jarquín Vargas, Ing. Alexander Guerra y el Ing. Eddy Baltodano de parte de Consejo Nacional de Vialidad, CONAVI. Así como los auditores encargados del informe Ing. Francisco Fonseca y la Ing. Ana Elena Hidalgo, la coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica-PITRA LanammeUCR, Ing. Wendy Sequeira Rojas y en calidad de experto técnico el Ing. Esteban Villalobos Vega de la Unidad de Puentes PITRA-LanammeUCR.

El día 21 de julio del 2014 se recibe el oficio GCSV-09-14-3205 emitido por el Ing. Mauricio Sojo Quesada, Ingeniero de Proyecto zona 1-1, y la Ing. Margarita Soto Durán, Administrador Vial de la zona 1-1, en el cual se describen comentarios sobre el informe LM-AT-009B-14.

Por lo 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 presente informe LM-PI-AT-009-14 en su versión final para ser enviado a las instituciones que indica la ley. La emisión del informe final se realiza en el mes de agosto del 2014

11. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

Todos los hallazgos y observaciones declarados por el equipo de auditoría técnica en este informe de auditoría técnica 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.

A. SOBRE LAS DEFICIENCIAS CONSTRUCTIVAS OBSERVADAS EN LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL PROYECTO.

Observación 1. Detección de nidos de piedra (hormigueros) en elementos estructurales del puente en construcción

Durante la visita realizada al proyecto el día 29 de enero de 2014, el equipo de la Unidad de Puentes del PITRA-LanammeUCR observó algunas deficiencias constructivas en componentes estructurales del puente en construcción sobre el Río María Aguilar en la Ruta 39 (circunvalación). Los problemas observados evidencian prácticas constructivas inadecuadas que pueden repercutir en la durabilidad de los elementos construidos y posiblemente en su resistencia. Debido a esto el Ing. Alejandro Navas, Director del LanammeUCR emite el oficio LM-IC-D-0092-14 del 30 de enero de 2014, dirigido a la ingeniería del proyecto

En dicho oficio se manifiesta la preocupación por la detección de estas deficiencias que se detallan a continuación:

1. Presencia de nidos de piedra (hormigueros) en las columnas de todas² las pilas. Este problema constructivo es evidente, generalizado y no se debe aceptar como algo normal. El problema se observa principalmente entre las diferentes coladas de concreto realizadas para construir las columnas de las pilas.

Con respecto al punto 1 descrito anteriormente, los nidos de piedra (conocidos popularmente como “hormigueros”) en elementos de concreto son el producto de la separación de la piedra de la pasta (la mezcla de cemento, arena y aditivos) lo cual genera una acumulación de piedras y de espacios vacíos a su alrededor ya sea en la superficie o dentro de la masa de concreto.

Los nidos de piedra se deben al no uso o elección inadecuada de equipo constructivo, prácticas inapropiadas de colocación del concreto, malas prácticas del vibrado del concreto para consolidarlo, mezclas inapropiadas de concreto o un espaciamiento muy cercano entre varillas de refuerzo. El correcto vibrado del concreto para lograr su apropiada consolidación dentro del elemento estructural dependerá del equipo y del tamaño del mismo. Un estricto procedimiento de vibrado da como resultado un concreto de mejor calidad.

Se recomienda que estos problemas constructivos sean reparados según recomendaciones internacionales y acorde con las buenas prácticas constructivas, debido a que de no hacerlo de la manera correcta, una mala reparación se verá reflejada en el corto o mediano plazo y será necesario realizar trabajos de mantenimiento en las columnas antes de alcanzar su vida

²En este párrafo se hace referencia a todas las columnas construidas hasta el momento de remisión del oficio.



útil ya que puede afectar la durabilidad del elemento estructural, debido a la pérdida de recubrimiento de las varillas de refuerzo. Se enfatiza que la reparación de nidos de piedra no consiste en un trabajo cosmético, ya que se debe investigar la magnitud del daño, y en caso de ser requerido hacer una reparación mayor.

El día 17 de febrero de 2014, el Ing. Alejandro Navas, director del LanammeUCR, recibe un oficio de parte del Ing. Roberto Fiatt Seravalli, representante legal del consorcio CODOCSA-PC, en respuesta al oficio LM-IC-D-0092-14 donde manifiesta que:

"Presencia de nidos de Piedra (hormigueros): Luego de una exhaustiva inspección de todos los posibles defectos en las pilas a los cuales se les podría asociar esta denominación le aclaramos que en todos los casos la falta de pasta es de carácter superficial y en el caso crítico no supera los 15 milímetros, valor que contrasta con el recubrimiento suministrado que es del orden de los 50 milímetros. En todos los casos se picó con piqueta y no fue posible desprender el agregado grueso, dado lo anterior, los defectos presentados no pueden ser catalogados como hormigueros sino como defectos meramente superficiales denominados comúnmente como "carates". Adicionalmente le manifiesto que para la columna crítica el área de defectos superficiales representa del orden del 1.50% del área total, por lo tanto esta situación no puede ser considerada como un problema generalizado.

Las labores de reparación de los defectos superficiales se iniciaron el pasado sábado 2 de febrero como se tenía programado, las mismas se realizaron utilizando un producto para reparación del mortero de parcheo EUCOFAST y el protocolo de reparación que se adjunta a esta nota."

Con respecto a la información descrita en este oficio es importante aclarar que pese a que en este documento se menciona que el área afectada es del 1,5% por ciento del área total, el deterioro comunicado por el LanammeUCR, se presenta en todas las columnas de las pilas del puente construidas a la fecha de inspección, ubicados principalmente en las juntas de construcción utilizadas entre coladas de acuerdo al tipo de formaleta utilizada, incluyendo la base de las columnas. (Ver Figura 2)



Figura 2. Ejemplos de nidos de piedra en columnas de la pila del eje 3 (según planos estructurales).
Fecha: Febrero, 2014.

Esto se hace conocimiento de la Administración con el objetivo de que durante el desarrollo de un proyecto y en virtud de los principio de mejora continua y las buenas prácticas de la ingeniería civil, se evite que durante el desarrollo del mismo se den prácticas o procedimientos constructivos inadecuados que tengan como consecuencia defectos constructivos de forma repetitiva que impliquen estar haciendo reparaciones continuamente sobre elementos recién construidos, aún y cuando al ser reparados de forma correcta no afecten el desempeño del proyecto.

Una vez reportados los defectos constructivos detectados, el contratista presenta un producto y un procedimiento de reparación, que a criterio de esta Auditoría Técnica, es responsabilidad de la Administración revisar y aprobar, de manera que este cumpla con los estándares de calidad necesarios para asegurar la inversión pública y el desarrollo del proyecto acorde con la normativa nacional y las buenas prácticas de la ingeniería.

B. SOBRE LAS OPORTUNIDADES DE MEJORA EN LA INSPECCIÓN DEL PROYECTO

Observación 2. En el proyecto existen debilidades en cuanto al registro o documentación de algunos de los cambios y las decisiones tomadas en campo.

Durante las visitas realizadas al proyecto en el período de realización de esta auditoría técnica, se observó que en el sitio del proyecto, a pesar de que la mayoría de los cambios realizados en el proyecto, fueron anotados en la copia de los planos que se mantenía en el sitio y comunicados a esta ingeniería de proyecto según se indica en el oficio GCSV-09-14-3205, esta auditoría pudo evidenciar que no se llevó un control detallado de algunos cambios constructivos realizados en campo con relación a lo indicado en los planos, así como un insuficiente control de la bitácora que proporciona el Colegio de Ingenieros y Arquitectos. En dichas visitas se observó que algunos elementos se estaban construyendo de manera diferente a lo indicado en planos o incumplimiento de especificaciones en los materiales utilizados, y no se aportó evidencia documental que justifique la aprobación a dichos cambios.

A continuación se presentan algunos ejemplos que detectó esta auditoría técnica y que fueron comunicados a la Administración mediante la emisión de oficios (ver Tabla 1) con el objetivo de informar oportunamente y coadyuvar al mejoramiento continuo de la gestión de la Administración y el desarrollo del proyecto de manera apropiada .

Un ejemplo de esta situación se presentó durante las visitas realizadas, en conjunto con la Unidad de Puentes del PITRA-LanammeUCR, los días 05,12 y 14 de marzo del año en curso donde se observó un cambio en los apoyos de la superestructura ubicados sobre la pila *Este* del puente 2. Acorde con el diseño mostrado en los planos se debía colocar poliestireno extruido entre el diafragma y la viga cabezal de las pilas para dejar una sección reducida de concreto en la ubicación de las dovelas de varilla #8 (ver Figura 3), sin embargo, durante la etapa de armado del refuerzo del diafragma no se observó que se preparara dicho detalle (ver Figura 4).

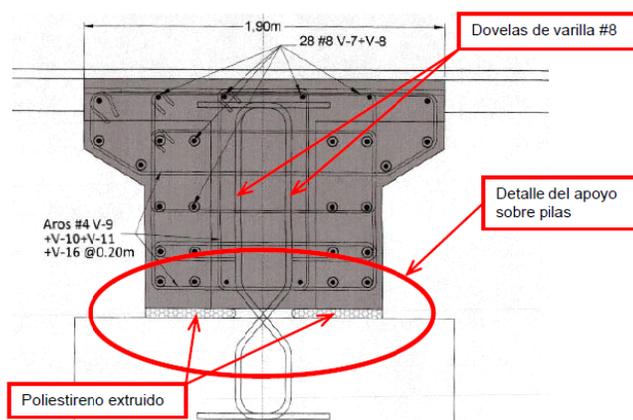


Figura 3. Detalle del apoyo de la pila según planos estructurales



Figura 4. Detalle en sitio

También durante estas visitas al proyecto se observó que antes del colado del concreto de la viga cabezal de la pila sobre el eje 3, el refuerzo del bloque cortante *Este* no tenía la altura indicada en los planos estructurales, en dicha ocasión se observó un refuerzo añadido de forma adicional para completar la altura, el cual no tenía el detalle de anclaje al concreto indicado en los planos, este tenía forma de "U" y no de aros cerrado (ver Figura 5)

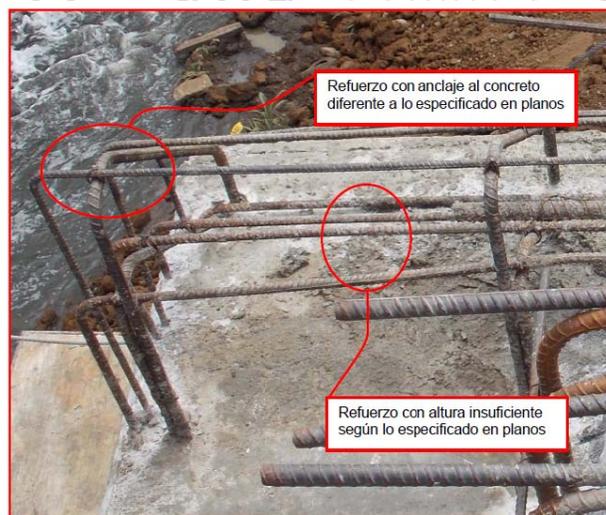


Figura 5. Diferencia con respecto a planos estructurales del refuerzo utilizado en el bloque cortante *Este* de la pila sobre el eje 3.



Estos son en general ejemplos de elementos o procedimientos constructivos que se observaron en campo durante el desarrollo del proyecto ya sea por el equipo de auditoría técnica o la Unidad de Puentes del PITRA-LanammeUCR, que no estaban acorde con las especificaciones del pliego de condiciones de construcción o los planos, ni se encontró el detalle en el pliego de planos entregado en el oficio GCSV-09-14-3205 del 21 de julio de 2014 . En la mayoría de los casos se consultó la bitácora del proyecto con el fin de verificar si los cambios estaban siendo notificados, sin embargo, no se encontró información al respecto.

Durante el desarrollo de un proyecto tanto de infraestructura civil como vial, es importante llevar un registro completo de los cambios y aprobaciones que se dan durante el desarrollo del proyecto, ya que si bien es cierto es necesario reacomodar lo especificado a situaciones o condiciones particulares que se viven en el campo, debe existir justificación y aprobación de las acciones realizadas, ya que esto además de permitir a la Administración conocer el estado final del proyecto, es una herramienta necesaria para la inspección y fiscalización del proyecto.

El uso del cuaderno de bitácora para documentar aspectos técnicos del proyecto permite dejar constancia de las actividades técnicas que se realizan in situ con el fin que se atiendan malas prácticas constructivas, variaciones en los detalles constructivos indicados en planos, verificación de materiales, faltante de información, dudas, entre otros y así asegurarse la calidad de la obra.

Es importante que la Administración considere que este cuaderno de bitácora deba utilizarse para registrar el trabajo que realizan los diferentes profesionales responsables que participan en estos proyectos, ya sea que adicionalmente se utilizan otros medio como un pliego de planos para registrar los cambio u observaciones es importante también utilizar de forma adecuada las herramientas oficiales que se designan, según se indica en las disposiciones de carácter técnico incluidas en el Artículo 9 del Reglamento especial del cuaderno de bitácora en obra del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. Este artículo expone lo siguiente:

Artículo 9. - El Profesional Responsable está obligado a dejar constancia escrita conforme con su mejor criterio, de sus observaciones e incidencias acaecidas durante los procesos constructivos, al menos cada ocho días hábiles o con mayor regularidad según su criterio profesional. Estas anotaciones deben hacerse en el sitio de la obra y pueden contener eventualmente aclaraciones mediante esquemas, dibujos, gráficos o tablas. Las modificaciones, variaciones, ampliaciones o los cambios de carácter arquitectónico, estructural, eléctricos o mecánicos, que deban introducirse a los planos y especificaciones, originalmente aprobados por los organismos competentes del Estado, sólo podrán consignarlos si profesionalmente se encuentran autorizados para ello y no contraviene alguna disposición contractual, legal o reglamentaria y el Código de Ética Profesional del Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica en particular.

En el oficio GSCV-09-2014-2163 del Ing. Mauricio Sojo, Ingeniero de Proyecto de la Zona 1-1 San José, CONAVI, antes mencionado, se refiere a las anotaciones que se realizan en el proyecto... "Como se le ha informado anteriormente y en respuesta a oficio LM-AT-035-14 de fecha 27 de marzo del 2014, la ingeniería de proyecto de la empresa constructora CODOCSA ah (sic) anotado los cambios que ah (sic) sufrido el proyecto de "Diseño y Construcción de Drenaje Mayor en la Ruta Nacional No 39, Río María Aguilar", en los planos

constructivos que se manejan en sitio para las inspecciones tanto de parte del CONAVI, Administrador Vial y empresa Constructora, de igual manera en los próximos días se recibirán los planos definitivos del puente en cuestión tal y como lo establecía el pliego de condiciones."

Es criterio de esta auditoría técnica que a pesar de que esta obra fue contratada bajo la figura de imprevisibilidad y bajo la modalidad de *Diseño y Construcción*, las buenas prácticas de la ingeniería y el reglamento del Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos recomiendan documentar de una forma oficial cualquier variación en los planos suministrados, más si estos cambios pueden variar el sistema estructural del puente, por lo que a pesar de llevar el control y registro documental de los cambios en los planos que se manejan el proyecto, es importante utilizar las herramientas oficiales y establecidas por normativa en el desarrollo de los proyectos de infraestructura vial.

C. SOBRE ASPECTOS DE SEGURIDAD VIAL EN EL PROYECTO

Hallazgo 1. Las barandas peatonales colocadas en la acera de los puentes sobre el río María Aguilar en la Ruta Nacional No 39, no cumplen con las especificaciones AASHTO LRFD última versión indicada en el pliego de condiciones.

De acuerdo con la sección 13.8 de barandas peatonales del *AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS (2012)*, cuando se utilizan tanto elementos verticales como horizontales en la baranda, la distancia libre entre elementos no debe ser mayor a 15 cm en los primeros 70 cm de altura.

En la baranda peatonal que se colocó en el proyecto se midieron distancias libres desde la losa hasta el primer elemento horizontal de 30 cm en distintas secciones del puente (Ver figura 6). Además, esta distancia libre es suficiente para que una persona adulta pase a través de la baranda y por lo tanto es aún más peligrosa para el paso de niños pequeños. (Ver figura 7).



Figura 6. Medición de distancia libre inferior de baranda peatonal, caso del puente 2. y **Figura 7.** Espacio libre de baranda peatonal suficiente para el paso de persona adulta.



Es importante velar en el proyecto no solamente por la parte estructural de los elementos que se coloquen, sino también la parte funcional y de seguridad. De esta forma se construye un proyecto integral que considera la seguridad de todos los usuarios de los puentes.

Esta normativa es la que se indica en el Capítulo I "Condiciones Generales" donde se describen las especificaciones con que deberá ser ejecutado el objeto de esta contratación de conformidad con los términos del pliego de condiciones y acordes con la última versión.

D. SOBRE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN EL PROYECTO: CONCRETO Y ACERO DE REFUERZO.

Hallazgo 2. El concreto con resistencia de 280 kg/cm² y 700 kg/cm² a los 28 días cumple con las especificaciones de resistencia establecidas en el Manual de especificaciones para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010, en los planos del proyecto. Caso contrario con la temperatura, este parámetro no cumple con las especificaciones.

Con los resultados de los ensayos realizados del concreto muestreado en el proyecto, tanto por el laboratorio del LanammeUCR como por los laboratorios de verificación y control de calidad, durante el período de auditoría, se realizó un análisis estadístico de cumplimiento con las especificaciones que se detalla en la siguiente tabla (Ver Tabla 2), donde se calcula a partir de la sección 107 "Aceptación del Trabajo" del CR-2010 se estima el porcentaje de valores fuera de especificación.

Mediante el oficio LM-AT-003-2014, enviado por la Auditoría Técnica al ingeniero del proyecto Ing. Mauricio Sojo, el día 30 de enero de 2014, se solicitó información general relacionada con el proyecto, entre la información requerida se solicitaron los informes de control y verificación de la calidad de los materiales (concreto y acero).

La información es recibida por esta auditoría el día 12 de febrero de 2014, mediante el oficio GCSV-09-2014-0512, donde se adjunta la información solicitada hasta la fecha de envío. Cabe destacar que posteriormente se solicitó la actualización de los datos de calidad mediante un recordatorio, oficios LM-AT-015-14 y LM-AT-024-14, no obstante, esta información a la fecha de emisión de este informe de auditoría técnica no fue recibida, por lo que el análisis que se realizó se basó en los datos de noviembre de 2013 a febrero de 2014 aproximadamente, esto con respecto a los datos de control y verificación de la calidad (L.G.C. y CACISA respectivamente). Con respecto a los resultados obtenidos por el laboratorio del LanammeUCR, se analizan los que corresponden al período de la auditoría que abarcó entre enero y abril del presente año (Ver Tabla 2).

Tabla 2. Resultados de las muestras ensayadas por el LanammeUCR de concreto de resistencia a compresión de 280kg/cm².

Informe	No ID	Fecha	Elemento	Temp (°C)	Contenido aire (%)	Revenimiento (mm)	Resistencia (kg/cm ²) 28- días
I-0241-14	0245-14 0246-14	06/02/2014	Columnas	27,2	2,6	180	268
				28,3	2,5	195	325
I-0379-14	0532-14 0533-14 0534-14	12/03/2014	Columnas	30,9	2,0	180	368
				32,3	2,1	180	351
				34,9	3,4	160	411
I-0394-14	0581-14	18/03/2014	Bastion1, eje 1.	34,0	2,3	150	-
	0582-14		Bastión 1, eje 7.	32,0	2,1	180	-
	0583-14		Bastión 1, eje 7.	34,0	2,3	170	-

(-) Se reportaron resistencias a edades diferentes

El equipo de la Unidad de Auditoría Técnica realizó un análisis estadístico con los datos de las muestras ensayadas por los laboratorios del LanammeUCR, CACISA y L.G.C., 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 por laboratorio.

- **Laboratorio del LanammeUCR.**

A continuación se describen los resultados del LanammeUCR

Tabla 3. Análisis estadístico del porcentaje fuera de los rangos estimados para las muestras ensayadas por el LanammeUCR de concreto de resistencia a compresión de 280kg/cm²

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	20 ± 10°C	8	71,629	46.438
Resistencia a la compresión	Mínimo de 280 kg/cm ²	8	7,684	46.438

^s Considerando que el incumplimiento de las especificaciones no tiene una incidencia relevante en la calidad de la obra o material.

Tal y como se puede observar en los resultados analizados para este laboratorio para el parámetro resistencia a la compresión de la mezcla de concreto se encuentra dentro de los lineamientos de las especificaciones establecidas en el CR-2010 y en el diseño de mezcla presentado a esta auditoría técnica, esto en razón de que el porcentaje de trabajo fuera de los rangos establecidos, debido a la variabilidad del proyecto y calculado con las herramientas estadísticas de la sección 107.05 del CR-2010, es menor al 46.4% establecido en esta sección como aceptable (Tabla 107-2) para un número de 8 en comparación con 7,7% del valor resistencia respectivamente.

Por otro lado, para el parámetro de temperatura de la mezcla de concreto en las muestras ensayadas, el valor de las especificaciones establecidas en el CR-2010 es menor al obtenido del análisis estadístico. Para el caso de la temperatura de la mezcla cuyos límites se encuentran entre 10°C y 30 °C el valor promedio obtenido fue de 31,7°C, y del análisis

estadístico se puede observar que se tiene un porcentaje fuera de los límites de especificación de 71,6% cuando el valor máximo permitido es de 46.4%.

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, solamente uno de los datos promedios se encuentran por debajo del límite establecido.

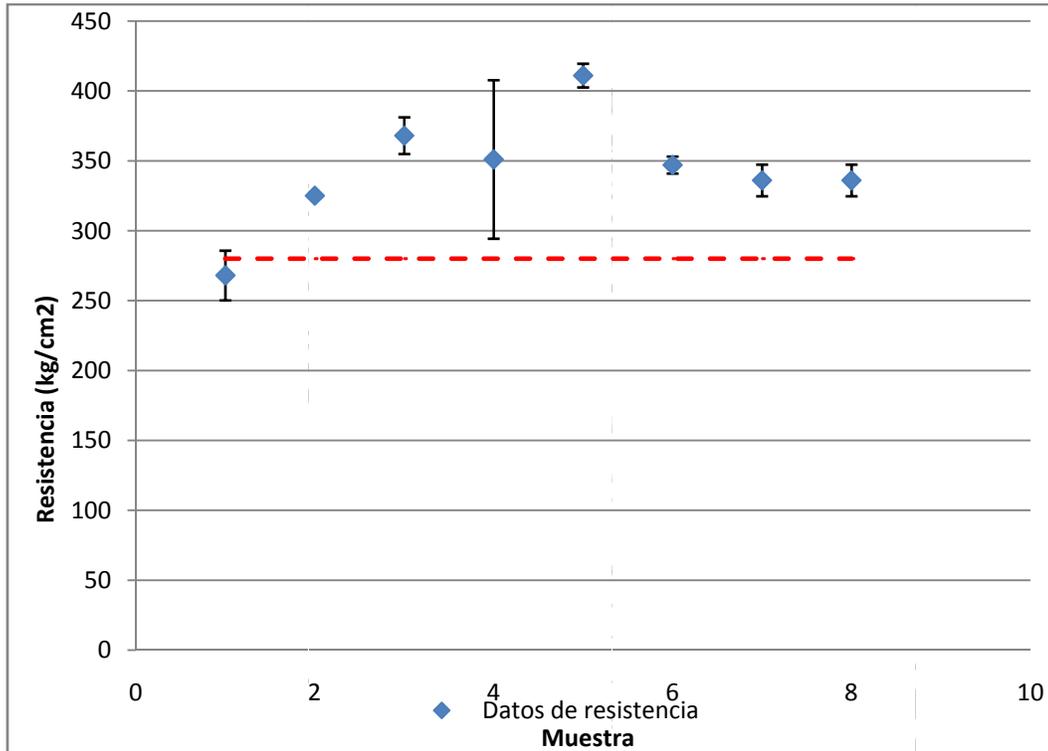


Gráfico 1. Valores de resistencia a la compresión para las muestras de concreto ensayadas por el LanammeUCR

En el caso del concreto utilizado en elementos pre fabricados, como las vigas de los puentes, la resistencia a la compresión especificada a los 28 días debe ser mayor a 700kg/cm^2 . Se obtienen un total de 4 muestras, dos provenientes de ensayos realizados por el LanammeUCR y dos por el laboratorio de verificación de calidad (CACISA). La resistencia a la compresión a los 20 días es superior a la establecida por el diseño de mezcla (700kg/cm^2). No se realizó un análisis estadístico similar al realizado para el concreto de 280kg/cm^2 , debido a que no se cuenta con la cantidad de muestras suficientes.

Tabla 4. Resultados de las muestras ensayadas por LanammeUCR de concreto de resistencia a compresión de 700kg/cm².

Informe	Identificación	Fecha	Elemento	Temperatura (°C)	Revenimiento (mm)	Resistencia (kg/cm ²)		
						7	14	28
I-0289-14	0362-14	20/02/2014	Elemento de chorrea: Viga OS VP puente	33,3	700	627	724	777
	0363-14		Elemento de chorrea: Viga-03 puente 1.	31,5	700	637	704	750

- **Laboratorio de Verificación de Calidad (CACISA)**

A continuación se describen los resultados del CACISA. Tal y como se puede observar en los resultados analizados para este laboratorio (ver Gráfico 2), el parámetro de resistencia de la mezcla de concreto se encuentra dentro de los lineamientos de las especificaciones establecidas en el CR-2010 y en el diseño de mezcla presentado a esta auditoría técnica. Lo anterior de conformidad con los resultados obtenidos por dicho laboratorio y en razón de que el porcentaje de trabajo fuera de los rangos establecidos, debido a la variabilidad del proyecto y calculado con las herramientas estadísticas de la sección 107.05 del CR-2010, es menor al 41,185% establecido en esta sección como aceptable (Tabla 107-2) para una muestra de 16 ensayos.

Tabla 5. Análisis estadístico del porcentaje fuera de los rangos estimados para las muestras ensayadas por CACISA de concreto de resistencia a compresión de 280kg/cm²

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	20 ± 10°C	-	-	-
Resistencia	Mínimo de 280 kg/cm ²	16	0,62	41,185

(-) No se reportaron resultados

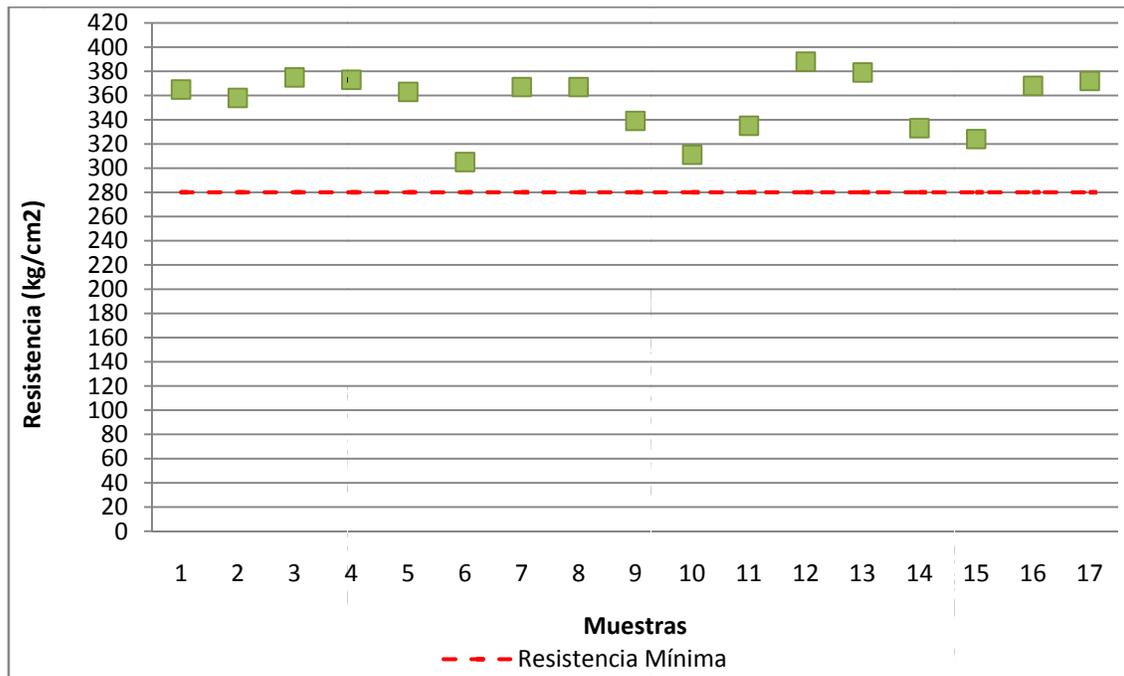


Gráfico 2. Valores de resistencia a la compresión para las muestras de concreto ensayadas por el CACISA.

En el Gráfico 2 se puede observar los valores de resistencia a la compresión de cilindros fallados a 28 días, obtenidos por CACISA. Tal y como se aprecia todos los datos promedios se encuentran por arriba del límite establecido.

En el caso del concreto cuya resistencia a la compresión especificada a los 28 días debe ser mayor a 700kg/cm², se obtiene un total de 2 muestras ensayadas por el laboratorio de verificación de calidad (CACISA). La resistencia a la compresión a los 28 días es superior a la establecida por el diseño de mezcla (700kg/cm²). No se realizó un análisis estadístico, debido a que no se cuenta con la cantidad de muestras suficientes.

Tabla 6. Resultados de muestras ensayadas por CACISA de concreto de resistencia a compresión de 700kg/cm².

Identificación	Fecha	Moldeo	Recepción	Elemento	Revenimiento (mm)	Resistencia (kg/cm ²)			
						7 días	14 días	28 días	28 días
inf.11-2014	10/01/2014	27/12/2013	27/12/2013	Viga UPOI	70,0	-	490	-	-
inf.11a-2014	10/01/2014	27/12/2013	27/12/2013	Viga UPOI	70,0	-	491	-	-
inf.11b-2014	10/01/2014	27/12/2013	27/12/2013	Viga UPOI	70,0	-	491	747	736

(-) No se reportaron resultados

- **Laboratorio de Control de Calidad (L.G.C.):** A continuación se describen los resultados del L.G.C.

El análisis que se pudo realizar con los datos suministrados por la Administración con respecto al Control de Calidad fue incompleto, debido a la cantidad y calidad de los resultados reportados. En la información entregada a esta auditoría técnica a la hora de remisión del informe no se contaba con resultados de contenidos de aire, temperatura ni resistencia a la compresión a los 28 días. En los resultados se puede observar que para 14 días el 50% (4 de 8 muestras) de las muestras reportadas presentaban valores mayores a 280kg/cm^2 y el restante 50% presentan un valor cercano a dicho valor límite (entre 245 y 268kg/cm^2).

Hallazgo 3. El acero de refuerzo utilizado en los elementos estructurales de proyecto cumple con los requisitos establecidos en la norma ASTM A706 con la que se evalúa su calidad durante el proceso de fabricación, pero no con los requisitos de la norma ASTM A615 especificada en los planos constructivos.

Mediante el oficio LM-AT-003-2014 también se solicitan los datos de control y verificación de la calidad de los diferentes calibres de varillas o elementos de acero que se incorporan en la estructura. Se aporta, a esta auditoría, la documentación relacionada el día 12 de febrero del 2014, mediante el oficio GCSV-09-2014-0512, cabe destacar que dicha documentación no contenía información relacionada con la solicitud inicial. Al igual que en el caso anterior la información de calidad hasta la fecha de elaboración de este informe no fue actualizada por la Administración.

Por lo tanto, para el análisis de este material solamente se analizó la información procedente del laboratorio del LanammeUCR, ya que dentro de la información facilitada por la ingeniería de proyecto no se cuenta con resultados de ensayos de laboratorio para el acero utilizado en campo ni en elementos pre esforzados.

Es importante destacar que pese a que la normativa para la evaluación del acero indicada en los planos constructivos del proyecto es la norma ASTM A615, las muestras de varilla observadas en campo y muestreadas y ensayadas por el laboratorio de LanammeUCR, están evaluadas bajo la normativa ASTM A706, razón por la cual esta auditoría técnica decide utilizar esta norma de referencia y no la mencionada en los planos constructivos para verificar los parámetros de calidad.

Esta inconsistencia entre las especificaciones indicadas en planos y en el material utilizado en el proyecto, no se reporta ni se aclara en ningún documento a los que tuvo acceso esta auditoría técnica, aspecto que es importante de mencionar, ya que como se comentó en el apartado anterior en pro de mejorar la gestión de los proyectos viales a nivel nacional es necesario documentar y respaldar todas las acciones o cambios que se realicen en el proyecto con el objetivo de mejorar no solo el desarrollo del proyecto durante el proceso constructivo, sino en etapas previas como la elaboración del cartel o en este caso el pliego de condiciones para la contratación por imprevisibilidad.

A continuación en la Tabla 7, se desglosan los resultados obtenidos de los ensayos realizados a las muestras de acero del proyecto en cuestión, debido a que no se tiene el número de muestras necesario, no se realizó el análisis estadístico acorde a la sección 107.05 Aceptación del Trabajo del CR-2010.

Tabla 7. Resultados de ensayos de esfuerzo para el acero de grado 60W usando norma ASTM A706, varillas número 4,6 y 8 según datos del LanammeUCR.

Informe	Muestra	Fecha	Diámetro varilla (#)	Grado	Resistencia a la tensión		
					Esfuerzo de fluencia	Esfuerzo Máximo	Elongación
					Mínimo 420 Mpa	Mínimo 550 Mpa	%
I-0132-14	M-0196-14	06/02/2014	6	60	439	598	19
I-0247-14	M-0418-14	03/03/2014	4	60	435	579	19,9
	M-0419-14		6	60	435	593	20,8
	M-020-14		8	60	471	618	21,3

Tal y como se puede observar en la tabla anterior, para todos los diámetros de varilla analizados se cumple con un esfuerzo de fluencia mínimo de 420 MPa, tal y como lo indica la norma ASTM A706, al igual que para el caso del esfuerzo máximo que debe tener un valor mínimo de 550 MPa. En el caso del porcentaje mínimo permitido de elongación de la varilla, la normativa lo establece en función del diámetro de la misma, por lo que el porcentaje de elongación mínimo para las varillas de diámetro 4 y 6 es de 14% y para la número 8 es de 12%, los cuales se cumplen acorde con los datos de la última columna de la Tabla 7.

11. CONCLUSIONES

- Durante el desarrollo del proyecto se detectaron defectos constructivos producto de prácticas constructivas inadecuadas, llamados nidos de pierda u hormigueros. El contratista presenta un producto y un procedimiento de reparación que es responsabilidad de la Administración revisar y aprobar, de manera que este cumpla con los estándares de calidad necesarios para asegurar la inversión pública y el desarrollo del proyecto acorde con la normativa nacional y las buenas prácticas de la ingeniería.
- Durante las visitas realizadas al proyecto en el período de realización de esta auditoría técnica, se observó que en el sitio del proyecto no se llevaba un control detallado de todos los cambios realizados en campo y un control de la bitácora del CFIA. En dichas visitas se observó que para algunos elementos se vienen construyendo diferente a lo indicado en planos o especificaciones de los materiales utilizados y no se ha evidenciado documentación que justifique la aprobación a dichos cambios.
- La baranda peatonal que se colocó en el proyecto no cumple con la especificación internacional de la sección 13.8 de barandas peatonales del *AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS (2012)*, ya que en el proyecto se midieron distancias libres desde la losa hasta el primer elemento horizontal de 30cm en distintas secciones del puente, la cual puede ser peligrosa para los peatones.
- La aplicación de herramientas estadísticas para el control de procesos de producción de materiales que se incorporan a un proyecto, es de vital importancia ya que evalúan no sólo los resultados fuera de los límites de especificación, sino que también permiten conocer la magnitud de la variabilidad del proceso, brindando la oportunidad de inferir la probabilidad de que el material cumpla o no con el nivel de calidad establecido por las especificaciones como resultado de la variabilidad inherente del proceso. Además, la información generada es un indicador de la exactitud (cercanía al valor meta) y precisión (variabilidad) de un proceso productivo o constructivo, lo que permitirá tomar las acciones oportunas para corregir cualquier deficiencia o mejorar estos procesos
- En el caso del parámetro de resistencia a la compresión para un concreto de 280kg/cm^2 , para todos los ensayos reportados por los laboratorios, se presentan valores de resistencia a la compresión mayores al límite mínimo establecido.
- Similar es el caso con el parámetro de la temperatura, ya que, como se pudo observar, acorde con los datos del LanammeUCR, la temperatura promedio de la mezcla es mayor a la recomendada en la especificación CR-2010, sección 550.

- En el caso de concreto de 700kg/cm^2 se puede observar en las cuatro muestras que se analizaron, que el 100% sobrepasan a los 28 días el límite inferior de resistencia establecida.
- En el caso del acero de refuerzo utilizado en los elementos colados en sitio del proyecto en cuestión se cumple con las características establecidas en la norma ASTM A706, con la que son fabricadas.
- Existe una incongruencia en la normativa señalada en planos y la utilizada para evaluar el acero de refuerzo del proyecto, ya que tal y como se puede observar en la lámina de Notas Generales de los planos constructivos, la norma mencionada es la ASTM A615, cuando la totalidad del acero observado en el sitio de obra corresponde a la norma ASTM A706. Este tipo de errores u omisiones a la hora de especificar los materiales generan problemas en la adecuada gestión de un proyecto.



12. RECOMENDACIONES

Como parte del proceso de auditoría técnica que se plasma en este informe, a continuación, se formulan algunas recomendaciones, respecto a las cuales no omitimos resaltar que, 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 la Ingeniería de Proyecto y Gerencia de Conservación de Vías y Puentes

- Se recomienda velar que en todos los proyectos se implementen las acciones correctivas correspondientes de acuerdo al estado de los defectos constructivos o aplicación de malas prácticas constructivas en resguardo de la calidad final del proyecto y la inversión de fondos públicos. Adicionalmente se recomienda implementa un plan de seguimiento del desempeño del proyecto en general y específicamente de las acciones correctivas implementadas, esto en pro de salvaguardar la inversión pública y el estado de las obras.
- Aplicar las buenas prácticas de la ingeniería y el reglamento del Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos para documentar cualquier variación en los planos suministrados. Es importante utilizar las herramientas oficiales y establecidas por normativa en el desarrollo de los proyectos de infraestructura vial.
- Velar por la aplicación de herramientas estadísticas para evaluar tanto el cumplimiento de especificaciones como la variabilidad de los procesos de producción de materiales que se incorporan a las obras, para que de esta forma se aplique el pago en función del nivel de calidad de los materiales.
- Es importante que pese a la modalidad de contratación utilizada en este proyecto (imprevisibilidad), se tengan especificaciones y planos constructivos completos y que estén de acuerdo a la normativa nacional y buenas prácticas de la ingeniería, esto en procura de la calidad del proyecto y el resguardo de la inversión pública.
- Se recomienda realizar una solicitud a la comisión de revisión permanente del CR-2010, con el fin de que se aclare el alcance de las sección 552.16 en cuanto al porcentaje de defectos que es permitido reparar acorde con las especificaciones internacionales y las buenas prácticas de la ingeniería.



Equipo Auditor

Ing. Víctor Cervantes Calvo.
Auditor Técnico, LanammeUCR

Ing. Francisco Fonseca Chaves.
Auditor Técnico, LanammeUCR

Ing. Ana Elena Hidalgo Arroyo.
Auditora Técnica, LanammeUCR

Aprobado por:

Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.
Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica PITRA-LanammeUCR

Ing. Luis Guillermo Loría Salazar, PhD.
Coordinador General Programa de Infraestructura del Transporte,

Visto bueno de legalidad

Lic. Miguel Chacón Alvarado.
Asesor Legal LanammeUCR

Visto bueno-experto técnico

Ing. Esteban Villalobos Vega.
Unidad de Puentes, PITRA-LanammeUCR