



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

PITRA

Programa de
Infraestructura
del Transporte

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS
MATERIALES Y PROCESOS
CONSTRUCTIVOS PROYECTO:
CONTRATACIÓN DIRECTA N°
2013CV-000017-ODI00:
REHABILITACIÓN INTEGRAL
(SUBESTRUCTURA Y
SUPERESTRUCTURA) DEL PUENTE
SOBRE EL RÍO VIRILLA, RUTA
NACIONAL N°1, AUTOPISTA
GENERAL CAÑAS **LM-PI-AT-033-16**

PREPARADO POR

Cervantes-Calvo, Victor
Fonseca-Chaves, Francisco
Sequeira-Rojas, Wendy
Loría-Salazar, Luis Guillermo

San José, Costa Rica
Enero, 2017



programa de infraestructura
del transporte

PITRA

UAT Unidad de
Auditoría Técnica

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES Y PROCESOS
CONSTRUCTIVOS PROYECTO: Contratación Directa N° 2013CV-000017-
ODI00: REHABILITACIÓN INTEGRAL (SUBESTRUCTURA Y
SUPERESTRUCTURA) DEL PUENTE SOBRE EL RÍO VIRILLA, RUTA
NACIONAL N°1, AUTOPISTA GENERAL CAÑAS [LM-PI-AT-033-16](#).**

Cervantes-Calvo, Victor ¹; Fonseca-Chaves, Francisco ²; Sequeira-Rojas, Wendy ³ y Loria-Salazar, Luis Guillermo ⁴

1. *Ingeniero Auditor Unidad de Auditoría Técnica PITRA LanammeUCR*
2. *Ingeniero Auditor Unidad de Auditoría Técnica PITRA LanammeUCR*
3. *Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica PITRA LanammeUCR*
4. *Coordinador general Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA) LanammeUCR*

Palabras Clave: PITRA, Virilla, Concreto, Acero, control de calidad, Prácticas Constructivas.

Resumen: El presente informe presenta los resultados de la evaluación de las prácticas constructivas en el puente sobre el Río Virilla para el año 2016. Se detectaron bordes filosos en las piezas de acero que pueden favorecer la corrosión del material. Además se analizaron los materiales de acero y concreto incorporados en el puente. Se evidenció ausencia de información en el diseño de mezcla aportado por la administración así como la ausencia de ensayos de contenido de aire al concreto fresco que podrían ayudar a determinar posibles deficiencias en la resistencia a la compresión del material de manera más oportuna.

Referencias

1. ASTM International. (2014). Deformed and Plain Low-Alloy Steel Bars for Concrete Reinforcement. Pennsylvania.
2. Cervantes-Calvo, V., & Fonseca-Chaves, F. (2014). LM-PI-AT-07-14: EVALUACIÓN de la calidad de los materiales, procesos constructivos y laboratorios de calidad. San José.
3. Contraloría General de la República. (2016). Informe de la auditoría de carácter especial sobre los controles instaurados por el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) en el proyecto de reforzamiento y ampliación del puente sobre el Río Virilla, Ruta Nacional Nro. 1. San José.
4. Instituto Americano del Concreto. (2010). Manual del Técnico Publicación CP-1S. Farmington Hills, Michigan: ACI.
5. MOPT. (2010). Especificaciones Generales para la construcción de Caminos, Carreteras y Puentes. San José

EVALUATION OF THE QUALITY OF MATERIALS AND CONSTRUCTION PROCESSES PROJECT: DIRECT CONTRACTING NO. 2013CV-000017-ODI00: INTEGRAL REHABILITATION (SUBSTRUCTURE AND SUPERSTRUCTURE) OF THE BRIDGE ON THE RIVER VIRILLA, NATIONAL ROUTE N ° 1, GENERAL CAÑAS HIGHWAY. LM-PI-AT-011-16

Cervantes-Calvo, Victor ¹; Fonseca-Chaves, Francisco ²; Sequeira-Rojas, Wendy ³ y Loria-Salazar, Luis Guillermo ⁴

1. Audit Engineer Technical Audit Department PITRA LanammeUCR
2. Audit Engineer Technical Audit Department PITRA LanammeUCR
3. Coordinator Audit Department PITRA LanammeUCR
4. General Coordinator Transportation Research Program (PITRA) LanammeUCR

Keywords: PITRA, Management, Concrete, construction practices.

Abstract: The present report presents the results of the evaluation of the construction practices in the bridge over the Virilla River for the year 2016. Sharp edges were detected in the steel girders that can expedite the corrosion of the material. In addition the steel and concrete materials incorporated in the bridge were analyzed. There was evidence of lack of information in the concrete mixture design provided by the administration as well as the absence of air content tests to the fresh concrete that could help to determine possible deficiencies in the compressive strength of the material in a more timely manner.

References

1. ASTM International. (2014). Deformed and Plain Low-Alloy Steel Bars for Concrete Reinforcement. Pennsylvania.
2. Cervantes-Calvo, V., & Fonseca-Chaves, F. (2014). LM-PI-AT-07-14: EVALUACIÓN de la calidad de los materiales, procesos constructivos y laboratorios de calidad. San José.
3. Contraloría General de la República. (2016). Informe de la auditoría de carácter especial sobre los controles instaurados por el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) en el proyecto de reforzamiento y ampliación del puente sobre el Río Virilla, Ruta Nacional Nro. 1. San José.
4. Instituto Americano del Concreto. (2010). Manual del Técnico Publicación CP-1S. Farmington Hills, Michigan: ACI.
5. MOPT. (2010). Especificaciones Generales para la construcción de Caminos, Carreteras y Puentes. San José

Cervantes-Calvo, V., Fonseca-Chaves, F., Sequeira-Rojas, W., & Loría-Salazar, L. G. (2017). *Evaluación de la calidad y procesos constructivos. Contratación Directa N° 2013CV-000017-0DI00: Rehabilitación Integral (Subestructura y Superestructura) del puente sobre el río Virilla, Ruta Nacional N°1, Autopista General Cañas*. San José, Costa Rica: Programa de Infraestructura del Transporte.



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



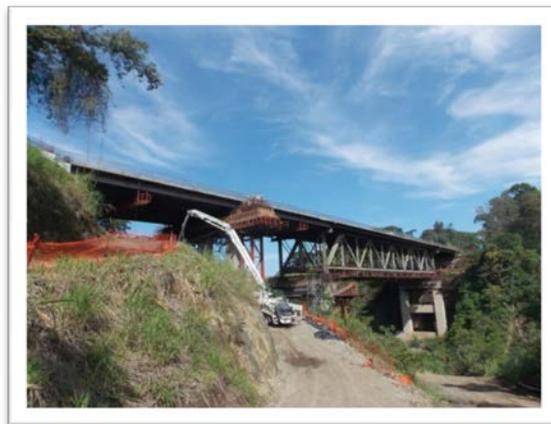
LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Proyecto: LM-PI-AT-033-16

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS

***PROYECTO: Contratación Directa N° 2013CV-000017-ODI00:
Rehabilitación Integral (Subestructura y Superestructura) del
puente sobre el río Virilla, Ruta Nacional N°1, Autopista General
Cañas***



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
Enero 2017



**INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES, PROCESOS CONSTRUCTIVOS Y GESTIÓN
Contratación Directa N° 2013CV-000017-0DI00: Rehabilitación Integral (Subestructura y Superestructura)
del puente sobre el río Virilla, Ruta Nacional N°1, Autopista General Cañas**

Departamento encargado del proyecto: Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura Vial, CONAVI
Laboratorio de verificación de calidad: Laboratorio MOPT

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

Monto original del contrato: ₡4.391.836.760,47 (colones)
Monto final del contrato: ₡7.409.055.668,95 (colones)

Plazo original de ejecución: El plazo máximo de ejecución de las obras es de 320 días calendario.
Plazo ampliado de ejecución: El plazo máximo de ejecución de las obras es de 570 días calendario.

Proyecto: Rehabilitación Integral (Subestructura y Superestructura) del puente sobre el río Virilla, Ruta Nacional N°1, Autopista General Cañas.

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 Líder

Asesor Legal :
Lic. Miguel Chacón Alvarado

Alcance del informe:
El alcance de esta Auditoría Técnica se centró en la recopilación y análisis de la información sobre la evaluación de la calidad del concreto y acero utilizado en el proyecto, que fue emitida por los laboratorios LanammeUCR. Adicionalmente, se evaluaron aspectos relacionados con los procedimientos constructivos durante el periodo de febrero a octubre de 2016.



TABLA DE CONTENIDOS

1. FUNDAMENTACIÓN	6
2. OBJETIVO DE LA AUDITORÍA TÉCNICA	6
3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y UBICACIÓN	7
4. ANTECEDENTES	8
5. METODOLOGÍA DE LA AUDITORÍA TÉCNICA.....	10
6. ALCANCE DE LA AUDITORÍA TÉCNICA.....	10
7. RESPONSABLES DEL PROYECTO.....	11
8. INTEGRANTES DEL EQUIPO DE AUDITORÍA TÉCNICA DEL LANAMMEUCR	11
9. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSION PRELIMINAR LM-PI-AT-033B-16.....	11
10. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA	12
A. SOBRE LOS PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS OBSERVADAS EN LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL PROYECTO.....	12
<i>OBSERVACIÓN 1. SE DETECTARON BORDES FILOSOS EN LAS ALAS DE LAS VIGAS QUE PODRÍAN AFECTAR EL ESPESOR DE PINTURA DE PROTECCIÓN QUE CUBRE LOS ELEMENTOS METÁLICOS.....</i>	<i>12</i>
B. SOBRE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN EL PROYECTO: CONCRETO Y ACERO.....	15
<i>HALLAZGO 1. EL DISEÑO DE MEZCLA NO CONTIENE TODA LA INFORMACIÓN ESPECIFICADA SOLICITADAS POR EL MANUAL DE ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS CAMINOS Y PUENTES CR-2010.</i>	<i>15</i>
<i>HALLAZGO 2. EL ENSAYO DE CONTENIDO DE AIRE NO SE REALIZA POR PARTE DE LOS LABORATORIOS DE CONTROL Y VERIFICACIÓN DE CALIDAD.....</i>	<i>16</i>
<i>HALLAZGO 3. EL CONCRETO CON RESISTENCIA $f'c = 280\text{KG}/\text{CM}^2$ CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES DE RESISTENCIA Y DE TEMPERATURA DE COLOCACIÓN ESTABLECIDAS EN EL MANUAL DE ESPECIFICACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS, CAMINOS Y PUENTES CR-2010 Y EN LOS PLANOS DEL PROYECTO.....</i>	<i>18</i>
<i>HALLAZGO 4. EL ACERO DE REFUERZO UTILIZADO EN LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL PROYECTO CUMPLE CON LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS EN LA NORMA ASTM A706 EN CUANTO A SUS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y FÍSICAS.</i>	<i>22</i>

Informe LM-PI-AT-033-16	Fecha de emisión: 17 de enero de 2017	Página 4 de 27
-------------------------	---------------------------------------	----------------



HALLAZGO 5. EL ACERO ESTRUCTURAL UTILIZADO EN LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL PROYECTO CUMPLE CON LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS EN LA NORMA ASTM A36 EN CUANTO A SUS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS..... 24

11. CONCLUSIONES.....	24
12. RECOMENDACIONES	25
13. REFERENCIAS.....	26

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. RESUMEN DE OFICIOS ENVIDOS A LA ADMINISTRACIÓN DURANTE EL PROCESO DE AUDITORÍA.....	9
TABLA 2. INFORMACIÓN CONTENIDA Y OMITIDA EN EL DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO 6-280-2-R-28-15-1-P-11L.....	16
TABLA 3. RESULTADOS DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR DE CONCRETO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE 280KG/CM².....	19
TABLA 4. 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.....	20
TABLA 5. RESULTADOS DE ENSAYOS DE ESFUERZO PARA EL ACERO DE GRADO 60W, VARILLAS NÚMERO 5,6 Y 9 SEGÚN DATOS DEL LANAMMEUCR.	23
TABLA 6. RESULTADOS DE ENSAYOS DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS PARA EL ACERO DE GRADO 60W, VARILLAS NÚMERO 5, 6 Y 9 SEGÚN DATOS DEL LANAMMEUCR.	23
TABLA 7. RESULTADOS DE ENSAYOS DE ESFUERZO PARA EL ACERO DE GRADO A36, SEGÚN DATOS DEL LANAMMEUCR.....	24

ÍNDICE DE GRÁFICO

GRÁFICO 1. VALORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR	21
GRÁFICO 2. VALORES DE TEMPERATURA DE COLOCACIÓN PARA LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR	22



INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA.

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES, PROCESOS CONSTRUCTIVOS Y GESTIÓN. PROYECTO CONTRATACIÓN DIRECTA N° 2013CV-000017-0DI00: REHABILITACIÓN INTEGRAL (SUBESTRUCTURA Y SUPERESTRUCTURA) DEL PUENTE SOBRE EL RÍO VIRILLA, RUTA NACIONAL N°1, AUTOPISTA GENERAL CAÑAS

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 directa: Rehabilitación Integral (Subestructura y Superestructura) del puente sobre el río Virilla, Ruta Nacional N°1, Autopista General Cañas, es realizar un análisis de los aspectos importantes en torno a la calidad de los materiales y específicamente, la calidad del concreto y del acero en el proyecto. Adicionalmente, se evaluaron 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 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 ejecución conclusión, gastos adicionales que se presenten por aspectos previsibles, buscando siempre la calidad requerida y esperada en las obras de acuerdo con las especificaciones establecidas y que justifique la inversión realizada.

Informe LM-PI-AT-033-16	Fecha de emisión: 17 de enero de 2017	Página 6 de 27
-------------------------	---------------------------------------	----------------



3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y UBICACIÓN

El objeto del contrato es la rehabilitación integral (subestructura y superestructura) del puente sobre el río Virilla, Ruta Nacional N°1, Autopista General Cañas El plazo máximo de ejecución de las obras que se definió en el Cartel de Licitación es de 320 días calendario.

En el Capítulo 2: *Condiciones específicas*, en la sección *Términos de referencia técnicos* del pliego de condiciones para contratación directa: Rehabilitación Integral (subestructura y superestructura) del puente sobre el río Virilla, Ruta Nacional N°1, Autopista General Cañas, se mencionan características que debe tener el proyecto, las cuales se citan a continuación:

- Readecuación de las fundaciones de bastiones y pilas.
- Readecuación de los bastiones y pilas de apoyo intermedio.
- Readecuación de las cerchas en el tramo central de 76.0 metros de la superestructura.
- Readecuación de las vigas de los tramos de 27.0 metros de la superestructura
- Sustitución de la losa de rodamiento
- Construcción de los bloques de anclaje longitudinales.

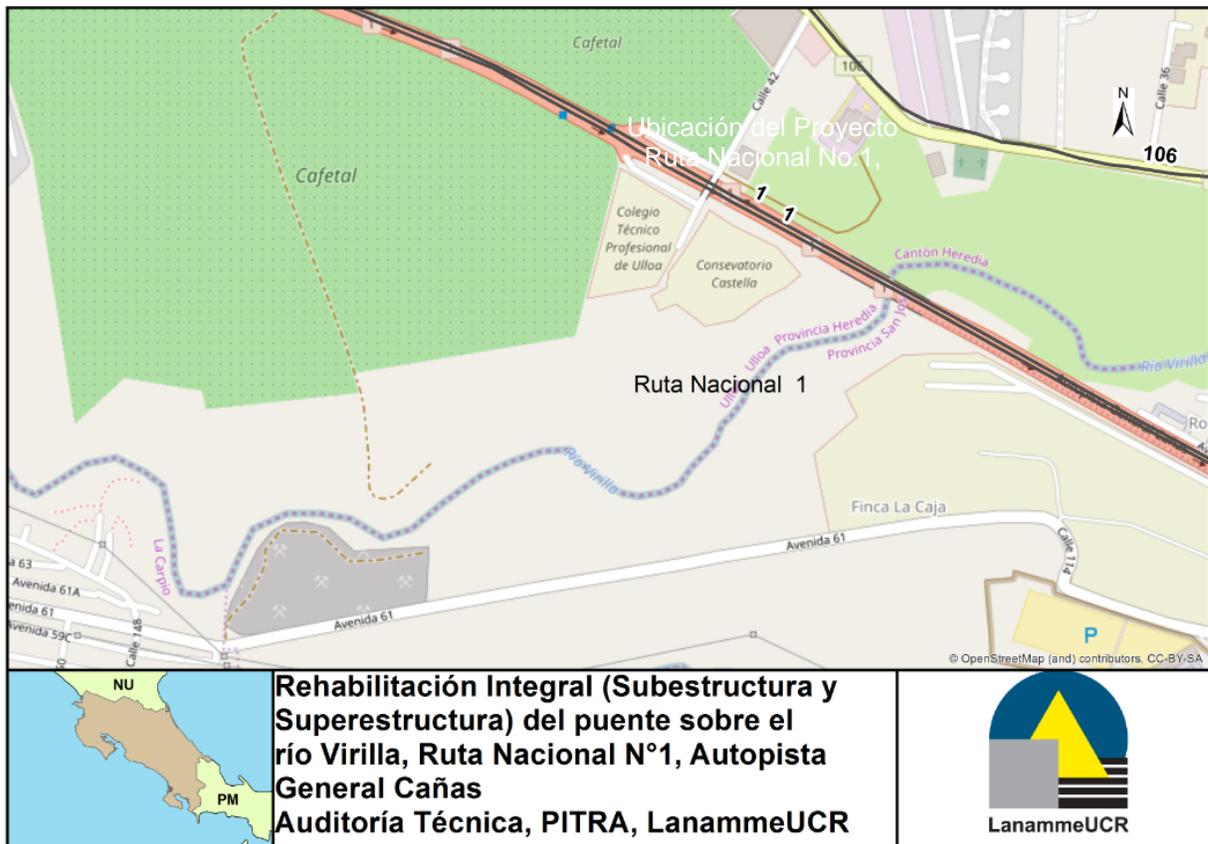


Figura 1. Ubicación del proyecto.

Informe LM-PI-AT-033-16	Fecha de emisión: 17 de enero de 2017	Página 7 de 27
-------------------------	---------------------------------------	----------------



Estos trabajos deberán ser ejecutados de conformidad con los términos del presente pliego de condiciones y acordes con la última versión descrita en el Capítulo I "Condiciones Generales":

- Especificaciones generales para la construcción de caminos, carreteras y puentes (CR-2010).
- Manual de construcción de carreteras, caminos y puentes de Costa Rica (CR-77).
- Tomo de disposiciones para la construcción y conservación vial.
- Código de cimentaciones de Costa Rica (CCCR).
- Especificaciones de Diseño de Puentes de Carreteras AASHTO 2002. 17^o Edición última versión vigente.
- 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 (SIECA).
- Planos o esquemas y demás disposiciones contractuales.

En el oficio DIE-03-13-3691, de la Dirección Ejecutiva de CONAVI, enviado el día 16 de octubre de 2013 al ingeniero Edgar May Cantillano, se menciona que: *... "proceda con la Orden de Inicio a la mayor brevedad posible, le remito copia del oficio GAJ-11-13-2347 de fecha 11 de octubre del año en curso de la Gerencia de Asuntos Jurídicos, mediante el cual se adjudicó la Contratación Directa 2013CD-000017-0DI00 Rehabilitación (subestructura y superestructura) del puente sobre el río Virilla, Ruta Nacional N°1, Autopista General Cañas a la empresa CODOCSA..."*.

Tal y como se menciona en el párrafo anterior, la obra se adjudicó a CODOCSA. Esto fue por un monto de ₡4.391.836.760,47 y por un plazo de 320 días a partir de la orden de inicio. Los trabajos a ejecutar consisten en la rehabilitación tanto de la subestructura como de la superestructura.

El 15 de febrero de 2016 se suscribió la Adenda 1 al contrato original de rehabilitación del puente y se varió el objeto contractual para gestionar tanto la rehabilitación (subestructura y superestructura) como la ampliación a seis carriles. El monto se incrementó en ₡3.017.218.908,48 (para un total de ₡7.409.055.668,95) y el plazo fue ampliado en 180 días naturales (para un total de 570).

4. ANTECEDENTES

En abril de 2009 se presentan deficiencias en el puente en cuestión cuando se desprendió la placa metálica que cubría la junta de expansión. El CONAVI empleó diversas técnicas de intervención y reparaciones en dicha junta las cuales no lograron solventar el deterioro, continuando este problema durante un lapso de 4 meses. En diciembre de 2010 se contrata a la empresa Soares Da Costa mediante contratación directa 2010-CD-00128-DI para

Informe LM-PI-AT-033-16	Fecha de emisión: 17 de enero de 2017	Página 8 de 27
-------------------------	---------------------------------------	----------------



realizar una rehabilitación a la losa de rodamiento mediante la instalación de una rejilla metálica. Esta solución presentó deterioros los cuales fueron alertados por esta Auditoría mediante el informe LM-PI-AT-55-11.

Posteriormente, y a raíz de los hechos ya citados, el Conavi propone hacer una rehabilitación integral para la cual se emite el cartel de licitación de contratación directa 2013CD-000017-0DI00 de fecha marzo de 2013. El objeto del contrato de esta licitación es contratar una persona física o jurídica con experiencia en la rehabilitación y construcción de puentes. Además, se indica que se pretende no solo rehabilitar la estructura actual sino también incrementar la capacidad para soportar las cargas de servicio futuras que se espera actúen sobre el puente e incrementar la seguridad ante las posibles acciones sísmicas a las que eventualmente podría estar sujeto a lo largo de la vida útil.

El 27 de noviembre de 2014, mediante el oficio DCA-3147 emitido por la Contraloría General de la República, se otorga la autorización al CONAVI para modificar el contrato a fin de que se amplíe en dos carriles - uno por sentido- el puente sobre el río Virilla en la Ruta Nacional N°1. Esta ampliación se inició el 22 de febrero del 2016 según la Orden de Servicio 8.

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 las cuales se citan en la Tabla 1.

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

Oficio/ Informe	Fecha de emisión	Asunto	Oficio respuesta de la Administración
LM-PI-AT-007-14	28/02/15	Informe de Evaluación de la calidad de los materiales, procesos constructivos y laboratorios de calidad	No aplica
LM-AT-018-16	02/02/2016	Solicitud de planos y adendas	POE-10-2016-0139, POE-10-2016-0273
LM-AT-040-16	23/02/2016	Inicio de Auditoría	No aplica
LM-AT-070-16	03/05/2016	Ausencia de Verificación	POE-10-2016-0456
LM-AT-089-16	20/05/2016	Solicitud de estimaciones y control de calidad	POE-10-2016-0498
LM-AT-096-16	02/06/2016	Remisión de informe de calidad	No aplica
LM-AT-104-16	09/06/2016	Observaciones sobre el de Diseño de Mezcla	-

- No se recibió respuesta mediante oficio

Informe LM-PI-AT-033-16	Fecha de emisión: 17 de enero de 2017	Página 9 de 27
-------------------------	---------------------------------------	----------------



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.

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.

El período de muestreo abarcó los meses de febrero a octubre de 2016, contando con la colaboración de los laboratorios del LanammeUCR. Se realizaron los muestreos y ensayos a los diferentes materiales, a saber concreto y acero. Todos los muestreos de los materiales se realizaron en el sitio de la obra, excepto las placas de acero estructural que fueron muestreadas en el plantel de Codocsa ubicado en Santo Domingo de Heredia.

Además se realizaron visitas técnicas durante el mismo periodo con el fin de observar el avance del proyecto, los procesos y prácticas constructivas que se presentaban en la ejecución de la obra. Las observaciones del equipo auditor durante estas visitas quedaron plasmadas en 3 oficios entregados a la Administración.

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 obtenidos por los laboratorios de 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.

Informe LM-PI-AT-033-16	Fecha de emisión: 17 de enero de 2017	Página 10 de 27
-------------------------	---------------------------------------	-----------------



7. RESPONSABLES DEL PROYECTO

a) Responsables por parte de la Administración:

- Entidad ejecutora del contrato: Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura Vial, CONAVI
- Laboratorio de Verificación de Calidad, por parte de la Administración: la verificación de calidad está a cargo de laboratorio del MOPT que es el organismo de ensayo encargado de efectuar los ensayos de verificación de calidad a los materiales.

b) Responsables por parte de la empresa constructora:

- Contratista: La empresa Contratista CODOCSA, adjudicataria del Pliego de condiciones para contratación directa de la rehabilitación integral (subestructura y superestructura) del puente sobre el río Virilla, Ruta Nacional N°1, Autopista General Cañas.

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

8. INTEGRANTES DEL EQUIPO DE AUDITORÍA TÉCNICA DEL LANAMMEUCR

- Ing. Luis Guillermo Loría Salazar. PhD (Coordinador General del Programa de Infraestructura de Transporte, PITRA-LanammeUCR)
- Ing. Wendy Sequeira Rojas (Coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica PITRA-LanammeUCR)
- Ing. Francisco Fonseca Chaves. (Auditor Técnico Líder)
- Ing. Víctor Cervantes Calvo (Auditor Técnico Adjunto)
- Lic. Miguel Chacón Alvarado (Asesor Legal)

9. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSION PRELIMINAR LM-PI-AT-033B-16

Como parte de los procedimientos de auditoría técnica, mediante oficio LM-AT-196-16 del 5 de diciembre de 2016 se envía el informe preliminar LM-PI-AT-033B-16 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 13 de enero de 2017.

Informe LM-PI-AT-033-16	Fecha de emisión: 17 de enero de 2017	Página 11 de 27
-------------------------	---------------------------------------	-----------------



Como parte del proceso de Auditoría se propone una reunión el viernes 16 de diciembre de 2016 con el auditado con el fin de comentar aspectos relacionados con el informe. Esta reunión contó con la participación del Ing. Hugo Zuñiga por parte del Programa de Obras Estratégicas ; el Lic. Ryenaldo Vargas de la Auditoría Interna de CONAVI; el Ing. Mario Campos por parte del Laboratorio del MOPT y por parte del LanammeUCR, el Ing. Francisco Fonseca, y la Ing. Wendy Sequeira.

Al 14 de enero de 2017 no se ha recibido descargo del informe preliminar LM-PI-AT-033B-16. Por tanto, en cumplimiento de los procedimientos de auditoría técnica, se procede a emitir el informe LM-PI-AT-033-16 en su versión final para ser enviado a las instituciones que indica la ley.

10. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

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.

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

Observación 1. Se detectaron bordes filosos en las alas de las vigas que podrían afectar el espesor de pintura de protección que cubre los elementos metálicos.

Durante la gira realizada el 5 de agosto de 2016 al plantel de Codocsa se hizo una inspección de las piezas metálicas que se colocarían en los tramos de viga del puente. Esta

Informe LM-PI-AT-033-16	Fecha de emisión: 17 de enero de 2017	Página 12 de 27
-------------------------	---------------------------------------	-----------------



visita se hizo en conjunto con el Ing. Rolando Castillo PhD. (Director del Programa de Ingeniería Estructural del LanammeUCR). En esta inspección se detectó que las piezas metálicas cuentan con bordes filosos en las alas de las vigas. Esto se puede observar en la fotografía 1.



Fotografía 1. Fabricación de vigas de acero. Ubicación: Taller de Codocsa Santo Domingo de Heredia, Fecha 5 de agosto de 2016. Fuente: LanammeUCR.

Tanto la Ingeniería de proyecto como el personal del contratista indicaron que los bordes quedarían como se muestran en la fotografía 1. La Norma INTE/ISO 12944:2016 - Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores en su apartado 5 titulado "Criterios básicos de Diseño para la prevención de la corrosión" inciso 5.4. Bordes indica que:

Los bordes redondeados son deseables, para posibilitar la aplicación de la capa protectora de modo uniforme y para lograr un espesor de película adecuado sobre bordes agudos. Las capas protectoras en los bordes agudos son también más susceptibles al deterioro. Por consiguiente, todos los bordes agudos deberían redondearse o biselarse desde el proceso de fabricación y las rebabas en torno a orificios y a lo largo de otros bordes cortantes deberían eliminarse.

En la figura 2 se aprecia la manera recomendada de los bordes en las estructuras metálicas.

Informe LM-PI-AT-033-16	Fecha de emisión: 17 de enero de 2017	Página 13 de 27
-------------------------	---------------------------------------	-----------------

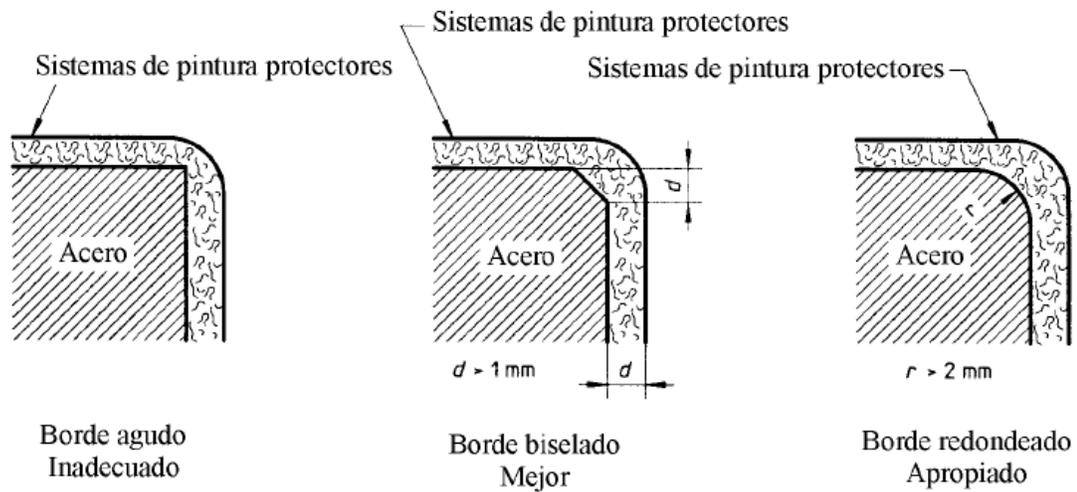


Figura 2. Forma de bordes en piezas metálicas. (INTECO, 2016)

Es criterio del equipo auditor que los bordes afilados generan un riesgo potencial de que se coloquen espesores de pintura menores a los especificados, lo que a la postre podría ser un foco de corrosión en el acero estructural.

Es importante recalcar que esta norma no forma parte de los documentos contractuales del proyecto auditado pero si es una buena práctica constructiva que puede mejorar la vida útil del proyecto.



B. SOBRE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN EL PROYECTO: CONCRETO Y ACERO

Hallazgo 1. El diseño de mezcla no contiene toda la información especificada solicitadas por el Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras caminos y puentes CR-2010.

Del análisis del documento de diseño de mezcla 6-280-2-R-28-15-1-P-11L aportado a esta auditoría mediante correo electrónico del 25 de mayo de 2016 se evidencia que cumple con algunas de las indicaciones generales que se solicitan en el CR-2010 en la sección 552.003 Composición (Diseño de mezclas de concreto) tales como:

- (a) Identificación del proyecto.
- (b) Nombre y dirección del contratista y del productor de concreto.
- (c) Designación de los diseños de mezcla.
- (d) Clase de concreto y uso especificado.
- (e) Proporciones del material.
- (f) Nombre y lugar de las fuentes del material para agregados, cementos, aditivos y agua.
- (g) Tipo de cemento y tipo de sustituto del cemento si se usara.

Sin embargo, el documento donde se presenta el diseño de mezcla no se apega al formato de la norma **FHWA Form 1608** que se establece debe utilizarse en la sección 552 Concreto estructural, Apartado 552.03 Composición (Diseño de Mezclas de concreto) del CR-2010 ya que entre la información consignada en el documento de diseño no se presenta información sobre el asentamiento de la mezcla, el contenido de aire de diseño de la mezcla y las características del agregado a utilizarse. En la siguiente tabla se muestran los requisitos que se incluían y cuales se omitían según lo constatado por esta Auditoría.

Informe LM-PI-AT-033-16	Fecha de emisión: 17 de enero de 2017	Página 15 de 27
-------------------------	---------------------------------------	-----------------



Tabla 2. Información contenida y omitida en el diseño de mezcla de concreto 6-280-2-R-28-15-1-P-11L

Dato	Incluido	Omitido
Identificación del proyecto.	✓	
Nombre y dirección del contratista y del productor de concreto	✓	
Designación de los diseños de mezcla.	✓	
Clase de concreto y uso especificado.	✓	
Proporciones del material.	✓	
Nombre y lugar de las fuentes del material para agregados, cementos, aditivos y agua.	✓	
Tipo de cemento y tipo de sustituto del cemento si se usara.	✓	
Asentamiento de la mezcla		✓
Contenido de aire de diseño		✓
Gravedades específicas de los agregados y materiales cementantes		✓
Relación agua cemento	✓	
Granulometrías de los agregados		✓
Ensayo de caracterización de agregados		✓
Base de datos para estimar la desviación estándar de la resistencia del concreto		✓
Ficha técnica de los aditivos		✓

Es criterio del equipo auditor que el diseño de mezcla aportado es insuficiente de acuerdo con lo especificado en el CR-2010 y que estas omisiones no permiten conocer características importantes de la mezcla que inciden en el control de calidad de la misma. Es importante mencionar que esta situación fue informada de manera oportuna a la administración mediante oficio LM-AT-104-16 del 27 de mayo de 2016.

Hallazgo 2. El ensayo de contenido de aire no se realiza por parte de los laboratorios de control y verificación de calidad.

Durante las diferentes visitas que realizó el equipo auditor y en las que se realizaron actividades de colocación de concreto en el proyecto se evidenció que tanto el laboratorio de control como el de verificación de la calidad no realizaban el ensayo de contenido de aire al concreto fresco.

Según lo indicado por instituciones especializadas en ensayos al concreto y de acuerdo con lo establecido en la normativa de ensayos aplicable la ejecución del ensayo de contenido de aire es indispensable como parte de los ensayos básicos que deben ser realizados, tal como se establece en la norma C 172 "Práctica Normalizada para Muestreo de Concreto Recién Mezclado" en la sección 4 "Muestreo" apartado 4.1.2 en donde se indica expresamente

Informe LM-PI-AT-033-16	Fecha de emisión: 17 de enero de 2017	Página 16 de 27
-------------------------	---------------------------------------	-----------------



"Comience los ensayos de asentamiento, temperatura y **contenido de aire** dentro los primeros 5 min (sic) después de obtener la porción final de la muestra compuesta. Complete los ensayos en forma expedita. Comience a moldear los especímenes para ensayos de resistencia 15 min (sic) después de fabricar la muestra compuesta. (El subrayado no es parte integral de lo indicado en la norma).

Lo señalado anteriormente es consistente con lo indicado en la norma C31 "Preparación y curado de Especímenes de Ensayo de Concreto en Obra" que cita: "antes de realizar el moldeo de los cilindros se deben realizar los ensayos de asentamiento, temperatura y **contenido de aire** antes de iniciar con el moldeo de los testigos de concreto." (El subrayado no es parte integral de lo indicado en la norma).

Incluso en la información incluida en el diseño de mezcla 6-280-2-R-28-15-1-P-11L se considera la realización del ensayo de contenido de aire como una parte importante del proceso de entrega y colocación del concreto tal como se observa en la figura 3.

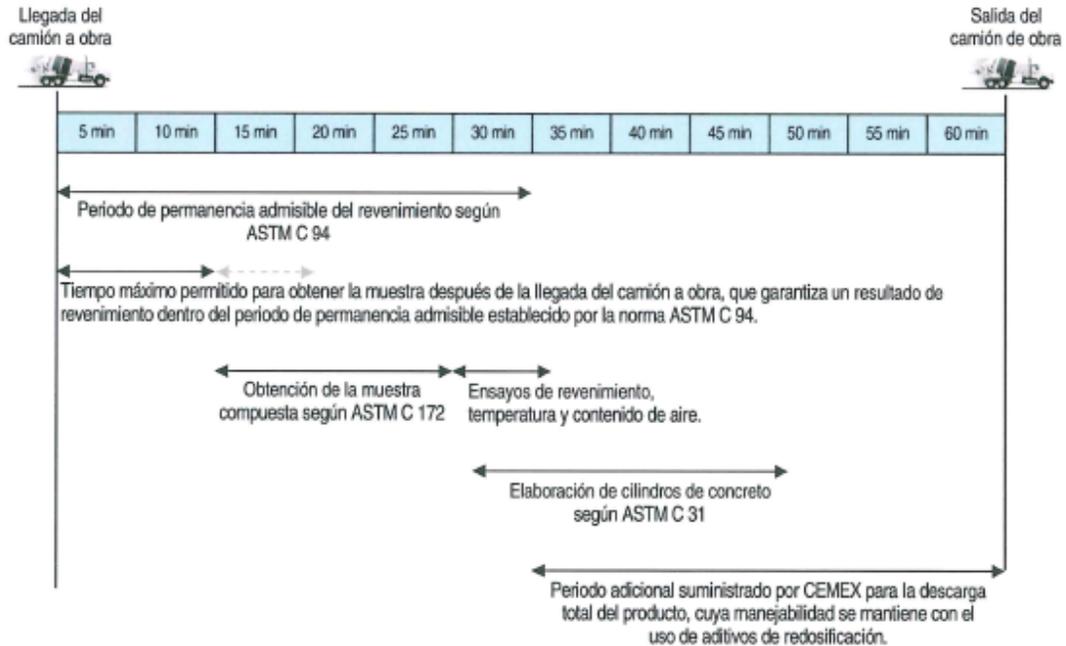


Figura 3. Diagrama de tiempos entre la entrada y salida del camión auto mezclador. Fuente: (CEMEX, 2016)

Conforme a lo expresado por el Instituto Americano del Concreto en el "Manual del Técnico Publicación CP-1S" Sección 5 "Método de Ensayo estándar para determinar por el método de presión el contenido de aire del concreto recién mezclado", se debe de controlar periódicamente la cantidad de aire incluido en el concreto, debido a la influencia que este puede tener en el desarrollo de la resistencia final del concreto, tal como se indica:

Informe LM-PI-AT-033-16	Fecha de emisión: 17 de enero de 2017	Página 17 de 27
-------------------------	---------------------------------------	-----------------



"...debemos ser cuidadosos de no tener demasiado aire incluido en el concreto. En concretos diseñados para alcanzar 3000 a 5000 lb/pulgada² (20 a 35 MPa), conforme se incrementa el contenido de aire (digamos en más de un 5%), habrá una reducción correspondiente en la resistencia del concreto. Típicamente, esta reducción de resistencia será del orden del 3 a 5 % por cada uno por ciento de contenido de aire por arriba del valor de diseño. Por ejemplo, un concreto proporcionado para 5% de aire será aproximadamente de a 15% a 25% menor en resistencia si el contenido de aire se eleva en 10%". (Instituto Americano del Concreto, 2010)

Es criterio del equipo auditor que el ensayo de contenido de aire es fundamental para poder evaluar la calidad de la mezcla de concreto y que permite tener una estimación de la afectación que puede tener este parámetro en la resistencia final del concreto en estado fresco sin necesidad de esperar a los 28 días para la falla de los especímenes de muestra.

Hallazgo 3. El concreto con resistencia $f'c = 280\text{kg/cm}^2$ cumple con las especificaciones de resistencia y de temperatura de colocación establecidas en el Manual de especificaciones para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010 y en los planos del proyecto.

Con los resultados de los ensayos realizados al concreto muestreado en el proyecto por el laboratorio del LanammeUCR durante el periodo de la auditoría técnica, se procedió a evaluar su cumplimiento según los planos constructivos aprobados y las especificaciones del proyecto. Los resultados generales para el concreto se presentan a continuación en la Tabla 3.

Informe LM-PI-AT-033-16	Fecha de emisión: 17 de enero de 2017	Página 18 de 27
-------------------------	---------------------------------------	-----------------



Tabla 3. Resultados de las muestras ensayadas por el LanammeUCR de concreto de resistencia a compresión de 280kg/cm².

No. Informe	Identificación	Fecha de muestreo	Elemento	Revenimiento (mm)	Temperatura de la mezcla (°C)	Contenido de Aire (%)	Resistencia a los 28 días (kg/cm ²)
I-0391-16	0725-16	16/03/2016	Fundación Pila #1	210	30,3	3,4	358
I-0478-16	0874-16	07/04/2016	Fundación Pila #1	195	23,0	4,0	253
I-0478-16	0875-16	07/04/2016	Pila #1	105	25,5	5,9	282
I-0488-16	0919-16	18/04/2016	Columnas Pila#2	100	29,6	3,3	279
I-0488-16	0920-16	18/04/2016	Columnas Pila#3	210	31,4	4,9	328
I-0563-16	0725-16	16/03/2016	Columnas Pila#3	210	24,9	3,4	358
I-0669-16	1229-16	25/05/2016	Columnas Pila#3	165	28,5	6,0	317
I-0669-16	1230-16	25/05/2016	Columna Pila #3	100	27,5	6,8	309
I-0786-16	1441-16	14/06/2016	Columna Pila #3	205	31,5	6,4	385
I-1065-16	1574-16	30/06/2016	Columna s oeste sexta etapa	105	24,9	3,0	347
I-1065-16	1575-16	30/06/2016	Viga Cabezal pila 2, etapa 1	115	27,5	5,2	267
I-0946-16	1732-16	15/07/2016	Viga Cabezal pila 3, etapa 1	180	20,5	2,6	386
I-0946-16	1733-16	15/07/2016	Viga Cabezal pila 3, etapa 1	190	21,2	3,0	410
I-0981-16	1819-16	27/07/2016	Pantalla de anclaje, bastión 1	165	24,5	4,5	470
I-1392-16	2419-16	03/10/2016	Viga Cabezal Pila 3	170	29,5	4,5	275
I-1392-16	2420-16	03/10/2016	Viga Cabezal Pila 3	100	30,5	5,0	317

El equipo auditor realizó un análisis estadístico con los datos de las muestras ensayadas por el laboratorio del LanammeUCR, 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 4. 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	16	19,073	41,185
Resistencia a la compresión	Mínimo de 280 kg/cm ²	16	19,000	41,185

Tal y como se puede observar en la Tabla 4 los resultados analizados para este laboratorio 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 rangos establecidos el cual está asociado a la variabilidad propia del proceso de producción del proyecto, es menor al 41,185% establecido en esta sección como aceptable (Tabla 107-2) para un número de 16 muestras en comparación con 19,000% presentado en la resistencia a los 28 días al ser estimado estadísticamente con la sección 107.05 del CR-2010.

Al igual que el parámetro de resistencia a la compresión, la temperatura de la mezcla de concreto de las muestras ensayadas está dentro de los valores especificados según el análisis estadístico ya que se determina un porcentaje fuera de los límites de especificación de 19,073% cuando el valor máximo permitido para que un producto sea recibido es de 41,185%.

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, la mayoría de los valores promedio se encuentran por encima del valor mínimo especificado, a pesar de que se observó alta variabilidad en algunos resultados individuales.

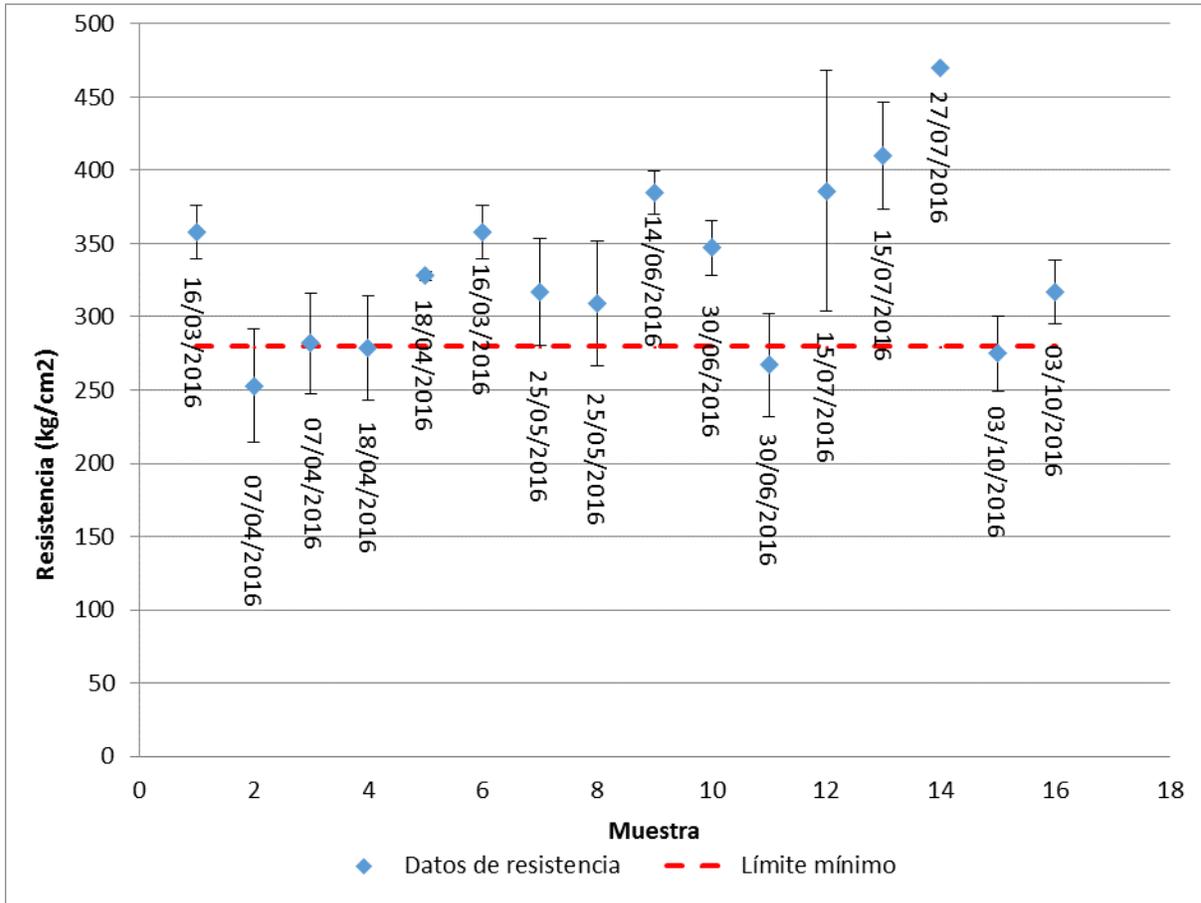


Gráfico 1. Valores de resistencia a la compresión para las muestras de concreto ensayadas por el LanammeUCR

Para el Gráfico 2 se puede observar que los valores de temperatura se encuentran en su gran mayoría dentro de los rangos permitidos como ya arrojó el análisis estadístico.

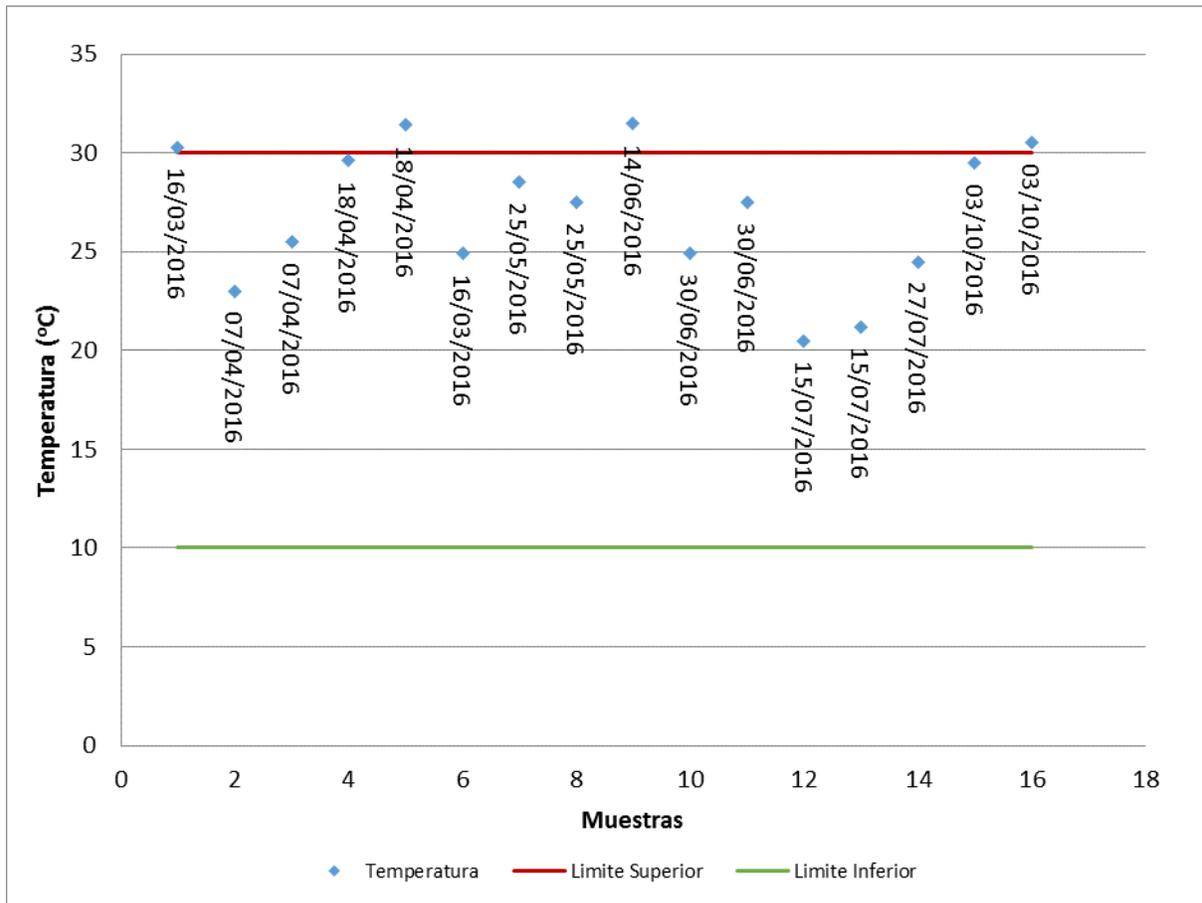


Gráfico 2. Valores de temperatura de colocación para las muestras de concreto ensayadas por el LanammeUCR

El criterio del equipo auditor que a pesar de contar con algunos incumplimientos en la temperatura de colocación y en la resistencia a la compresión del concreto colocado en el proyecto, se comprobó estadísticamente que el concreto muestreado por el LanammeUCR cumple los requisitos establecidos para ambos parámetros.

Hallazgo 4. El acero de refuerzo utilizado en los elementos estructurales del proyecto cumple con los requisitos establecidos en la norma ASTM A706 en cuanto a sus características mecánicas y físicas.

Según los planos constructivos las características físicas y mecánicas del acero de refuerzo con el que se fabrican los elementos estructurales deben cumplir los requisitos establecidos en la norma ASTM 706, por lo que se obtienen muestras representativas del material utilizado para proceder a comprobar las características del acero con esta normativa. En la Tabla 5 se desglosan los resultados obtenidos de los ensayos de caracterización mecánica realizados al acero de refuerzo 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 5. Resultados de ensayos de esfuerzo para el acero de grado 60W, varillas número 5,6 y 9 según datos del LanammeUCR.

Informe	Muestra	Fecha de muestreo	Diámetro varilla (#)	Grado	Resistencia a la tensión		
					Esfuerzo de fluencia	Esfuerzo Máximo	Porcentaje Mínimo Elongación (%)
					Mínimo 420 MPa	Mínimo 550 MPa	14 % (3-6)/ 12% (7-11) %
I-766-16	M-1415-16	20/06/16	5	60	489	640	14,5
I-766-16	M-1416-16	20/06/16	6	60	475	627	18,0
I-766-16	M-1417-16	20/06/16	9	60	466	614	19,3

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, según 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 de elongación de la varilla, -el cual se define en función del diámetro de la misma- la normativa establece que el porcentaje mínimo de elongación para las varillas de diámetro 3 y 6 es de 14% y para las de diámetro entre 7-11 es de 12%, los cuales se cumplen acorde con los datos de la última columna de la Tabla 4.

Así como se realizaron análisis a las características mecánicas también se realizó una evaluación de las características físicas de las varillas. Estos valores se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Resultados de ensayos de características físicas para el acero de grado 60W, varillas número 5, 6 y 9 según datos del LanammeUCR.

Informe	Muestra	Fecha de muestreo	Diámetro Varilla (#)	Grado	Espaciamiento		Altura de corrugación		Cordón corrugación separada	
					Medida (mm)	Max (mm)	Medida (mm)	Min (mm)	Medida (mm)	Max (mm)
I-766-16	M-1415-16	20/06/16	5	60	10,7	11,1	0,78	0,71	1,77	6,1
I-766-16	M-1416-16	20/06/16	6	60	12,8	13,3	1,04	0,97	2,66	7,3
I-766-16	M-1417-16	20/06/16	9	60	16,5	20,1	1,56	1,42	3,37	10,9

De la tabla anterior se puede observar que las varillas analizadas por el LanammeUCR cumplen con las especificaciones de la norma ASTM 706.



Hallazgo 5. El acero estructural utilizado en los elementos estructurales del proyecto cumple con los requisitos establecidos en la norma ASTM A36 en cuanto a sus características mecánicas.

Para la evaluación del acero estructural se procedió a tomar dos muestras de las láminas de acero utilizadas en la fabricación de las vigas del puente, una de ellas de media pulgada (12 mm) de espesor y otra en una lámina de 7/8 de pulgada (22 mm) de espesor, cada muestra consistió en dos probetas. Según los planos constructivos, la norma que debe cumplir el acero de estructural es ASTM A36 por lo que se procede a comprobar las características del acero con esta normativa. En la Tabla 7 se muestran los resultados obtenidos de los ensayos de caracterización mecánica realizados al acero estructural 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 A36, según datos del LanammeUCR.

Informe	Muestra	Fecha de muestreo	Espesor (mm)	Grado	Esfuerzo de Fluencia	Esfuerzo Máximo	Porcentaje Mínimo Elongación
					Mínimo 250 MPa	Entre 400-550 MPa	23%
I-1477-16	M-2514-16	20/10/2016	12,5	36	330	484	*
	M-2514-16		12,4	36	321	483	36,1
	M-2515-16		22,2	36	285	447	30,5
	M-2515-16		22,2	36	300	450	31,9

*Falla fuera de sección de control

Según se observa para las placas analizadas existe un cumplimiento de lo solicitado por la norma ASTM A 36 para las características mecánicas del material. Es importante mencionar que sólo el LanammeUCR realizó ensayos a este material, esto con el fin de corroborar la información brindada en los certificados de calidad del acero.

11. CONCLUSIONES

11.1 Los bordes afilados en las estructuras metálicas presentes en el proyecto son más susceptibles al deterioro por corrosión.

Informe LM-PI-AT-033-16	Fecha de emisión: 17 de enero de 2017	Página 24 de 27
-------------------------	---------------------------------------	-----------------



- 11.2 Se evidenció que el diseño de mezcla de concreto utilizado en el proyecto no contiene toda la información solicitada en el CR-2010, lo cual impide conocer características importantes de la mezcla que inciden en el control de calidad de la misma.
- 11.3 Se evidenció que tanto el laboratorio de control como de verificación de la calidad no realizan el ensayo de contenido de aire al concreto fresco, esto como lo determinan las normas ACTM C172 "Práctica Normalizada para el Muestreo de Concreto Recién Mezclado" y la ASTM C31 "Práctica Normalizada para la Preparación y Curado de Especímenes de Ensayo de Concreto en Obra". La no puesta en práctica de esta prueba impide conocer el valor este parámetro a la hora de la llegada del concreto fresco a la obra y el cual, de no ser controlado, puede incidir en la resistencia final de los elementos.
- 11.4 A pesar de contar con algunos incumplimientos en la temperatura de colocación y en la resistencia a la compresión del concreto colocado en el proyecto, se comprobó estadísticamente que el concreto muestreado por el LanammeUCR cumple los requisitos establecidos, esto según los lineamientos de pago en función de la calidad que establece la sección 107 del CR-2010.
- 11.5 Tanto el acero de refuerzo como el acero estructural ensayado por el LanammeUCR cumplieron satisfactoriamente con los parámetros mecánicos que se solicitan en las normas ASTM 706 y ASTM A36 respectivamente. Adicionalmente, el acero de refuerzo cumplió con las características físicas que se evaluaron, indicadas en la norma ASTM 706.

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.

A la Ingeniería de Proyecto y la Unidad Ejecutora

- 1.1 En relación a la recepción del diseño de mezcla, asegurarse que cuente con toda la información solicitada en el CR-2010, con el fin de poder determinar correctamente las características del concreto entregado en obra, así como de los materiales que lo conforman durante las labores de control de calidad.
- 1.2 Se recomienda a la Unidad Ejecutora implementar el ensayo de contenido de aire al concreto fresco con el fin de poder controlar este parámetro que puede incidir en la resistencia final de la mezcla de concreto.

A la Dirección Ejecutiva de CONAVI

- 1.1 Con respecto a los bordes afilados se recomienda incluir normativa en los carteles de licitación que exija el redondeo de los bordes con el fin de posibilitar la

Informe LM-PI-AT-033-16	Fecha de emisión: 17 de enero de 2017	Página 25 de 27
-------------------------	---------------------------------------	-----------------



aplicación de la capa protectora de modo uniforme y para lograr un espesor de película adecuado.

- 1.2 Velar para que en futuros proyectos se implementen ensayos para comprobar la calidad del acero que se coloca en el proyecto, tanto acero de refuerzo como acero estructural.

13. REFERENCIAS

- ASTM International. (2014). *Deformed and Plain Low-Alloy Steel Bars for Concrete Reinforcement*. Pennsylvania.
- Cervantes-Calvo, V., & Fonseca-Chaves, F. (2014). *LM-PI-AT-07-14: EVALUACIÓN de la calidad de los materiales, procesos constructivos y laboratorios de calidad*. San José.
- Contraloría General de la República. (2016). *Informe de la auditoría de carácter especial sobre los controles instaurados por el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) en el proyecto de reforzamiento y ampliación del puente sobre el Río Virilla, Ruta Nacional Nro. 1*. San José.
- Instituto Americano del Concreto. (2010). *Manual del Técnico Publicación CP-1S*. Farmington Hills, Michigan: ACI.
- INTECO. (2016). *Norma INTE/ISO 12944:2016 - Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores*. San José: INTECO.
- MOPT. (1977). *Especificaciones Generales para la construcción de Caminos, Carreteras y Puentes*. San José.
- MOPT. (2010). *Especificaciones Generales para la construcción de Caminos, Carreteras y Puentes*. San José.
- Neville, A. (2010). *Tecnología del Concreto*. Reino Unido: Pearson.

Informe LM-PI-AT-033-16	Fecha de emisión: 17 de enero de 2017	Página 26 de 27
-------------------------	---------------------------------------	-----------------



EQUIPO AUDITOR

Preparado por:
Ing. Víctor Cervantes Calvo.
Auditor Técnico

Preparado por:
Ing. Francisco Fonseca Chaves.
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