



LABORATORIO NACIONAL  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES



programa de infraestructura  
del transporte

# Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Proyecto: LM-PI-AT-007-14

## EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES, PROCESOS CONSTRUCTIVOS Y LABORATORIOS DE CALIDAD

*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*



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  
Febrero, 2015

<b>1. Informe Preliminar</b> Informe Final de Auditoría Técnica LM-PI-AT-007-14	<b>2. Copia No.</b> 13	
<b>3. Título y subtítulo:</b> ANÁLISIS GENERAL 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	<b>4. Fecha del Informe</b> FEBRERO 2015	
<b>7. Organización y dirección</b> Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
<b>8. Notas complementarias</b> ---**---		
<b>9. Resumen</b> <p><u>Sobre los prácticas constructivas observadas en el proyecto:</u> En general, no se detectaron defectos constructivos producto de prácticas inadecuadas. Igualmente, se le insta a la Administración a seguir velando porque se mantenga el cumplimiento de los estándares de calidad necesarios para asegurar la inversión pública y el desarrollo del proyecto acorde con las normativa nacional y las buenas prácticas de la ingeniería.</p> <p><u>Sobre las oportunidades de mejora en las frecuencia de los ensayos:</u> Se notó que en algunos meses se realizaron menos ensayos que los mínimos especificados por el CR-2010 basado en la cantidad de concreto colocado en el proyecto durante ese mes. En aras de que la ingeniería de Proyecto cuente con la mejor información acerca de los materiales que se están colocando es recomendable que la frecuencia de los muestreos sea la adecuada ya que estos resultados pueden incidir en el factor de pago del producto entregado.</p> <p><u>Sobre las oportunidades de mejora en los informes de los ensayos:</u> Se observó que en algunos informes de ensayo del laboratorio del MOPT no se indicaba la temperatura de colocación mientras que en los del laboratorio de Autocontrol de la Calidad se omite esta información por el diseño del registro de ensayo. Esta información es relevante para poder aceptar o rechazar un material por lo que debe ser incluida siempre en los informes de ensayo con el fin de que la ingeniería de proyecto pueda tomar las mejores decisiones concernientes a la calidad de los materiales que se están colocando en la obra</p> <p><u>Sobre los materiales utilizados en el proyecto (concreto):</u> Todos los resultados de resistencia a la compresión para concretos de 280kg/cm<sup>2</sup> reportados por los laboratorios de calidad así como los reportados por el LanammeUCR, cumplen con la especificación establecida en planos. En el caso de la temperatura de colocación se observaron incumplimientos en los datos suministrados por el laboratorio de concretos y agregados del LanammeUCR.</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.</p>		
<b>10. Palabras clave</b> Puente, Río Virilla, Ruta N°1, Muestreo de concreto y acero, Inspección	<b>11. Nivel de seguridad:</b> Ninguno	<b>12. Núm. de páginas</b> 31



**ANÁLISIS GENERAL DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS**  
**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**

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

**Plazo original de ejecución:** El plazo máximo de ejecución de las obras es de 390 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.

**Audidores:**

Ing. Víctor Cervantes Calvo, Auditor Técnico Adjunto

Ing. Francisco Fonseca Chaves, Auditor Técnico Líder

**Expertos Técnicos:**

Ing. Pablo Agüero Barrantes Unidad de Puentes, Experto Técnico

Ing. Silvia Vargas Barrantes Unidad de Puentes, Experta Técnica

**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 de control de calidad, verificación de calidad y los laboratorios LanammeUCR. Adicionalmente, se evaluaron aspectos relacionados con los procedimientos constructivos y de inspección durante el periodo en que la obra se mantuvo en ejecución.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>1. FUNDAMENTACIÓN</b> .....	<b>7</b>
<b>2. OBJETIVO DE LA AUDITORÍA TÉCNICA</b> .....	<b>7</b>
<b>3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y UBICACIÓN</b> .....	<b>8</b>
<b>4. ANTECEDENTES</b> .....	<b>9</b>
<b>5. METODOLOGÍA DE LA AUDITORÍA TÉCNICA</b> .....	<b>11</b>
<b>6. ALCANCE DE LA AUDITORÍA TÉCNICA</b> .....	<b>11</b>
<b>7. RESPONSABLES DEL PROYECTO</b> .....	<b>12</b>
<b>8. INTEGRANTES DEL EQUIPO DE AUDITORÍA TÉCNICA DEL LANAMMEUCR</b> .....	<b>12</b>
<b>9. MARCO TEORICO</b> .....	<b>14</b>
VALORACIÓN ESTADÍSTICA DE LA CALIDAD DEL TRABAJO REALIZADO.....	14
<b>10. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME PRELIMINAR LM-PI-AT-007B-14</b> .....	<b>15</b>
<b>11. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA</b> .....	<b>15</b>
<i>A. SOBRE LAS PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS OBSERVADAS EN LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL PROYECTO</i> .....	16
<i>OBSERVACIÓN 1. LAS PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS QUE OBSERVÓ EL EQUIPO AUDITOR CUMPLEN CON LAS ESPECIFICACIONES REQUERIDAS</i> .....	16
<i>B. SOBRE LAS OPORTUNIDADES DE MEJORA EN LOS LABORATORIOS DE CALIDAD</i> .....	18
<i>HALLAZGO 1. DETECCIÓN DE INCUMPLIMIENTO DE LA CANTIDAD MÍNIMA DE LA FRECUENCIA DE LOS ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD</i> .....	18
<i>OBSERVACIÓN 2. OPORTUNIDAD DE MEJORA EN LOS INFORMES DE ENSAYO DE LOS LABORATORIOS DE CONTROL Y LA VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD</i> .....	20
<i>C. SOBRE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN EL PROYECTO: CONCRETO Y ACERO DE REFUERZO</i> .....	22
<i>HALLAZGO 2. EL CONCRETO CON RESISTENCIA DE 280KG/CM<sup>2</sup> 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> .....	22
<i>HALLAZGO 3. EL ACERO DE REFUERZO UTILIZADO EN LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE PROYECTO CUMPLE CON LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS EN LA NORMA ASTM A706</i> .....	29



<b>11. CONCLUSIONES.....</b>	<b>31</b>
<b>12. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>32</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> RESUMEN DE OFICIOS ENVIDOS A LA ADMINISTRACIÓN DURANTE EL PROCESO DE AUDITORÍA.....	10
<b>TABLA 2.</b> CANTIDAD DE CONCRETO COLOCADO EN EL PROYECTO POR MES.....	18
<b>TABLA 3.</b> CANTIDAD DE MUESTREOS MÍNIMOS Y RECOMENDADOS PARA EL LABORATORIO AUTOCONTROL Y VERIFICACIÓN DE CALIDAD .....	19
<b>TABLA 4.</b> RESULTADOS DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR DE CONCRETO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE 280KG/CM <sup>2</sup> .....	23
<b>TABLA 5.</b> 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 <sup>2</sup> .....	23
<b>TABLA 6.</b> ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE FUERA DE LOS RANGOS ESTIMADOS PARA LAS MUESTRAS ENSAYADAS POR EL MOPT DE CONCRETO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE 280KG/CM <sup>2</sup> .....	26
<b>TABLA 7.</b> ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE FUERA DE LOS RANGOS ESTIMADOS PARA LAS MUESTRAS ENSAYADAS POR EL LABORATORIO DE LGC DE CONCRETO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE 280KG/CM <sup>2</sup> .....	28
<b>TABLA 8.</b> RESULTADOS DE ENSAYOS DE ESFUERZO PARA EL ACERO DE GRADO 60W, VARILLAS NÚMERO 4,5,7,9 Y 10 SEGÚN DATOS DEL LANAMMEUCR. ....	29

## ÍNDICE DE GRAFICOS

<b>GRÁFICO 1.</b> VALORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR .....	24
<b>GRÁFICO 2.</b> VALORES DE TEMPERATURA DE COLOCACIÓN PARA LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR .....	25
<b>GRÁFICO 3.</b> VALORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL MOPT. ....	26
<b>GRÁFICO 4.</b> VALORES DE TEMPERATURA DE COLOCACIÓN PARA LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL MOPT .....	27
<b>GRÁFICO 5.</b> VALORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL LABORATORIO DE LGC. ....	28



## INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA.

### ANÁLISIS GENERAL DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS 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 de refuerzo en el proyecto. 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 se las que se desarrollo 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 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.



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-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).
- Especificaciones de Diseño de Puentes de Carreteras AASHTO 2002 17<sup>o</sup> 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, enviada 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-ODI00 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 ₡439 183 676,00 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.

#### **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 tuvieron los resultados esperados, 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 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, se propone hacer una rehabilitación integral para la cual se emite el cartel de licitación de contratación directa 2013CD-000017-ODI00 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, como ya se mencionó, se indica que se pretende no solo rehabilitar la estructura actual sino también incrementar la capacidad para soportar las cargas de servicio que se espera actúen sobre el puente e implementar 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, por la suma máxima de ₡ 2.190.000.000,00. Si bien es cierto que este puente es de suma importancia para el país ya que forma parte de la Ruta Interamericana y circulan por él más de 80.000 vehículos diariamente y que es preciso contar con al menos 3 carriles por sentido para mejorar la funcionalidad del puente, también es importante considerar que los cambios en el objeto del contrato, después de la adjudicación del mismo pueden desencadenar en el favorecimiento del adjudicatario actual ya que no existe otro proceso de licitación que permita a la Administración obtener precios más competitivos.

En este apartado es relevante mencionar la importancia de contar con un Sistema de Administración de Puentes. Como se mencionó en el informe LM-PI-AT-55-11 *"El no contar con un Sistema de Administración de Puentes (SAEP) trae como consecuencia que las decisiones técnicas de mantenimiento y rehabilitación de puentes, como la del puente sobre el río Virilla, se lleven a cabo mediante procesos precipitados que al darles el carácter de urgencia, las decisiones se toman en función de lo que signifique menor plazo de ejecución y por tanto, se omite la ejecución de las respectivas etapas de un proyecto, así como la generación y soporte en información básica actualizada como inventarios, inspecciones, evaluaciones que permitan seleccionar la alternativa óptima"*. Con un buen planeamiento mediante un sistema de gestión de los proyectos (como el SAEP), se pueden evitar estos cambios durante la ejecución del proyecto, lo cual permitiría un mejor uso de los recursos.

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	10 /02/ 2014	Informar del inicio de la Auditoría Técnica externa al proyecto. Y solicitud de información general	-
LM-AT-016-14	27/02/2014	Recordatorio de solicitud de información relacionada con el proyecto solicitud de información: Bitácora CFIA de proyecto, programa de trabajo aprobado y actualizaciones mensuales, certificados de calidad de del acero utilizado en obra, diseño de mezcla de los diferentes tipos de concreto utilizados.	-
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-034-14	27 /03/ 2014	Aclaraciones sobre las observaciones, relacionadas con los planos constructivos y el pliego de	-

		condiciones para contratar. Y solicitud de información complementaria.	
LM-AT-043-14	24 /04/2014	Remisión de informes de ensayo	-
LM-AT-057-14	05 /06/2014	Remisión de informes de ensayo	-
LM-AT-075-14	15 /07/ 2014	Remisión de informes de ensayo y observaciones sobre la temperatura de colocación del concreto	-
LM-AT-082-14	24 /07/ 2014	Solicitud de informe de evaluación del Puente realizado por el TEC	GCSV-83-14-3639 12/08/2014
LM-AT-085-14	31 /07/ 2014	Solicitud de programa de trabajo actualizado	GCSV-83-14-3639 12/08/2014

- No se recibió respuesta mediante oficio

## 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 julio 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 concreto y acero del proyecto en cuestión, que fue emitida 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 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. 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 Líder)
- Ing. Pablo Agüero Barrantes. (Unidad de Puentes)
- Ing. Silvia Vargas Barrantes. (Unidad de Puentes)
- Lic. Miguel Chacón Alvarado (Asesor Legal)
- Lic. Owen Gooden Morales (Asesor Legal)



**LABORATORIO NACIONAL  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES**



**programa de Infraestructura  
del transporte**



## 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 periodo analizado (lote).

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

LSPE\*<sup>1</sup> 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-007B-14

Como parte de los procedimientos de auditoría técnica, mediante oficio LM-AT-137-14 del 18 de diciembre de 2014 se envía el informe preliminar LM-PI-AT-007B-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 15 días hábiles posteriores al recibo de dicho informe para el envío de comentarios al informe preliminar. Por lo tanto dicho plazo vence el 22 de enero del 2015. La parte auditada envía el oficio GCSV-83-2014-0277 el 23 de enero del 2015 solicitando prórroga de 5 días hábiles. Este plazo vence el 29 de enero del 2015.

Posterior al envío del informe preliminar se le brinda audiencia a la parte auditada para que se refiera al informe preliminar, el día 12 de enero del 2015 a las 9:00am en las instalaciones del LanammeUCR en donde se realizó la presentación del informe LM-PI-AT-007B-14 en su versión preliminar y en la que participaron los ingenieros Ing. Hugo Zuñiga, y su asistente Pamela Arias Retana, de parte de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes. Así como el ingeniero del MOPT Andrés Muñoz Piedra del Laboratorio del MOPT, el Ingeniero Esteban Jarquín de la comisión de seguimiento y el Ingeniero Alexander Guerra de Auditoría Interna de Conavi. Adicionalmente participaron los auditores encargados del informe Ing. Francisco Fonseca y el Ing. Victor Cervantes, la coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica-PITRA LanammeUCR, Ing. Wendy Sequeira Rojas y en calidad de experto técnico el Ing. Pablo Agüero Barrantes de la Unidad de Puentes PITRA-LanammeUCR.

El día 2 de febrero del 2015 se recibe el oficio GCSV-83-2015-0397 emitido por el Ing. Edgar May Cantillano, Gerente a.i. de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, en el cual se describen comentarios sobre el informe LM-AT-007B-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-007-14 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 febrero de 2015.

## 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 PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS OBSERVADAS EN LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL PROYECTO.**

### **Observación 1. Las prácticas constructivas que observó el equipo auditor cumplen con las especificaciones requeridas.**

Como parte de la Auditoría al proyecto se hicieron visitas al sitio de obra donde el equipo auditor observó la ejecución de diversas actividades ejecutadas en la rehabilitación de la estructura:

- Colado de concreto de elementos estructurales (Figura 1).
- Colocación y armado de fundaciones (Figura 2).
- Colocación de obra falsa (Figura 3).
- Inyección de epóxico para anclar la nueva estructura con la estructura existente (Figura 4).





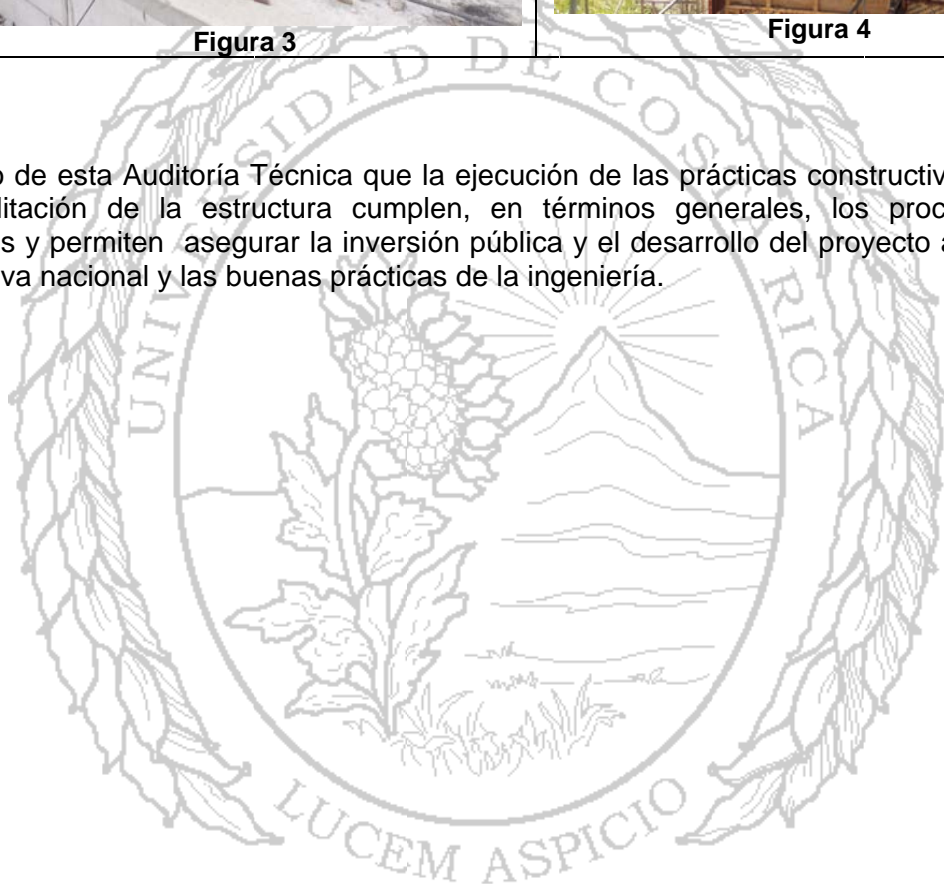


**Figura 3**



**Figura 4**

Es criterio de esta Auditoría Técnica que la ejecución de las prácticas constructivas durante la rehabilitación de la estructura cumplen, en términos generales, los procedimientos adecuados y permiten 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 LOS LABORATORIOS DE CALIDAD

### Hallazgo 1. Detección de incumplimiento de la cantidad mínima de la frecuencia de los ensayos de control de calidad.

Como parte de la información solicitada al auditado mediante el oficio LM-AT-005-14 se obtuvo la información de control y verificación de calidad de los materiales utilizados en el proyecto. Haciendo una revisión de las estimaciones que se le han suministrado a esta Auditoría, durante el periodo de análisis se han colocado 2.650 metros cúbicos de concreto en el orden cronológico en el que se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Cantidad de concreto colocado en el proyecto por mes

Estimación	Periodo	Concreto de 280 kg/cm <sup>2</sup> colocado (m <sup>3</sup> )
Estimación #1	nov-13	476
Estimación #2	dic-13	545,25
Estimación #3	ene-14	211,15
Estimación #4	feb-14	380,14
Estimación #5	mar-14	634,28
Estimación #6	abr-14	140,41
Estimación #7	may-14	84,77
Estimación #8	jun-14	97,39
Estimación #9	jul-14	80,54
<b>Total</b>		<b>2.649,93</b>

Según lo estipulado por el CR-2010 en la sección 552 de concreto estructural, en la tabla 552-9 "Muestreo y Prueba" se deben realizar muestreos cada 25 metros cúbicos pero no menos de una vez al día. Es importante mencionar que esta especificación rigen para el laboratorio de Autocontrol de la calidad. En el caso del laboratorio de Verificación de Calidad, según las buenas prácticas de la ingeniería, debe muestrear al menos un tercio de las

muestras que obtiene el Laboratorio de Autocontrol. Basado en lo anterior, se muestra en la Tabla 3, donde se detalla la cantidad de muestreos mínimos y recomendados tanto para el laboratorio de Autocontrol como para el de Verificación de Calidad.

**Tabla 3.** Cantidad de muestreos mínimos y recomendados para el Laboratorio Autocontrol y Verificación de Calidad

Estimación	Periodo	Concreto 280 kg/cm <sup>2</sup> Colocado (m <sup>3</sup> )	Cantidad mínima de muestreos (autocontrol)	Muestras recolectadas por el autocontrol	Cantidad mínima de muestreos (Verificación)	Cantidad recomendada de muestreos (Verificación)	Muestras recolectadas por la verificación
Est #1	nov-13	476	20	24	7	8	0
Est #2	dic-13	545,25	22	25	8	7	11
Est #3	ene-14	211,15	9	47	3	16	5
Est #4	feb-14	380,14	16	48	6	17	7
Est #5	mar-14	634,28	26	35	9	12	1
Est #6	abr-14	140,41	6	2	2	1	3
Est #7	may-14	84,77	4	5	2	2	3
Est #8	jun-14	97,39	4	8	2	3	3
Est #9	jul-14	80,54	4	8	2	3	3

Basado en la información suministrada a esta Auditoría, se estimaron los valores de muestras mínimas para la verificación de calidad, los cuales corresponden a un tercio de las muestras mínimas exigidas al laboratorio de Autocontrol de Calidad, mientras que las muestras recomendadas están asociadas a la tercera parte de las muestras que efectivamente recolectó el laboratorio por parte del Contratista. En la Tabla 3 se observa que para el mes de febrero no se obtuvo la cantidad de muestras mínimas. Además, se detecta que para el mes de abril existe un déficit de muestras para los dos laboratorios. Incluso en el mes de abril el laboratorio por parte de la Administración no obtuvo muestra lo que implica que durante ese período no se tuvo información sobre la calidad del concreto colocado.

Es criterio de esta Auditoría que en aras de que la ingeniería de Proyecto cuente con la mejor información acerca de los materiales que se están colocando es recomendable que la frecuencia de los muestreos sea la adecuada ya que estos resultados pueden incidir en el factor de pago del producto entregado, e incluso como se vio para el mes de abril se puede ocasionar que se tenga que pagar el material con los resultados del laboratorio de Autocontrol ante la ausencia de resultados del laboratorio de Verificación de la Calidad, lo cual se aparte de lo especificado en el CR-2010.

**Observación 2. Oportunidad de mejora en los informes de ensayo de los laboratorios de control y la verificación de la calidad.**

Como parte de la información solicitada al auditado mediante el oficio LM-AT-005-14, se entregó al equipo auditor los informes de control y verificación de calidad de los materiales utilizados en el proyecto. Al revisar los informes de los resultados de los ensayos de concreto fresco se evidencia que en algunos no se indican los valores de la temperatura de colocación del concreto en los informes de control de calidad del contratista.

 <b>LGC</b> INGENIERÍA DE PAVIMENTOS	<b>LGC INGENIERÍA DE PAVIMENTOS S.A</b>  <b>INFORME DE ENSAYO</b>	RC-36 V. 15
		Aprobado: 2014-03-04
		Firma <i>[Firma]</i>
		Páginas 3 de 4 NF Informe 1170-2014

**ANEXO N° 1**

**Puente sobre el Río Virilla Ruta 1**

**TABLA 1**  
Método de ensayo para el asentamiento en el concreto del cemento hidráulico  
(\*) "Ensayo acreditado" INTE 06-02-03-11  
Método de ensayo para la resistencia a la compresión uniaxial de especímenes cilíndricos de concreto (\*) "Ensayo acreditado" INTE 06-02-01-12

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA			FECHA DE MUESTRO	FECHA DE FALLA	EDAD (días)	DÍAMETRO PROMEDIO (mm)	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	CARGA (kN)	RESISTENCIA		RESISTENCIA PROYECTADA		RESISTENCIA ESPERADA	
LAB.	MUESTRA	AÑO							MPa	kg/cm <sup>2</sup>	MPa	kg/cm <sup>2</sup>	MPa	kg/cm <sup>2</sup>
01	7469	14	* 2014-07-16	2014-07-23	7	152,34	18225,91	834,23	34,8	355	45,7	507	27,5	280
01	7470	14	* 2014-07-16	2014-07-30	14	152,26	18296,77	832,64	38,0	388	44,2	451	27,5	280
01	7473	14	* 2014-07-16	2014-07-23	7	152,33	18223,52	828,97	34,5	352	45,3	503	27,5	280
01	7474	14	* 2014-07-16	2014-07-30	14	152,22	18199,00	828,01	38,0	388	44,2	451	27,5	280
01	7477	14	* 2014-07-16	2014-07-23	7	152,40	18240,27	866,82	31,1	317	44,4	453	27,5	280
01	7478	14	* 2014-07-16	2014-07-30	14	152,25	18294,38	852,82	35,8	365	41,6	425	27,5	280

**TABLA 2**  
Información General

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA			ESTRUCTURA	UBICACIÓN	ASENTAMIENTO (mm)	NÚM DE FALLA	OBSERVACIONES	INCERTIDUMBRE A UN 95% DE CONFIANZA	INCERTIDUMBRE ESPANESA EN UN 95% DE CONFIANZA
LAB.	MUESTRA	AÑO							
01	7469	14	Viga Cabezal primera etapa pila #3	Puente Río Virilla	*	100	vial 3	* -0,405	* 1,183
01	7470	14	Viga Cabezal primera etapa	Puente Río Virilla	*	100	vial 3	* -0,405	* 1,084

**Figura 1.** Muestra de informe de control de calidad del concreto.

En el caso de los informes de verificación de calidad se observa que a pesar de que existe el espacio en el registro para indicar la temperatura de colocación no es utilizado en la mayoría de los casos por el laboratorio de verificación de calidad. En la Figura 2 se muestra un registro del laboratorio del MOPT en el que se observa esta situación.

Resistencia a la compresión de cilindros		T-22-03	10/07/2014	2	
Ensayo	Método AASHTO	Fecha de Ensayo	Resultado		
Revenimiento (cm)	ASTM - C - 143	05/06/2014	22,5		
Temperatura (°C)	ASTM - C - 1064				
Contenido de aire (%)	ASTM - C - 231	-	-		
Peso Unitario (Kg/m3)	ASTM - C - 138	-	-		
Volumen producido (m3)	ASTM - C - 138	-	-		

**Comentarios:**  
 Los resultados deberán compararse con las especificaciones del proyecto.  
 Los valores de carga obtenidos no consideran el factor de corrección que determina li en todos los especímenes a 1.8  
 Camión mezclador CR 147

**Figura 2 .** Muestra de informe de verificación de calidad del concreto

Durante una gira realizada al proyecto el 16 de julio de 2014 se observó que tanto el laboratorio de autocontrol de calidad (LGC Ingeniería de Pavimentos) y el de verificación de calidad (Laboratorio del MOPT) realizaron la toma de temperatura de colocación de la mezcla de concreto. Como se puede apreciar en las Figuras 3 y 4, la temperatura supera el umbral superior de 30 grados centígrados especificado en la sección 552 del CR-2010.



**Figura 3 y Figura 4 .** Toma de temperatura de colocación del concreto por parte del laboratorio de Autocontrol y Verificación de la calidad respectivamente.

Es importante mencionar que para el informe correspondiente a este muestreo por parte del laboratorio MOPT sí se incluyó la temperatura en el informe de ensayo, aunque como se notó en la Figura 4 incumplía los límites permitidos.



Es criterio del equipo auditor que esta información es relevante para poder aceptar o rechazar un material por lo que debe ser incluida siempre en los informes de ensayo con el fin de que la ingeniería de proyecto pueda tomar las mejores decisiones concernientes a la calidad de los materiales que se están colocando en la obra y así asegurar la mejor inversión de los recursos públicos.

### **C. SOBRE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN EL PROYECTO: CONCRETO Y ACERO DE REFUERZO.**

**Hallazgo 2. El concreto con resistencia de 280kg/cm<sup>2</sup> 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.**

Mediante el oficio LM-AT-005-2014, enviado por la Auditoría Técnica al ingeniero del proyecto Ing. Hugo Zúñiga, el día 3 de febrero 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 28 de mayo de 2014, mediante correo electrónico, donde se adjunta la información solicitada hasta la fecha de envío. Esta información ha sido debidamente entregada de manera periódica por la ingeniería de proyecto, esto con respecto a los datos de control y verificación de la calidad (L.G.C. y MOPT respectivamente). Con respecto a los resultados obtenidos por el laboratorio del LanammeUCR, se analizan los que corresponden al periodo de la auditoría que abarcó entre febrero y julio del presente año (Ver Tabla 4).

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 periodo de auditoría anteriormente indicado, se realizó un análisis estadístico con el fin de evaluar el cumplimiento de las especificaciones contenidas en la sección 107 "Aceptación del Trabajo" del CR-2010. En la Tabla 5, 6 y 7 se muestran en detalle los porcentaje de valores de resistencia a la compresión y temperatura que se encuentran fuera de especificación.

**Tabla 4.** Resultados de las muestras ensayadas por el LanammeUCR de concreto de resistencia a compresión de 280kg/cm<sup>2</sup>.

No. Informe	Identificación	Fecha	Elemento	Revenimiento (mm)	Temperatura de la mezcla (°C)	Contenido de Aire (%)	Resistencia a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )
I-233-14	243-14	06/02/2014	Fundación Pila #1	-	28,3	2,9	346
I-233-14	244-14	06/02/2014	Fundación Pila #1	-	29,0	3,3	357
I-380-14	556-14	13/03/2014	Pila#1	220	<b>34,1</b>	5,7	316
I-295-14	606-14	20/03/2014	Columnas Pila#2	130	<b>32,8</b>	6,0	359
I-395-14	607-14	20/03/2014	Columnas Pila#3	190	<b>30,5</b>	3,5	371
I-395-14	608-14	20/03/2014	Columnas Pila#3	225	29,8	4,1	395
I-423-14	673-14	01/04/2014	Columnas Pila#3	200	<b>34,5</b>	3,8	382
I-449-14	718-14	08/04/2014	Columna Pila #3	130	<b>35,3</b>	4,7	371
I-449-14	719-14	08/04/2014	Columna Pila #3	150	29,8	5,0	384
I-629-14	1138-14	22/05/2014	Columna s oeste sexta etapa	145	<b>33,5</b>	4,5	439
I-730-14	1317-14	12/06/2014	Viga Cabezal pila 2, etapa 1	130	<b>35,3</b>	4,7	380
I-886-14	1575-14	16/07/2014	Viga Cabezal pila 3, etapa 1	150	<b>32,5</b>	4,8	335
I-887-14	1576-14	16/07/2014	Viga Cabezal pila 3, etapa 1	140	<b>32,2</b>	4,5	334

El equipo de la Unidad de Auditoría Técnica realizó un análisis estadístico con los datos de las muestras ensayadas por los laboratorios del LanammeUCR, MOPT 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 5.** 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<sup>2</sup>

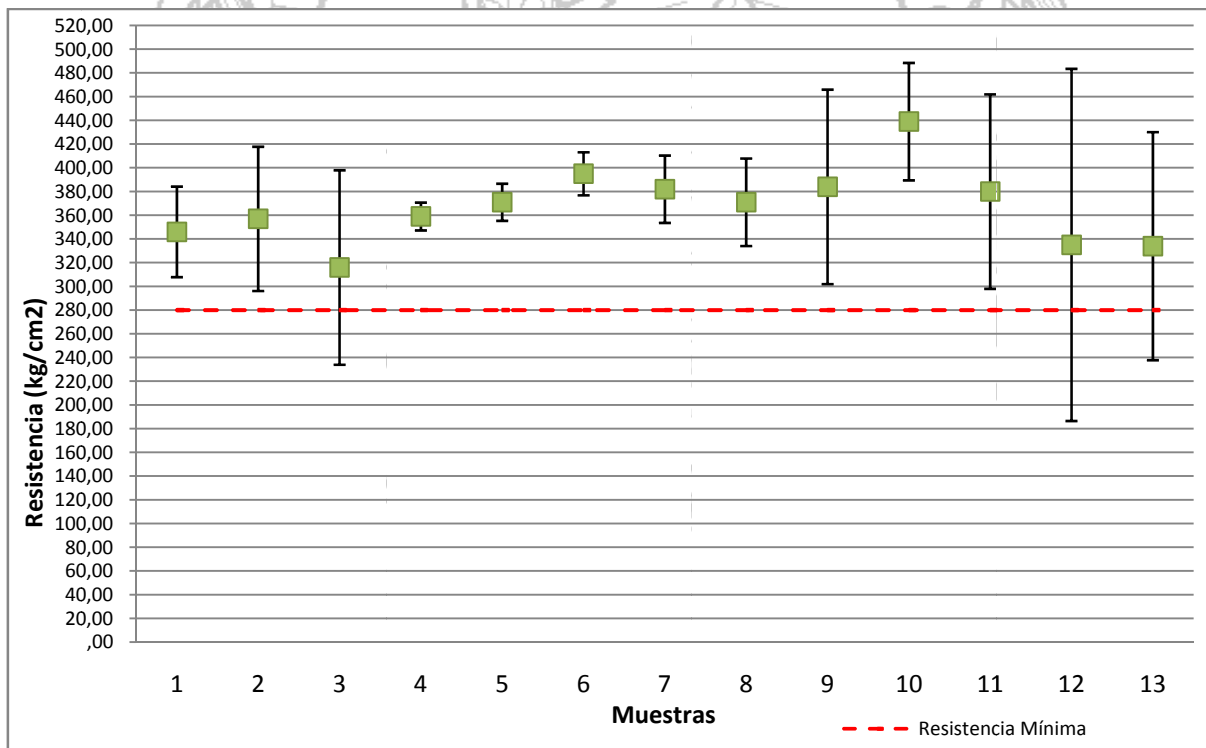
Descripción	Especificación	Número de muestras (n)	Porcentaje estimado de datos fuera de los límites de especificación (%)	Máximo porcentaje fuera de los límites de especificación permitido (%)
Temperatura	20 ± 10°C	13	50,139	42,759
Resistencia a la compresión	Mínimo de 280 kg/cm <sup>2</sup>	13	0,827	42,759

<sup>s</sup> 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 los parámetros de resistencia a la compresión de la mezcla de concreto se encuentra 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, debido a la variabilidad del proyecto y calculado con las herramientas estadísticas de la sección 107.05 del CR-2010, es menor al 42,76% establecido en esta sección como aceptable (Tabla 107-2) para un número de 13 muestras en ambos casos en comparación con 0,82% presentado en la resistencia a los 28 días.

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 y 30 °C el valor promedio obtenido fue de 32,1°C, y del análisis estadístico se puede observar que se tiene un porcentaje fuera de los límites de especificación de 50,139% cuando el valor máximo permitido es de 42,759%.

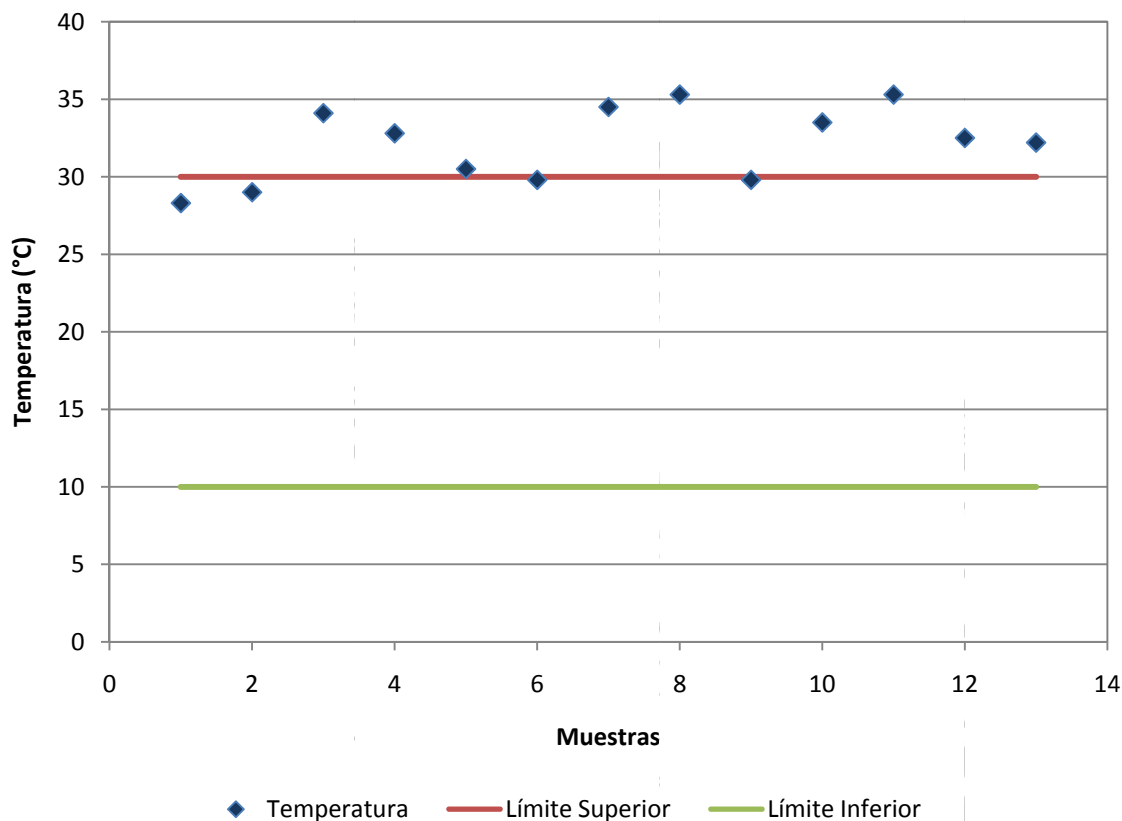
En el siguiente gráfico se puede observar los valores de resistencia a la compresión de cilindros fallados a 28 días, obtenidos por el LanammeUCR. Tal y como se aprecia, todos los valores promedio se encuentran por encima del valor mínimo especificado, a pesar de que se observó alta variabilidad en algunos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



**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 fuera 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

Es importante mencionar que esta situación ya ha sido notificada a la ingeniería de proyecto mediante oficio LM-AT-075-14 con el fin de que se realice un control más estricto sobre este parámetro ya que según el ACI305R-91, las altas temperaturas en el concreto durante el proceso de colocación aumentan el riesgo de agrietamiento plástico por lo que es relevante prestarle atención a este parámetro para garantizar la calidad del material incorporado a la obra.

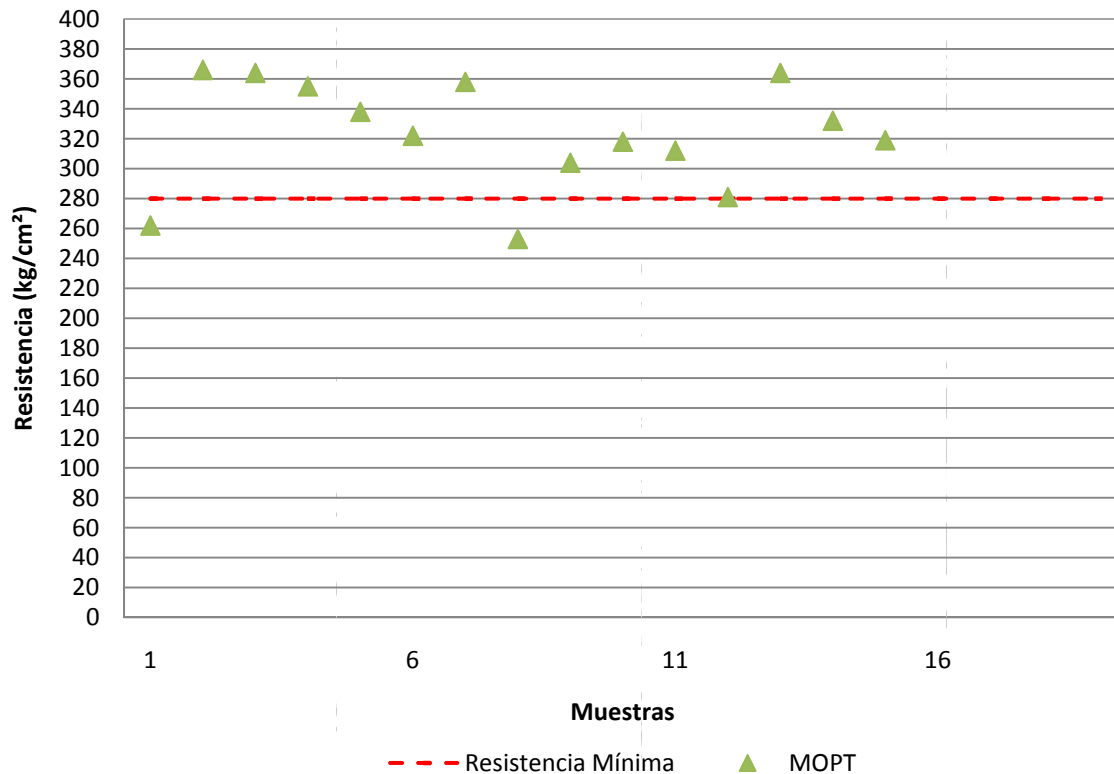
- **Laboratorio de Verificación de Calidad (MOPT)**

A continuación se describen los resultados del MOPT. Tal y como se puede observar en los resultados analizados para este laboratorio (ver Gráfico 3), 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 41,674% establecido en esta sección como aceptable (Tabla 107-2) para una muestra de 15 ensayos.

**Tabla 6.** Análisis estadístico del porcentaje fuera de los rangos estimados para las muestras ensayadas por el MOPT de concreto de resistencia a compresión de 280kg/cm<sup>2</sup>

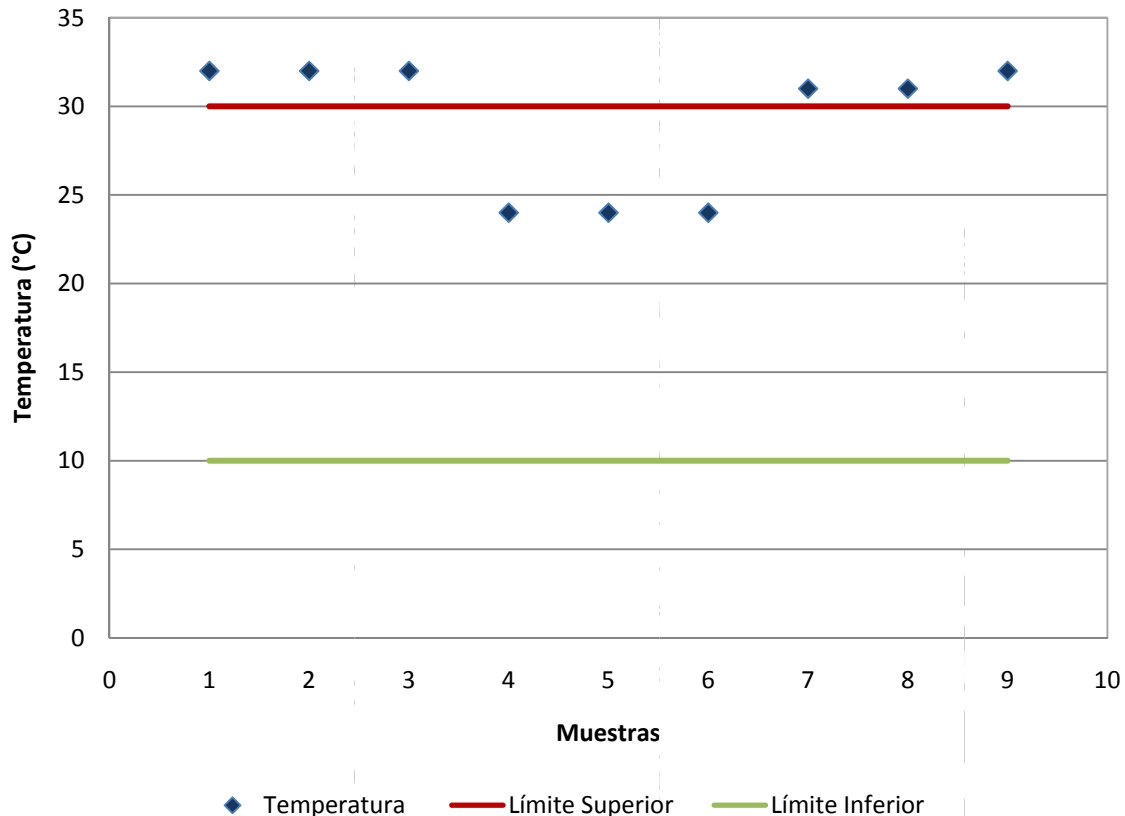
Descripción	Especificación	Número de muestras (n)	Porcentaje estimado de datos fuera de los límites de especificación (%)	Máximo porcentaje fuera de los límites de especificación permitido (%)
Temperatura	20 ± 10°C	9	42,605	45,545
Resistencia	Mínimo de 280 kg/cm <sup>2</sup>	15	12,503	41,674



**Gráfico 3.** Valores de resistencia a la compresión para las muestras de concreto ensayadas por el MOPT.

En el Gráfico 3 se puede observar los valores de resistencia a la compresión de cilindros fallados a 28 días, obtenidos por MOPT. Tal y como se aprecia casi todos los datos promedios se encuentran por arriba del límite establecido.

Para el parámetro de temperatura de colocación, se determinó mediante el análisis estadístico que el lote no se rechaza ya que el porcentaje fuera de los límites es de 42,605 y el máximo permitido 45,545. A pesar de esto es importante hacer notar que 6 de los 9 datos se encuentran por encima del valor máximo permitido y que al menos 6 valores no fueron reportados, por lo que es necesario cuidar este parámetro como ya se comentó anteriormente. En el Gráfico 4 se pueden observar los valores individuales, obtenidos por el laboratorio del MOPT



**Gráfico 4.** Valores de temperatura de colocación para las muestras de concreto ensayadas por el MOPT

- **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 ausencia de la temperatura de colocación en los informes, tema que ya se discutió en la observación 2. En los resultados

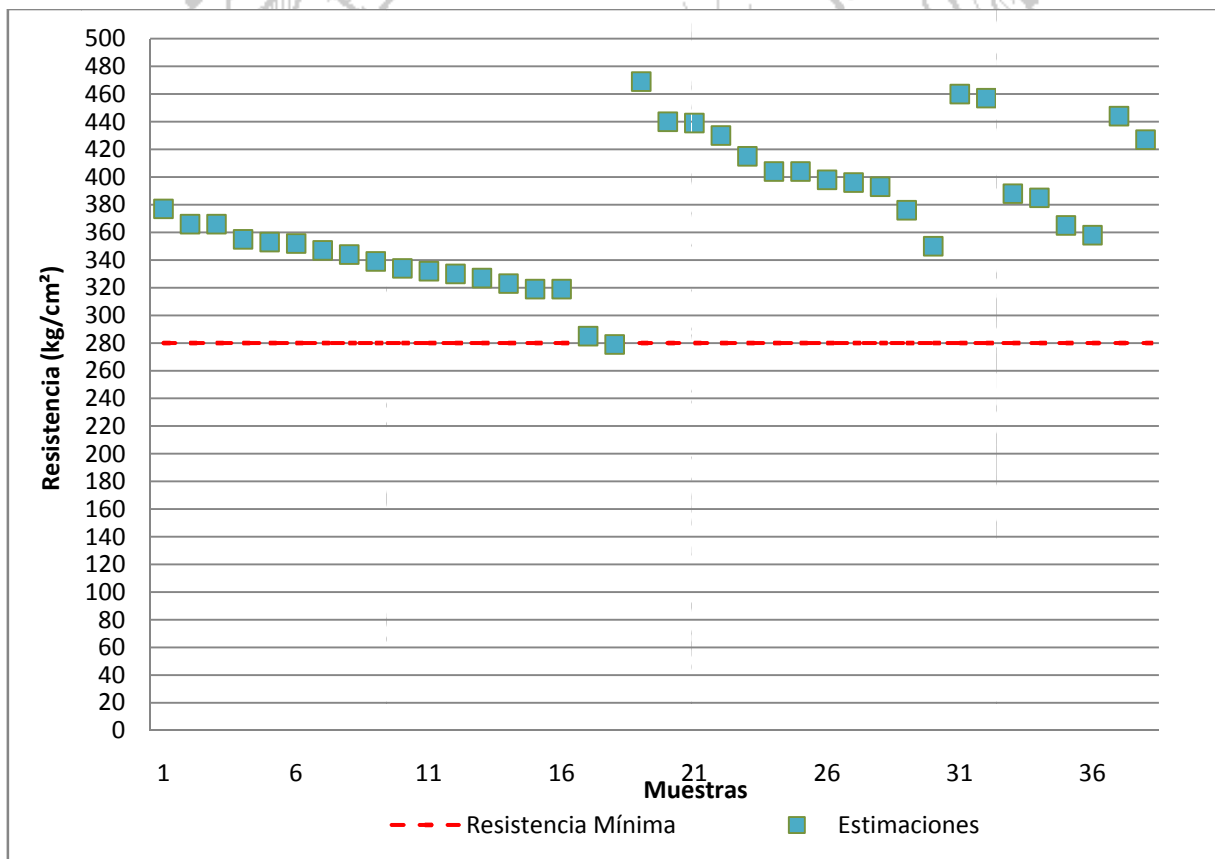
presentados en la Tabla 7 se puede ver los porcentajes fuera de los límites y el máximo permitido.

**Tabla 7.** Análisis estadístico del porcentaje fuera de los rangos estimados para las muestras ensayadas por el Laboratorio de LGC de concreto de resistencia a compresión de 280kg/cm<sup>2</sup>

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 <sup>2</sup>	39	2,929	34,433

(-) No se suministro información

Como se puede observar para la resistencia a la compresión de los testigos de concreto a los 28 días se acepta el lote ya que el porcentaje fuera de los límites es menor al 3% mientras que el máximo permitido es de 34,4%. En el Gráfico 5 se pueden observar los datos individuales a los que tuvo acceso esta Auditoría para efectuar el análisis.



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

### Hallazgo 3. El acero de refuerzo utilizado en los elementos estructurales de proyecto cumple con los requisitos establecidos en la norma ASTM A706

Mediante el oficio LM-AT-005-14, enviado por la Auditoría Técnica al ingeniero del proyecto Ing. Hugo Zúñiga el día 3 de febrero del 2014, se solicita información general relacionada con el proyecto, entre ellos se solicita los datos de control y verificación de la calidad de los materiales (concreto y acero). La ingeniería de proyecto envió periódicamente la información del concreto pero indica que al acero de refuerzo no se le realizan pruebas de calidad si no que se acepta con el certificado de calidad aportado por el contratista. Es por esto que para este material solamente se analizará la información procedente del laboratorio del LanammeUCR.

Según los planos constructivos la norma que debe cumplir el acero de refuerzo es ASTM 706 por lo que se procede a revisar el acero con esta normativa.

A continuación se muestra la Tabla 8, donde 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 8.** Resultados de ensayos de esfuerzo para el acero de grado 60W, varillas número 4,5,7,9 y 10 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	14 % (3-6)/12% (7-11) %
I-258-14	M-346-14	19/02/2014	7	60	482	633	18,9
I-258-14	M-347-14	19/02/2014	9	60	492	640	20,6
I-258-14	M-348-14	19/02/2014	10	60	481	628	20,5
I-258-14	M-349-14	19/02/2014	4	60	523	644	**
I-258-14	M-350-14	19/02/2014	5	60	498	605	14,1
I-258-14	M-351-14	19/02/2014	7	60	453	602	20,5
I-258-14	M-352-14	19/02/2014	7	60	463	617	20,3
I-258-14	M-353-14	19/02/2014	9	60	479	616	**
I-258-14	M-354-14	19/02/2014	9	60	476	619	21,4
I-258-14	M-355-14	19/02/2014	10	60	418	511	**
I-258-14	M-356-14	19/02/2014	10	60	498	649	19,1

(\*\*) Especímenes fallan fuera de la longitud de control

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, este acorde con la normativa está en función del diámetro de la misma, por lo que el porcentaje de elongación mínimo para las varillas de diámetro 3 y 6 es de 14% y para las de 7-11 es de 12%, los cuales se cumplen acorde con los datos de la última columna de la Tabla 8.



## 11. CONCLUSIONES

- Durante el desarrollo del proyecto se no detectaron defectos constructivos de consideración durante la ejecución de la obra. De igual manera se le insta a la Administración a velar porque se 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.
- Basado en la información que estuvo al alcance de la auditoría, se observa que durante algunos meses tanto el laboratorio de autocontrol como el laboratorio de verificación de la calidad realizaron menos ensayos que los solicitados en CR-2010 sección 552.
- Adicionalmente, se observó que a pesar de que los laboratorios tomaban la temperatura en campo, no se incluyen en varios informes el valor de este parámetro para el laboratorio de Verificación de la Calidad. En el caso del laboratorio de Autocontrol de Calidad se observa que del todo no se incluye, esto debido al diseño del registro que no tiene espacio para este dato.
- 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  $280\text{kg/cm}^2$ , todos los ensayos reportados por los laboratorios presentan valores de resistencia a la compresión mayores al límite mínimo establecido.
- Para el parámetro de la temperatura de colocación del concreto, se pudo observar que, acorde con los datos del LanammeUCR, la temperatura de colocación promedio de la mezcla es mayor a la exigida en la especificación CR-2010, sección 550.
- 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, la cual es la especificada para el 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

- Se recomienda velar por el cumplimiento del parámetro de temperatura de colocación del concreto con el fin de asegurar la calidad de los materiales y el buen uso de los recursos.
- 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.

### A los laboratorios de Calidad

- Se recomienda fortalecer el laboratorio del Mopt con el fin de cumplir con la frecuencia de los ensayos para poder asegurar la calidad de los materiales que se están colocando a lo largo de toda la construcción del proyecto.
- Incluir en todos los informes de laboratorio la temperatura de colocación del concreto ya que este es un parámetro que está especificado actualmente y que sus variaciones pueden indicar la calidad del mismo.



**Equipo Auditor**

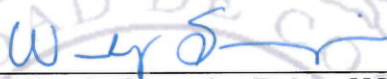


**Ing. Víctor Cervantes Calvo.**  
Auditor Técnico, LanammeUCR



**Ing. Francisco Fonseca Chaves.**  
Auditor Técnico, LanammeUCR

**Aprobado por:**



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



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

**Visto bueno de legalidad**

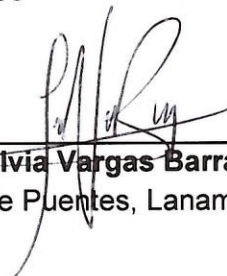


**Lic. Miguel Chacón Alvarado.**  
Asesor Legal LanammeUCR

**Visto bueno experto técnico**



**Ing. Pablo Agüero Barrantes.**  
Unidad de Puentes, LanammeUCR



**Ing. Silvia Vargas Barrantes.**  
Unidad de Puentes, LanammeUCR