



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Informe: LM-PI-AT-005-17

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



Informe final
Preparado por:

**Unidad de Auditoría Técnica
LanammeUCR**



Documento generado con base en el Art. 6, inciso b) de la Ley 8114 y lo señalado en el Capít.7, Art. 68 Reglamento al Art. 6 de la precitada ley, publicado mediante decreto DE-37016-MOPT.

**San José, Costa Rica
Agosto, 2017**

1. Informe Informe final de Auditoría Técnica LM-PI-AT-005-17	2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS Y GESTIPÓN PROYECTO: CONTRATACIÓN DIRECTA N° 2013CD-000017-0DI00: REHABILITACIÓN INTEGRAL (SUBESTRUCTURA Y SUPERESTRUCTURA) DEL PUENTE SOBRE EL RÍO VIRILLA, RUTA NACIONAL N°1, AUTOPISTA GENERAL CAÑAS	4. Fecha del Informe Agosto 2017	
7. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
8. Notas complementarias		
9. Resumen <p><u>Sobre los cierres realizados en el proyecto:</u> Se detectaron oportunidades de mejora en el proceso de notificación de los cierres a la población, al constatarse anuncios de cierre con un día de antelación. A pesar de no existir normativa que indique tiempos de cierre de vías en el país, otros servicios sí cuentan con tiempos mínimos para anuncios de suspensiones de servicio los cuales se usaron como referencia.</p> <p><u>Sobre el manejo de agregados en el proyecto:</u> Se evidenció un manejo inadecuado de los apilamientos de agregados para realizar el concreto colado en sitio de la losa de rodamiento. Se observó contaminación entre los distintos agregados así como con partículas de suelo. Esto reviste especial importancia considerando que el concreto que se estaba colocando en sitio para la losa tenía especificaciones especiales. Sin embargo la ingeniería de proyecto y la empresa tomaron acciones inmediatas para solventar esta situación.</p> <p><u>Sobre las prácticas constructivas del puente:</u> Durante el proceso de sustitución de la losa se detectó que las placas de post-tensión de las losetas no tenían el recubrimiento mínimo especificado en planos. Esta falta de recubrimiento puede ocasionar una inadecuada protección de los elementos metálicos que forman parte del sistema de pos-tensión lo que puede ocasionar una pérdida de vida útil de la obra.</p> <p><u>Sobre los materiales utilizados en el proyecto (concreto):</u> Con base en los resultados de LanammeUCR y el laboratorio del MOPT que funge organismo se verificación se evidenció que existen incumplimientos en el revenimiento de la mezcla así como en la temperatura de colocación. Los resultados de resistencia a la compresión del concreto sí cumplieron satisfactoriamente.</p> <p><u>Sobre los materiales utilizados en el proyecto (acero de refuerzo):</u> En el caso del acero de refuerzo utilizado en el proyecto en cuestión las muestras ensayadas por el LanammeUCR, cumplen con las características mecánicas según la norma ASTM A706. Sin embargo, la muestra 132-17 y 129-17 presentaron incumplimientos en las alturas de corrugación</p>		
10. Palabras clave PITRA, puente, concreto, acero, Ruta N°1	11. Nivel de seguridad: Ninguno	12. Núm. de páginas 40



**INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES, PROCESOS CONSTRUCTIVOS Y GESTIÓN
Contratación Directa N° 2013CD-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 390 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.

Audidores:
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 y el laboratorio del MOPT. Adicionalmente, se evaluaron aspectos relacionados con los procedimientos constructivos y la gestión durante el periodo de noviembre de 2016 a mayo de 2017.



TABLA DE CONTENIDOS

1. FUNDAMENTACIÓN	7
2. OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS	7
3. OBJETIVOS DEL INFORME	8
3.1. OBJETIVO GENERAL	8
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
4. ALCANCE DEL INFORME	8
5. METODOLOGÍA.....	9
6. DOCUMENTOS DE PREVALENCIA	10
7. ANTECEDENTES	10
8. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	11
9. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSION PRELIMINAR LM-PI-AT-026B-16	12
10. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA	13
A. SOBRE LA GESTIÓN DEL PROYECTO	13
<i>OBSERVACIÓN 1. OPORTUNIDADES DE MEJORA EN EL PROCESO DE NOTIFICACIÓN DE LOS CIERRES REALIZADOS EN EL PROYECTO.</i>	13
B. SOBRE LAS PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS.....	18
<i>OBSERVACIÓN 2. SE EVIDENCIÓ UN MANEJO INADECUADO DE LOS APILAMIENTOS DE MATERIALES PARA FABRICACIÓN DE LA MEZCLA DE CONCRETO COLOCADA EN SITIO.....</i>	18
<i>HALLAZGO 1. SE EVIDENCIÓ INCUMPLIMIENTOS EN LOS RECUBRIMIENTOS EN LAS PLACAS DE LOS TORONES QUE SE COLOCABAN EN LAS LOSETAS PREFABRICADAS.</i>	21
C. SOBRE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN EL PROYECTO: CONCRETO Y ACERO.....	22
<i>HALLAZGO 2. EL CONCRETO CON RESISTENCIA DE 550 KG/CM² A LOS 28 DÍAS CORRESPONDIENTE A LA LOSA DEL PUENTE CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES DE RESISTENCIA, SIN EMBARGO NO CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES DE TEMPERATURA DE COLOCACIÓN Y REVENIMIENTO, ESTABLECIDAS EN EL MANUAL DE ESPECIFICACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS, CAMINOS Y PUENTES CR-2010 Y EL DISEÑO DE MEZCLA FP-37-PRPL01.</i>	22

Informe LM-PI-AT-005-17	agosto , 2017	Página 4 de 40
-------------------------	---------------	----------------



HALLAZGO 3. 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, SIN EMBARGO DOS DE LAS 4 MUESTRAS ANALIZADAS PRESENTAN INCUMPLIMIENTOS EN LAS ALTURAS DE LAS CORRUGACIONES. 34

11. CONCLUSIONES.....	37
12. RECOMENDACIONES	38
13. REFERENCIAS	39

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 1. ANUNCIO DE CIERRE TOTAL DEL PUENTE. FECHA 28 DE ABRIL DE 2017.	
FUENTE: FACEBOOK.....	14
FOTOGRAFÍA 2. APILAMIENTO INCORRECTO DE AGREGADOS. FECHA: 10/02/17. FUENTE:	
UNIDAD DE AUDITORÍA TÉCNICA.	19
FOTOGRAFÍA 3. PRESENCIA DE TERRONES EN LOS APILAMIENTOS DE LOS AGREGADOS.	
FECHA: 24/02/17. FUENTE: UNIDAD DE AUDITORÍA TÉCNICA.	20
FOTOGRAFÍA 4. RECUBRIMIENTO DEFICIENTE DE LOS ELEMENTOS DE ACERO. FECHA:	
10/02/17. FUENTE: UNIDAD DE AUDITORÍA TÉCNICA.	21

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. RESUMEN DE OFICIOS ENVIDOS A LA ADMINISTRACIÓN DURANTE EL PROCESO DE AUDITORÍA.....	10
TABLA 2. RESUMEN DE CIERRES DEL PROYECTO	15
TABLA 3. RESULTADOS DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO A 28 DÍAS.....	23
TABLA 4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR.	23
TABLA 5. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE FUERA DE LOS RANGOS ESTIMADOS PARA LAS MUESTRAS ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR DE CONCRETO. .	24
TABLA 6. RESULTADOS DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS POR EL MOPT DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO A 28 DÍAS.	28
TABLA 7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL MOPT.	30
TABLA 8. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE FUERA DE LOS RANGOS ESTIMADOS PARA LAS MUESTRAS ENSAYADAS POR EL MOPT DE CONCRETO.....	31
TABLA 9. IDENTIFICACIÓN DE VARILLAS MUESTREADAS EN PLANTA DE PRODUCTOS DE CONCRETO	35

Informe LM-PI-AT-005-17	agosto , 2017	Página 5 de 40
-------------------------	---------------	----------------



TABLA 10. RESULTADOS DE MASA DE LAS VARILLAS ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR... 35
TABLA 11. RESULTADOS DE LAS VARILLAS ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR..... 36

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. VALORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR 25
GRÁFICO 2. VALORES DE TEMPERATURA DE COLOCACIÓN PARA LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR..... 26
GRÁFICO 3. VALORES DE REVENIMIENTO DEL CONCRETO FRESCO PARA LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR..... 27
GRÁFICO 4. VALORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL MOPT 32
GRÁFICO 5. VALORES DE TEMPERATURA DE COLOCACIÓN PARA LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL MOPT 33
GRÁFICO 6. VALORES DE REVENIMIENTO DEL CONCRETO FRESCO PARA LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL MOPT 34



INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA.

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES, PROCESOS CONSTRUCTIVOS Y GESTIÓN CONTRATACIÓN DIRECTA N° 2013CD-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 GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS

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

Informe LM-PI-AT-005-17	agosto , 2017	Página 7 de 40
-------------------------	---------------	----------------



3. OBJETIVOS DEL INFORME

3.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general 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 analizar los aspectos importantes en torno a la calidad de los materiales y específicamente, el concreto y el acero. Adicionalmente, se pretende evaluar las prácticas constructivas y los aspectos de gestión ligados al proyecto.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el cumplimiento de las especificaciones de la mezcla de concreto a partir de muestreos puntuales realizados por el LanammeUCR y el laboratorio de verificación de calidad.
- Evaluar las prácticas constructivas basadas en las especificaciones contractuales y las buenas prácticas de la ingeniería civil.
- Analizar los aspectos de gestión durante la ejecución del proyecto.

4. ALCANCE DEL INFORME

El alcance de esta Auditoría Técnica, se centró en presentar un análisis general de los resultados de las muestras de concreto y acero del proyecto en cuestión obtenidos por los laboratorios de LanammeUCR. Adicionalmente, se observaron aspectos relacionados con los procedimientos constructivos y de gestión 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.

Informe LM-PI-AT-005-17	agosto , 2017	Página 8 de 40
-------------------------	---------------	----------------



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.

5. METODOLOGÍA

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 enero a abril de 2017, contando con la colaboración de los laboratorios del LanammeUCR. Se realizaron los muestreos y ensayos al concreto colocado en la losa del puente tanto en planta como en sitio, así como al acero colocado en la planta de Productos de Concreto en San Rafael de Alajuela.

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 dos oficios entregados a la Administración.

Para el análisis de la calidad de los materiales, se aplicaron las herramientas estadísticas establecidas 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”, el cual se debe cumplir contractualmente. 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, el 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.

La valoración estadística y de pago en función de la calidad, se evalúa con el propósito de aportar elementos que permitan la interpretación 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. Los índices de calidad 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.

Informe LM-PI-AT-005-17	agosto , 2017	Página 9 de 40
-------------------------	---------------	----------------



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 B del Cartel de Licitación. 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).

6. DOCUMENTOS DE PREVALENCIA

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

- Especificaciones generales para la construcción de caminos, carreteras y puentes (CR-2010).
- AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Sixth Edition. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2012.
- Circulares de Ingeniería Hidráulica de la Administración Federal de Carreteras de Estados Unidos: HEC N°18, FHWA HI-96-031, 2012, 5° edición; HEC N°20, FHWA HI-96-032, 2012, 4° edición; HEC N°23, FHWA HI-97-030, 2009, 5° edición.
- Código de Cimentaciones de Costa Rica, edición vigente.
- Reglamento de Dispositivos de seguridad para la protección de obras, según decreto 26041 MOPT. Gaceta N° 103 del 30 de mayo de 1997.
- Manual de Normas para la Colocación de dispositivos de seguridad para la protección del público en Obras Viales Obras, de la Dirección General de Ingeniería de Tránsito 1995.
- Especificaciones Especiales del proyecto.

7. ANTECEDENTES

Este informe forma parte de la auditoría técnica que el LanammeUCR realiza al proyecto, y en aras de contribuir al mejoramiento continuo de la gestión de la Administración, durante el desarrollo de este proceso se emitieron varios oficios y notas informe las cuales se citan a continuación:

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

Informe LM-PI-AT-005-17	agosto , 2017	Página 10 de 40
-------------------------	---------------	-----------------



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	*
LM-PI-AT-007-17	24/01/2017	Informe de Evaluación de la calidad de los materiales, procesos constructivos	No aplica
LM-AT-030-17	22/02/2011	Observaciones sobre prácticas constructivas observadas durante la gira y ensayos al acero de refuerzo	POE-07-2017-0514
LM-AT-043-17	17/03/2017	Observaciones sobre gira, colocación de mezcla asfáltica en los accesos.	No aplica
LM-AT-063-17	21/04/2017	Solicitud de información	POE-07-207-0604

(*) No se recibió respuesta

8. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

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.

Informe LM-PI-AT-005-17	agosto , 2017	Página 11 de 40
-------------------------	---------------	-----------------

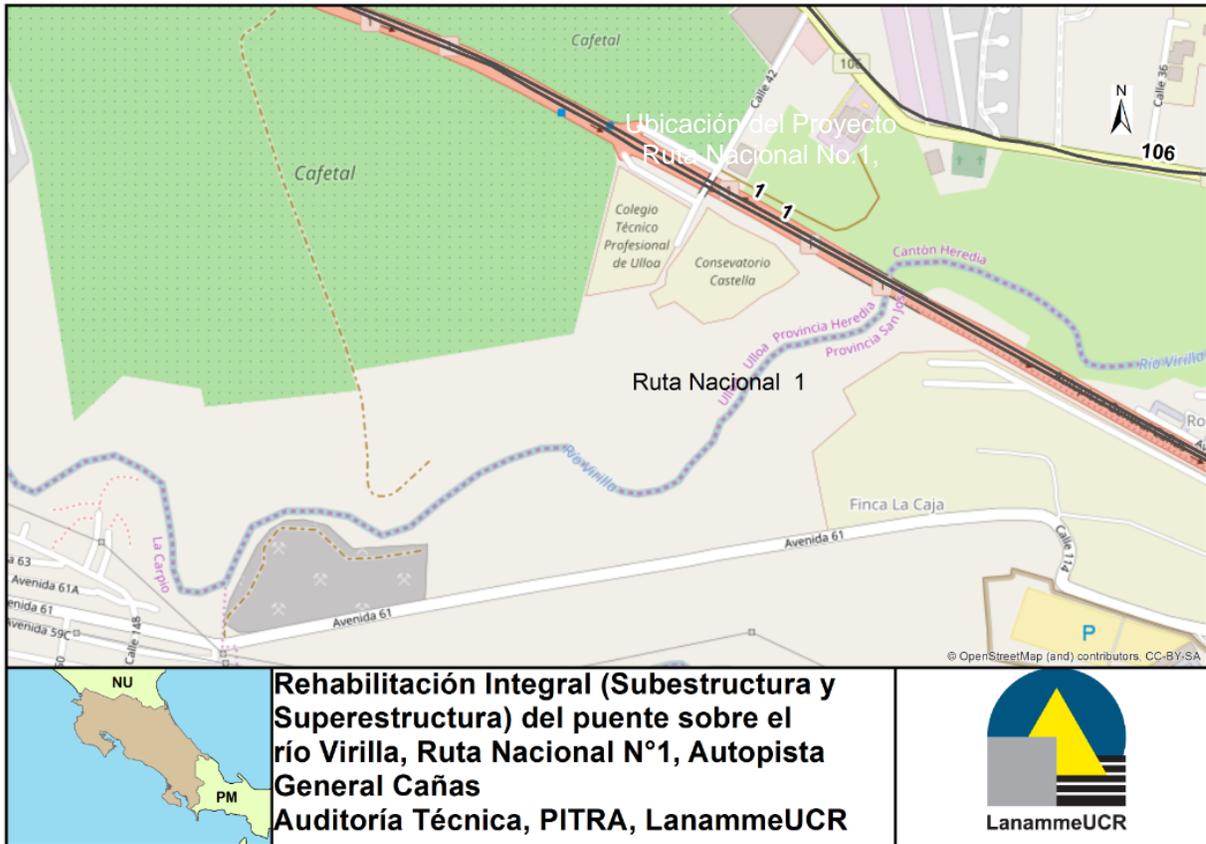


Figura 1. Ubicación del proyecto.

9. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSION PRELIMINAR LM-PI-AT-026B-16

Como parte de los procedimientos de auditoría técnica, mediante oficio LM-AT-86-17 del 29 de junio de 2017 se envía el informe preliminar LM-PI-AT-005B-17 a la parte auditada para que sea analizado y de requerirse, se proceda a esclarecer aspectos que no hayan sido considerados durante el proceso de ejecución de la auditoría, por lo que se otorga un plazo de 15 días hábiles posteriores al recibo de dicho informe para el envío de comentarios al informe preliminar. Dicho plazo se extendía hasta el 20 de julio de 2017.

Como parte del proceso de Auditoría se propone una reunión el lunes 10 de julio de 2017 con el auditado con el fin de comentar aspectos relacionados con el informe. Debido a incompatibilidad de horarios se decide cambiar la presentación para el día 18 de julio. Esta reunión contó con la participación del Ing. Andrés Muñoz Piedra por parte del Programa de Obras Estratégicas; la Ing. Pamela Arias Retana, de UNOPS ; el Ing. Jeyfer Martínez de la

Informe LM-PI-AT-005-17	agosto , 2017	Página 12 de 40
-------------------------	---------------	-----------------



Auditoría Interna de CONAVI; por parte del LanammeUCR, el Ing. Francisco Fonseca, el Ing. Victor Cervantes y la Ing. Wendy Sequeira.

Mediante oficio POE-07-2017-0862 del 20 de julio de 2017 es recibido el descargo del informe preliminar LM-PI-AT-005B-17. Por tanto, en cumplimiento de los procedimientos de auditoría técnica, una vez analizado el documento en mención y considerando la evidencia presentada, se procede a emitir el informe LM-PI-AT-005-17 en su versión final para ser enviado a las instituciones que indica la ley.

10. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

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

Se entiende como hallazgo de auditoría técnica, un hecho que hace referencia a una normativa, informes anteriores de auditoría técnica, principios, disposiciones y buenas prácticas de ingeniería o bien, hace alusión a otros documentos técnicos y/o legales de orden contractual, ya sea por su cumplimiento o su incumplimiento.

Por otra parte, una observación de auditoría técnica se fundamenta en normativas o especificaciones que no sean necesariamente de carácter contractual, pero que obedecen a las buenas prácticas de la ingeniería, principios generales, medidas basadas en experiencia internacional o nacional. Además, tienen la misma relevancia técnica que un hallazgo.

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

A. SOBRE LA GESTIÓN DEL PROYECTO

Observación 1. Oportunidades de mejora en el proceso de notificación de los cierres realizados en el proyecto.

Según el cartel de licitación del proyecto en el apartado 6 "Plazo de ejecución" se indica que

"Para esta licitación el horario de trabajo será diurno y nocturno, dependiendo del flujo vehicular y congestión de la vía, debiendo considerar el oferente este aspecto en su propuesta. Durante este plazo la vía nunca permanecerá totalmente cerrada al tránsito vehicular y peatonal." (Subrayado no es del original)

Informe LM-PI-AT-005-17	agosto , 2017	Página 13 de 40
-------------------------	---------------	-----------------



Entre el sábado 29 de abril y el lunes 1 de mayo, hubo un cierre total sobre el puente con el fin de realizar los rellenos de aproximación, lo cual constituye una violación a este apartado del cartel de licitación.



Fotografía 1. Anuncio de cierre total del puente. Fecha 28 de abril de 2017. Fuente: Facebook.

Más allá del cierre total realizado o los numerosos cierres parciales, existen debilidades en la forma que se notifican estos cierres a la población de forma que las personas puedan planear con suficiente antelación sus actividades diarias. Se tiene conocimiento de cierres anunciados el mismo día (como el del 4 de enero de 2017) o con sólo un día de antelación (como el 25 de febrero de 2017).

En la siguiente tabla se realiza una recopilación de los cierres que se dieron durante la ejecución del proyecto:

Informe LM-PI-AT-005-17	agosto , 2017	Página 14 de 40
-------------------------	---------------	-----------------



Tabla 2. Resumen de cierres del proyecto

Fecha publicación	Fecha de cierre	Tiempo entre publicación y cierre	Tiempo de cierre	Tipo (Parcial o Total)
9 de agosto de 2016	Martes 9/08/2016 a las 10 p.m hasta 5 a.m del día siguiente	Mismo día	7 horas	Parcial, sentido San José- Alajuela
6 de octubre de 2016	Jueves 6/10/2016 a las 10 p.m hasta 5 a.m día siguiente	Mismo día	7 horas	Parcial, sentido San José- Alajuela
11 de octubre de 2016	Martes 11/10/2016 a las 10 p.m hasta 5 a.m del miércoles 12/10/2016	Mismo día	7 horas	Parcial, sentido San José- Alajuela
12 de octubre de 2016	Jueves 13/10/2016 a las 10 p.m hasta 5 a.m del Viernes 14/10/2016	1 día	7 horas	Parcial, sentido San José- Alajuela
31 de octubre de 2016	Martes 31/10/2016 de 10 p.m a 1 a.m	Mismo día	3 horas	Parcial, sentido San José- Alajuela
2 de noviembre de 2016	Viernes 4/11/2016 de 2 p.m a 4 p.m	2 días	2 horas	Parcial, sentido Alajuela- San José
4 de noviembre de 2016	Martes 8/11/2016 y jueves 10/11/2016 de 10 a.m a 12 m.d	4 días	2 horas	Parcial, sentido Alajuela- San José
13 de noviembre de 2016	Miércoles 16/11/2016 de 10 a.m a 12 m.d sentido Alajuela- San José y de 10 p.m a 8 a.m del jueves 17/11/2016, sentido San José- Alajuela	3 días	12 horas	Parcial, sentido Alajuela- San José y luego San José -Alajuela
18 de noviembre de 2016	Viernes 18/11/2016 a 10 p.m hasta sábado 19/12/2016 a la 1 a.m	Mismo día	3 horas	Parcial, sentido Alajuela - San José
30 de noviembre de 2016	Jueves 1/12/2016 de 10 a.m a 12 m.d	1 día	2 horas	Parcial, sentido Alajuela - San José
6 de diciembre de 2016	Jueves 8/12/2016 a las 10 p.m a las 5 a.m del 9/12/2016	2 días	7 horas	Parcial, sentido Alajuela - San José



Fecha publicación	Fecha de cierre	Tiempo entre publicación y cierre	Tiempo de cierre	Tipo (Parcial o Total)
14 de diciembre 2016	Jueves 15/12/2016 a las 8 p.m hasta viernes 16/12/2016 5 a.m	1 día	9 horas	Parcial, sentido Alajuela - San José
19 diciembre 2016	Martes 20/12/2017 de 3 p.m a 5 p.m	1 día	2 horas.	Parcial, sentido Alajuela - San José
20 de diciembre 2016	Miércoles 21/12/2017 a las 10 p.m hasta las 6 a.m del 21/12/2017	1 día	8 horas	Parcial, sentido Alajuela - San José
23 de diciembre 2016	Lunes 26/12/2016 a las 10 p.m hasta martes 27/12/2016 a las 5a.m, adicionalmente ese martes de 10 a.m a 1 p.m	3 días	7 horas	Parcial, sentido Alajuela - San José
2 de enero 2017	Miércoles 4/01/2017 a las 10 p.m hasta las 5 a.m del 05/01/2017	2 días	7 horas	Parcial, sentido San José- Alajuela
4 de enero de 2017	Desde el sábado 7/01/2017 a medio día hasta las 5 a.m del lunes 9/01/2017	3 días	41 horas	Parcial, sentido Alajuela - San José
10 de enero de 2017	Desde las 9 a.m del jueves 12/01/2017 hasta las 9 a.m del viernes 13/01/2017	2 días	24 horas	Parcial, sentido Alajuela - San José
13 de enero de 2017	Desde miércoles 18/01/2017 a las 10 p.m hasta jueves 19/01/2017 a las 5 a.m	5 días	7 horas	Parcial, sentido Alajuela- San José
13 de enero de 2017	Desde 21 de enero y por espacio de 6 meses de establecen regulaciones de paso	8 días	6 semanas	Parcial
16 de febrero 2017	Domingo 19/02/2017 de 6 a.m a 4a.m del lunes 20/02/2017	3 días	22 horas	Parcial
24 de febrero 2017	Domingo 26/02/2017 de 6 a.m a 6 p.m	2 días	12 horas	Parcial sentido Alajuela -San José
27 de febrero 2017	Lunes 27/02/2017 a las 9 p.m hasta martes 28/02/2017 a las 4 a.m	Mismo día	7 horas	Parcial sentido Alajuela -San José
28 de febrero	Martes 28/02/2017 a las 9 p.m hasta el miercoles	1 día	7 horas	Parcial Alajuela- San José



Fecha publicación	Fecha de cierre	Tiempo entre publicación y cierre	Tiempo de cierre	Tipo (Parcial o Total)
	1/03/2017 a las 4 a.m			
28 de febrero 2017	Miércoles 1/03/2017 a las 9 p.m hasta el jueves 2/03/2017 a las 4 a.m	1 día	7 horas	Parcial Alajuela-San José
27 de abril de 2017	29/04/2017 a las 3 p.m hasta el lunes 1/05/2017 a las 5 a.m	2 días	1 día y medio.	Total
11 de mayo de 2017	10 p.m de sábado 12 /05/2017 hasta las 5 p.m del domingo 13/05/2017	1 día y medio.	19 horas	Total
17 mayo de 2017	Domingo 21/05/2017 a las 10 pm hasta 6 a.m del 22/05/2017	3 días.	8 horas	Parcial

Mediante oficio LM-AT-071-17 del 29 de mayo de 2017, se le solicitó a la Dirección General de Ingeniería de Tránsito (DGIT), que nos remitiera las solicitudes de cierres parciales y totales del proyecto así como la respuesta dada por la DGIT. En correo electrónico del 22 de junio de 2017, se envían ocho oficios de respuesta de la DGIT sobre los cierres aprobados en el 2017. Por ende se puede evidenciar en la tabla, que existen varios cierres realizados en los cuales no se solicitó permiso alguno para su realización.

Actualmente en el país no existe normativa que indique cuanto es el tiempo idóneo que se debe avisar a la población afectada el cierre de una vía. Sin embargo, para otros servicios públicos sí existe documentación al respecto.

El Reglamento Técnico: "Prestación de los Servicios de Acueducto, Alcantarillado Sanitario e Hidrantes (AR-PSAyA-2015)" en su artículo 33.- Interrupción temporal del servicio de agua potable establece que:

"En caso de interrupción de la continuidad del servicio, los prestadores deberán comunicar a los abonados y usuarios a través de los medios de comunicación colectiva, al Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica y a la Autoridad Reguladora, lo siguiente:

- a. Área y población afectadas;
- b. Tipo de afectación al abonado;
- c. Duración estimada de la suspensión;
- d. Precauciones especiales que deberán adoptar los usuarios;
- e. Razones de la suspensión del servicio; y
- f. Medidas de contingencia en caso de ser necesarias.

La comunicación deberá realizarse:

Informe LM-PI-AT-005-17	agosto , 2017	Página 17 de 40
-------------------------	---------------	-----------------



- a. Para suspensiones programadas, con al menos cuarenta y ocho horas naturales de antelación;
- b. *Para suspensiones no programadas, dentro de las cuatro horas naturales después de producido el reporte de la avería; y*
- c. *Para suspensiones por fuerza mayor o caso fortuito, dentro de las cuatro horas naturales después de localizada la afectación." (Subrayado no es del original)*

En el caso del servicio eléctrico según la norma "Supervisión de la calidad del suministro eléctrico en baja y media tensión" (AR-NT-SUCAL) en el artículo 60 Interrupciones programadas:

Si por alguna circunstancia la empresa requiera interrumpir el suministro eléctrico debido a trabajos en las redes, deberá avisar a los abonados y usuarios afectados, de forma directa o en un medio de difusión masiva, con un mínimo de:

- a. Tres (3) días naturales de anticipación, cuando el tiempo de interrupción total no supere las tres horas.
- b. Tres (3) días hábiles de anticipación, cuando el tiempo de interrupción total sea superior a tres horas.

El aviso o prevención de la suspensión del servicio se realizará por lo menos con el plazo indicado anteriormente, en el medio de información o comunicación que la empresa considere más idóneo, considerando la cantidad de usuarios afectados y las condiciones específicas de los afectados de las que tenga conocimiento." (Subrayado no es del original)

Debido a lo anterior, es criterio del equipo auditor que dada la ausencia de normativa sobre la notificación de los cierres de vías, se deberían establecer procedimientos para que éstos sean comunicados con suficiente antelación a la población con el fin de que puedan tomar las provisiones correspondientes.

B. SOBRE LAS PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS

Observación 2. Se evidenció un manejo inadecuado de los apilamientos de materiales para fabricación de la mezcla de concreto colocada en sitio.

En la gira realizada el 10 de febrero de 2017, durante las actividades de demolición de losa existente y de colocación de losetas, se evidencia un incorrecto apilamiento de los agregados utilizados para la fabricación del concreto, ya que estos no se encuentran debidamente separados entre sí, lo que puede provocar una contaminación cruzada entre

Informe LM-PI-AT-005-17	agosto , 2017	Página 18 de 40
-------------------------	---------------	-----------------



estos, así como del mismo suelo donde se acopian como se puede apreciar en la fotografía 2.



Fotografía 2. Apilamiento incorrecto de agregados. Fecha: 10/02/17. Fuente: Unidad de Auditoría Técnica.

Esta situación fue reportada mediante oficio LM-AT-030-17 del 22 de febrero de 2017 a la ingeniería de proyecto. En gira del 24 de febrero del 2017, se observaron incluso la presencia de terrones en los apilamientos de los agregados. (ver fotografía 3)



Fotografía 3. Presencia de terrones en los apilamientos de los agregados. Fecha: 24/02/17.
Fuente: Unidad de Auditoría Técnica.

Según el Manual para Supervisar Obras de Concreto ACI 311-07 del Instituto Americano del Concreto (ACI) se indica que:

"A fin de lograr la producción uniforme del concreto, es importante mantener la granulometría y el contenido de humedad de los agregados tan consistente como sea posible y protegerlos contra la contaminación". (ACI, 2007)

Adicionalmente, indica entre otras cosas que *" si los agregados son almacenados en pilas sobre el suelo, deben tomarse las siguientes medidas para evitar la contaminación y la segregación:*

- *Permita un amplio espacio entre las pilas y use barreras para separa las pilas adyacentes*
- *No mezcle y almacene agregado de diferentes fuentes en la misma pila*
- *Reduzca la segregación que produce el viento en el agregado fino que éste seco, humedeciéndolo. " (ACI, 2007)*

Mediante oficio POE-07-2017-0514 del 26 de abril del 2017, se informa que la ingeniería de proyecto le indicó a la empresa contratista que debía atender este tema, separando bien el

Informe LM-PI-AT-005-17	agosto , 2017	Página 20 de 40
-------------------------	---------------	-----------------



agregado y colocar un piso para minimizar el riesgo de contaminación, acciones que fueron acatadas por la empresa constructora inmediatamente.

Es criterio del equipo auditor que el manejo de los agregados para el concreto colado en sitio no era el adecuado; más considerando las características especiales especificadas que requiere el concreto de la losa que se estaba colocando en obra.

Hallazgo 1. Se evidenció incumplimientos en los recubrimientos en las placas de los torones que se colocaban en las losetas prefabricadas.

Durante una gira efectuada el 10 de febrero de 2017 se detectó que en diversas placas del anclaje de post-tensión, se tenían deficiencias respecto al recubrimiento de éstas, las cuales se aprecian en la fotografía 4.



Fotografía 4. Recubrimiento deficiente de los elementos de acero. Fecha: 10/02/17. Fuente: Unidad de Auditoría Técnica.

Según los planos constructivos, el recubrimiento mínimo es de 5 cm para la parte superior de la losa y 3 cm en la parte inferior. Lo cual como se observa en la imagen, incumple con lo indicado en los planos. Inclusive considerando lo que indica ACI 117-01 "Especificaciones y tolerancias para materiales y construcciones de concreto" para elementos de 30cm o menos, se permite una tolerancia de 1 cm o menos para recubrimientos de concreto medido perpendicularmente a la superficie, el incumplimiento se mantiene.

Esta situación fue reportada mediante oficio LM-AT-030-17 del 22 de febrero de 2017 a la ingeniería de proyecto. Por medio del oficio POE-07-2017-0514 del 26 de abril del 2017 se menciona que esta situación se está solventando mediante la colocación de un recrecido de

Informe LM-PI-AT-005-17	agosto , 2017	Página 21 de 40
-------------------------	---------------	-----------------



concreto en el sentido 2-1. Para el sentido 1-2 indica que "puede que no se elimine ya que esto tiene que ver directamente con el ducto de post-tensión que traen las losetas desde la planta de PC (Productos de Concreto, empresa encargada de la fabricación de las losetas). Además se menciona que la placa metálica no quedará a la intemperie ya que estará cubierta por un riego de imprimación y una capa de mezcla asfáltica de 7 centímetros de espesor.

Es criterio de esta Auditoría Técnica, que se debe cumplir el recubrimiento especificado con sus respectivas tolerancias, esto con el fin de asegurar una adecuada protección del acero para poder asegurar la durabilidad de la obra, más aún considerando que la pieza en cuestión forma parte del sistema de post-tensión de la loseta.

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

Hallazgo 2. El concreto con resistencia de 550 kg/cm² a los 28 días correspondiente a la losa del puente cumple con las especificaciones de resistencia, sin embargo no cumple con las especificaciones de temperatura de colocación y revenimiento, establecidas en el Manual de especificaciones para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010 y el diseño de mezcla FP-37-PRPL01.

El equipo de Auditoría Técnica, realizó un análisis estadístico de los datos de las muestras ensayadas por los laboratorios del LanammeUCR y del MOPT.

➤ **LanammeUCR:**

Con los resultados de los ensayos realizados con el 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.

Dichos resultados para el concreto se presentan a continuación en la Tabla 3, que contiene los resultados del LanammeUCR.

Informe LM-PI-AT-005-17	agosto , 2017	Página 22 de 40
-------------------------	---------------	-----------------



Tabla 3. Resultados de las muestras ensayadas por el LanammeUCR de resistencia a la compresión del concreto a 28 días.

No. Informe	Muestra No.	Fecha de moldeo	Elemento	Temperatura de la mezcla (°C)	Contenido de Aire (%)	Revenimiento (mm)	Resistencia a los 28 días (kg/cm ²)
I-0134-17	0228-17	07/02/2017	Losa de Concreto	33,3	1,9	200	784
	0229-17	07/02/2017	Losa de Concreto	33,0	1,7	240	835
I-0068-17	0127-17	18/01/2017	Fundación pila 2	33,7	1,8	203	731
	0128-17	18/01/2017	Fundación pila 3	33,6	1,7	202	787
I-0087-17	0137-17	24/01/2017	Losa de Concreto	35,7	1,6	240	779
	0138-17	24/01/2017	Losa de Concreto	34,0	1,7	245	782
I-0171-17	0296-17	15/02/2017	Juntas de losas	33,5	1,9	210	809
I-0418-17	0354-17	28/02/2017	Junta de expansión	27,3	3,3	140	656
I-0433-14	0661-17	19/04/2017	Cajas de Conexión	25,0	3,7	195	642
I-0482-17	0703-17	28/04/2017	Juntas Tramo N°2	24,6	2,0	230	628

El equipo de la Unidad de Auditoría Técnica, 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 (NI) para los parámetros en estudio, el cual se desglosa a continuación.

Tabla 4. Análisis estadístico de los resultados de las muestras de concreto ensayadas por el LanammeUCR.

Análisis Estadístico		Temperatura	Cont. de aire	Revenimiento	Resistencia 28 días
Elementos estructurales	n	10	10	10	10
	GL	9	9	9	9
	LSE	30	6	250	-
	LIE	10	-	200	550
	Promedio (x)	31,4	2,1	210,5	743,3
	Desviación estándar (S)	4,1	0,7	31,2	74,8
	ICS	-0,34	5,2	1,3	-
	ICI	5,2	-	0,3	2,6
	PIS	62,76%	0,03%	11,86%	-
	PII	0,026%	-	37,21%	1,48%
	NI	62,78%	0,03%	49,07%	1,48%
	NC	37,22%	99,97%	50,93%	98,52%
	Factor de calidad	§	100,00%	§	100,00%

(§) supera el porcentaje máximo aceptable para recibir el producto

Informe LM-PI-AT-005-17	agosto , 2017	Página 23 de 40
-------------------------	---------------	-----------------



Tabla 5. Resultados del análisis estadístico del porcentaje fuera de los rangos estimados para las muestras ensayadas por el LanammeUCR de concreto.

Descripción	Especificación	Número de muestras (n)	Porcentaje estimado de datos fuera de los límites de especificación (%)	Máximo porcentaje fuera de los límites de especificación permitido (%)
Temperatura de colocación en elementos de concreto	20 ± 10°C	10	62,78 (§)	44,747
Revenimiento del concreto fresco	200 - 250 mm	10	49,07 (§)	44,747
Resistencia a la compresión	Mínimo de 550 kg/cm ²	10	1,48	44,747

(§) supera el porcentaje máximo aceptable para recibir el producto

Se puede observar en la Tabla 5, que con los resultados analizados por el LanammeUCR, para el parámetro de resistencia a la compresión de la mezcla de concreto, dichos resultados se encuentran dentro de los lineamientos de las especificaciones establecidas en el CR-2010, esto en razón de que el porcentaje de trabajo fuera de los rangos establecidos es menor al 44,747% (porcentaje establecido como aceptable en la sección 107 Aceptación del Trabajo, específicamente en la Tabla 107-2, para un número de 10 muestras). Entonces para 1,48% de nivel de incumplimiento que presentan los resultados, se tiene que el Factor de Calidad para establecer el pago en función de la calidad es de 100%.

En la Tabla 5 se puede observar también con los resultados analizados, que los parámetros de la temperatura y el revenimiento de la mezcla de concreto se encuentran fuera de los lineamientos de las especificaciones establecidas en el CR-2010, esto en razón de que el porcentaje de trabajo fuera de los rangos establecidos es mayor a 44,747% (porcentaje establecido igualmente en la sección 107 Aceptación del Trabajo, Tabla 107-2, como aceptable para un número de 10 muestras). Entonces para un 62,78% de nivel de incumplimiento en la temperatura y un 49,07% de nivel de incumplimiento en el revenimiento, se tiene que se debe rechazar en ambos parámetros pues el Factor de Calidad entra en un rango de no aceptación al superar dichos niveles de incumplimiento, el máximo porcentaje permitido para 10 muestras.

En el siguiente gráfico se pueden observar los valores de resistencia a la compresión de cilindros fallados a 28 días y a 24 horas, obtenidos por el LanammeUCR. Tal y como se aprecia en el Gráfico 1, todos los valores promedio se encuentran por encima del valor mínimo especificado.

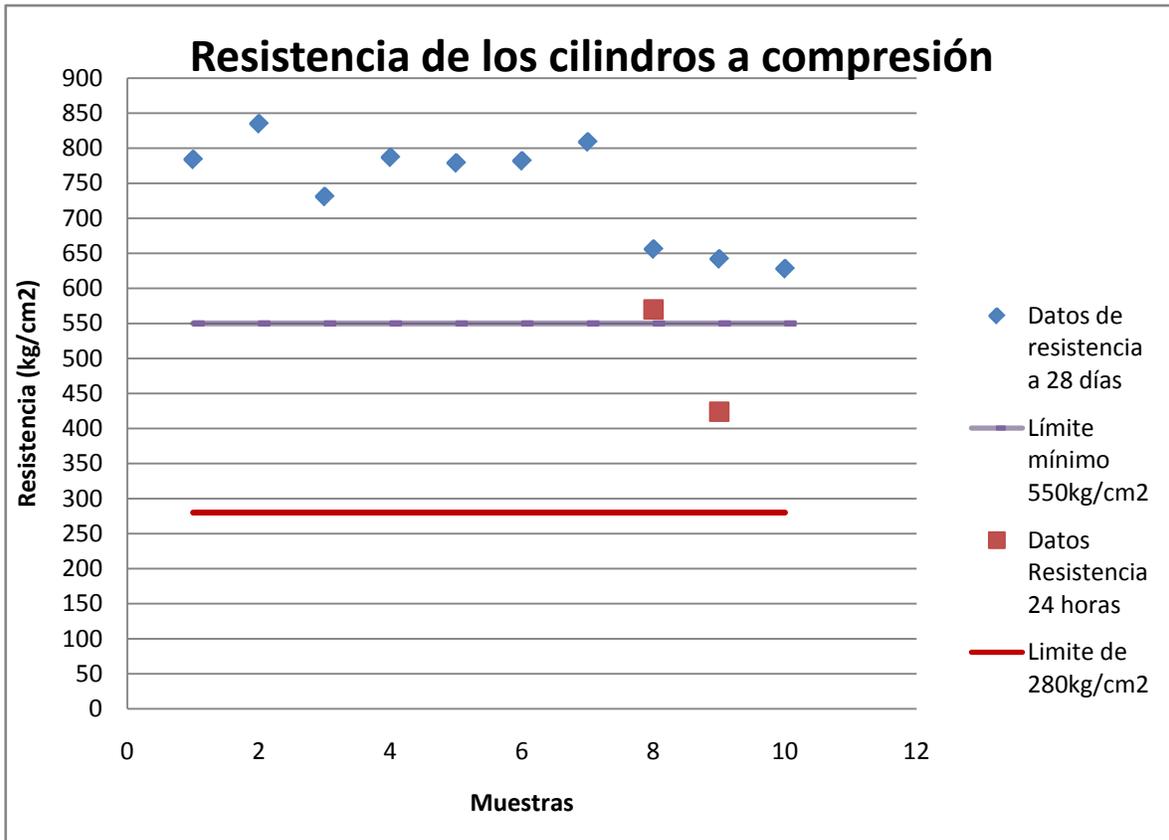


Gráfico 1. Valores de resistencia a la compresión para las muestras de concreto ensayadas por el LanammeUCR

Por otra parte, en el Gráfico 2, se puede observar que los valores de temperatura de colocación del concreto obtenidos por el LanammeUCR, se encuentran en su mayoría fuera del rango permitido, aunque existen tres datos que se encuentran dentro de dicho rango. Se nota que al momento de la colocación, el concreto presenta temperaturas más altas que 30 °C, lo que puede afectar en su función durante su vida útil de manera negativa, además de que puede presentar grietas por contracción. Se observa sin embargo una tendencia a que las últimas muestras tomadas por el LanammeUCR se encuentren dentro de los parámetros exigidos para la mezcla de concreto.



Temperatura del concreto al colar

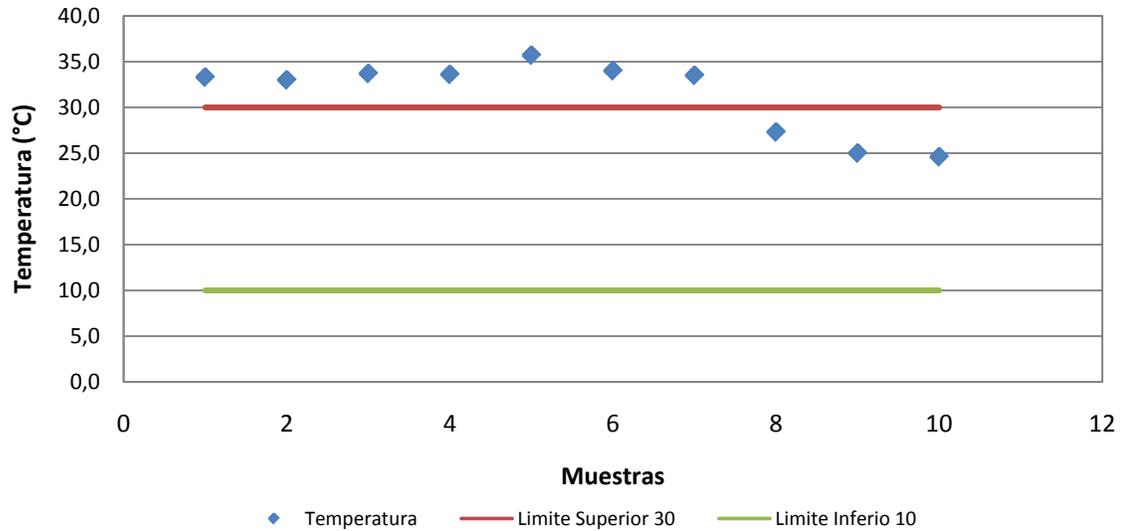


Gráfico 2. Valores de temperatura de colocación para las muestras de concreto ensayadas por el LanammeUCR

Asimismo, en el Gráfico 3 se pueden observar los valores de revenimiento del concreto fresco obtenidos por el LanammeUCR, los cuales en su mayoría se encuentran dentro del rango permitido, aunque por cálculos estadísticos se rechaza el lote de muestras debido a la variabilidad de la poca cantidad de muestras, pues se puede ver también en este gráfico que dos de las 10 muestras, no se encuentran en el rango especificado, además de que varias muestras se encuentran muy cerca de los límites de aceptación.



Revenimiento del concreto fresco

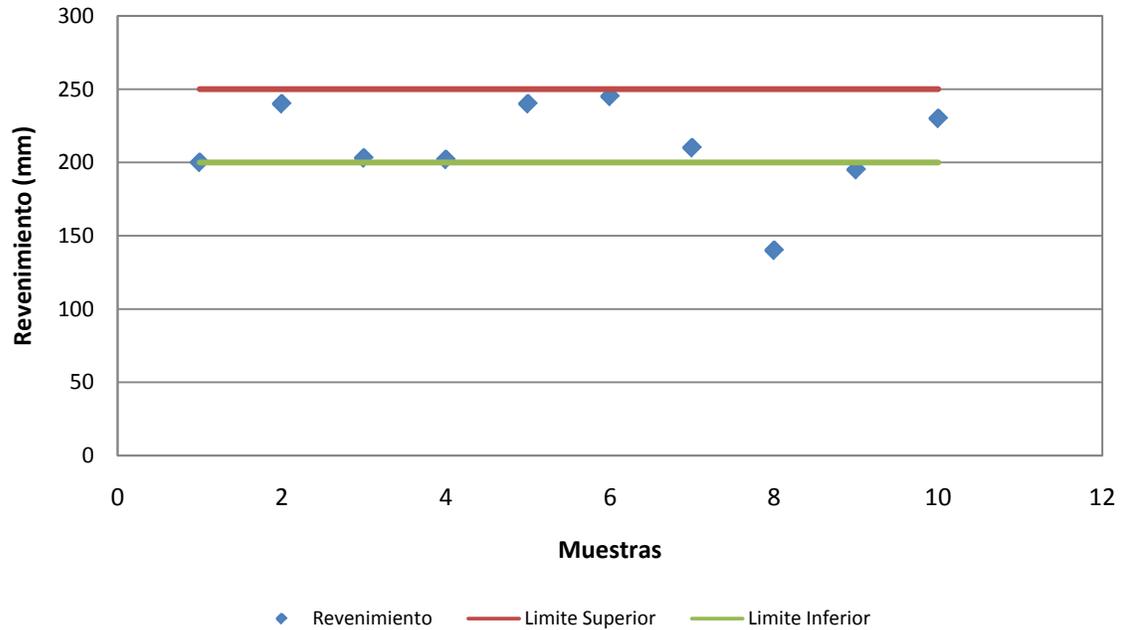


Gráfico 3. Valores de revenimiento del concreto fresco para las muestras de concreto ensayadas por el LanammeUCR

➤ **MOPT:**

Con los resultados de los ensayos realizados con el concreto muestreado en el proyecto por el laboratorio de materiales del Ministerio de Obras Públicas y Transporte, el cual funge como organismo de verificación, se procedió a evaluar su cumplimiento según los planos constructivos aprobados y las especificaciones del proyecto. Dichos resultados para el concreto se presentan a continuación en la Tabla 6.



Tabla 6. Resultados de las muestras ensayadas por el MOPT de resistencia a la compresión del concreto a 28 días.

No. Informe	Muestra No.	Fecha de moldeo	Elemento	Temperatura de la mezcla (°C)	Revenimiento (mm)	Resistencia a los 28 días (kg/cm ²)
CC-E-17-001	IM-PAC-16-075	30/11/2016	Losetas	34,0	225	686
CC-E-17-002	IM-PAC-16-076	01/12/2016	Losetas	34,0	190	745
CC-E-17-003	IM-PAC-16-077	02/12/2016	Losetas	32,5	255	745
CC-E-17-004	IM-PAC-16-078	03/12/2016	Losetas	32,0	245	730
CC-E-17-005	IM-PAC-16-079	05/12/2016	Losetas	33,0	130	705
CC-E-17-006	IM-PAC-16-080	06/12/2016	Losetas	30,5	230	718
CC-E-17-007	IM-PAC-16-081	07/12/2016	Losetas	30,5	250	770
CC-E-17-008	IM-PAC-16-082	08/12/2016	Losetas	32,0	255	692
CC-E-17-009	IM-PAC-16-083	10/12/2016	Losetas	32,0	190	696
CC-E-17-010	IM-PAC-16-084	12/12/2016	Losetas	32,0	245	793
CC-E-17-011	IM-PAC-16-085	13/12/2016	Losetas	31,0	230	702
CC-E-17-012	IM-PAC-16-086	14/12/2016	Losetas	32,0	240	770
CC-E-17-013	IM-PAC-16-087	15/12/2016	Losetas	28,6	200	686
CC-E-17-014	IM-PAC-16-088	16/12/2016	Losetas	30,0	240	621
CC-E-17-015	IM-PAC-16-089	17/12/2016	Losetas	29,0	240	768
CC-E-17-016	IM-PAC-16-091	19/12/2016	Losetas	32,0	250	783
CC-E-17-017	IM-PAC-16-092	21/12/2016	Losetas	32,0	225	567
CC-E-17-018	IM-PAC-16-093	22/12/2016	Losetas	34,0	250	718
CC-E-17-019	IM-PAC-17-001	02/01/2017	Losetas	33,0	230	628
CC-E-17-020	IM-PAC-17-002	03/02/2017	Losetas	31,0	230	731
CC-E-17-021	IM-PAC-17-003	04/01/2017	Losetas	33,0	240	702
CC-E-17-022	IM-PAC-17-004	05/01/2017	Losetas	29,0	250	737
CC-E-17-023	IM-PAC-17-005	06/01/2017	Losetas	30,0	250	687
CC-E-17-024	IM-PAC-17-007	10/01/2017	Losetas	29,0	240	621
CC-E-17-025	IM-PAC-17-008	11/01/2017	Losetas	32,0	240	625
CC-E-17-026	IM-PAC-17-009	12/01/2017	Losetas	32,0	225	587

Informe LM-PI-AT-005-17	agosto , 2017	Página 28 de 40
-------------------------	---------------	-----------------



No. Informe	Muestra No.	Fecha de moldeo	Elemento	Temperatura de la mezcla (°C)	Revenimiento (mm)	Resistencia a los 28 días (kg/cm ²)
CC-E-17-027	IM-PAC-17-010	13/01/2017	Losetas	33,0	230	757
CC-E-17-028	IM-PAC-17-034	15/02/2017	Junta Transversal	33,0	175	-
CC-E-17-029	IM-PAC-17-014	18/01/2017	Losetas	33,5	230	634
CC-E-17-030	IM-PAC-17-015	19/01/2017	Losetas	33,5	215	643
CC-E-17-031	IM-PAC-17-016	20/01/2017	Losetas	32,0	250	723
CC-E-17-032	IM-PAC-17-017	25/01/2017	Losetas	35,0	220	695
CC-E-17-033	IM-PAC-17-018	26/01/2017	Losetas	31,5	250	628
CC-E-17-034	IM-PAC-17-019	23/01/2017	Losetas	31,5	220	559
CC-E-17-035	IM-PAC-17-020	24/01/2017	Losetas	34,0	240	578
CC-E-17-036	IM-PAC-17-021	27/01/2017	Losetas	32,0	245	765
CC-E-17-038	IM-PAC-17-034	15/02/2017	Junta Transversal	33,0	175	-
CC-E-17-041	IM-PAC-17-043	24/02/2017	Junta Longitudinal Tramo 1	30,5	175	-
CC-E-17-042	IM-PAC-17-022	30/01/2017	Losetas	33,0	290	657
CC-E-17-044	IM-PAC-17-043	24/02/2017	Junta Longitudinal Tramo 1	30,5	175	-
CC-E-17-044M	IM-PAC-17-043	24/02/2017	Junta Longitudinal Tramo 1	30,5	175	-
CC-E-17-045	IM-PAC-17-023	31/01/2017	Losetas	32,0	250	816
CC-E-17-047	IM-PAC-17-024	01/02/2017	Losetas	31,0	275	855
CC-E-17-049	IM-PAC-17-034	15/02/2017	Junta Transversal	33,0	175	-
CC-E-17-050	IM-PAC-17-025	20/02/2017	Losetas	31,0	250	874
CC-E-17-053	IM-PAC-17-029	03/02/2017	Losetas	31,0	230	855
CC-E-17-056	IM-PAC-17-030	06/02/2017	Losetas	32,5	220	815
CC-E-17-060	IM-PAC-17-031	07/02/2017	Losetas	33,1	200	834
CC-E-17-061	IM-PAC-17-048	06/03/2017	Cajas de cortante	24,0	220	-
CC-E-17-062	IM-PAC-17-032	08/02/2017	Losetas	31,0	250	785
CC-E-17-063	IM-PAC-17-048	06/03/2017	Cajas de cortante	24,0	220	-
CC-E-17-065	IM-PAC-17-048	06/03/2017	Cajas de cortante	24,0	220	-
CC-E-17-068	IM-PAC-17-050	09/03/2017	Juntas de Expansión	28,0	200	-
CC-E-17-069	IM-PAC-17-050	09/03/2017	Juntas de Expansión	28,0	200	-



No. Informe	Muestra No.	Fecha de moldeo	Elemento	Temperatura de la mezcla (°C)	Revenimiento (mm)	Resistencia a los 28 días (kg/cm ²)
CC-E-17-075	IM-PAC-17-034	15/02/2017	Junta Transversal	33,0	175	766
CC-E-17-080	IM-PAC-17-048	06/03/2017	Cajas de cortante	24,0	220	-
CC-E-17-084	IM-PAC-17-043	24/02/2017	Junta Longitudinal Tramo 1	30,5	175	755
CC-E-17-088	IM-PAC-17-048	06/03/2017	Cajas de cortante	24,0	220	821
CC-E-17-089	IM-PAC-17-051	31/03/2017	Junta Transversal Tramo 4	30,0	235	-
CC-E-17-091	IM-PAC-17-051	31/03/2017	Junta Transversal Tramo 4	30,0	235	-
CC-E-17-093	IM-PAC-17-052	05/04/2017	Cajas de cortante Tramo 2	26,0	200	-
CC-E-17-094	IM-PAC-17-051	31/03/2017	Junta Transversal Tramo 4	30,0	235	-
CC-E-17-095	IM-PAC-17-052	05/04/2017	Cajas de cortante Tramo 2	26,0	200	-

Nota: El símbolo "-" indica que el informe no incluía este resultado

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

Tabla 7. Análisis estadístico de los resultados de las muestras de concreto ensayadas por el MOPT.

Análisis Estadístico		Temperatura	Revenimiento	Resistencia 28 días
Elementos estructurales	n	63	63	46
	GL	62	62	45
	LSE	30	250	-
	LIE	10	200	550
	Promedio (x)	30,8	223,3	718,0
	Desviación estándar (S)	2,7	29,3	79,9
	ICS	-0,31	0,9	-
	ICI	7,7	0,8	2,1
	PIS	62,04%	18,27%	-
	PII	0,000%	21,55%	2,05%
	NI	62,04%	39,82%	2,05%
	NC	37,96%	60,18%	97,95%
	Factor de calidad	(§)	(§)	100,0%

(§) supera el porcentaje máximo aceptable para recibir el producto

Informe LM-PI-AT-005-17	agosto , 2017	Página 30 de 40
-------------------------	---------------	-----------------



Tabla 8. Resultados del análisis estadístico del porcentaje fuera de los rangos estimados para las muestras ensayadas por el MOPT de concreto.

Descripción	Especificación	Número de muestras (n)	Porcentaje estimado de datos fuera de los límites de especificación (%)	Máximo porcentaje fuera de los límites de especificación permitido (%)
Temperatura de colocación en elementos de concreto	20 ± 10°C	63	62,04%(\$)	30,798%
Revenimiento del concreto fresco	200 - 250 mm	63	39,82%(\$)	30,798%
Resistencia a la compresión	Mínimo de 550 kg/cm ²	46	2,05%	33,182%

(\$) supera el porcentaje máximo aceptable para recibir el producto

Se puede observar en la Tabla 8, que los resultados analizados por el MOPT, para los mismos parámetros anteriormente tratados en el análisis de los datos muestreados por el LanammeUCR, presentan las mismas conclusiones deducidas de la Tabla 3. La resistencia a la compresión 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 para el parámetro de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto es menor a 33,182% (porcentaje establecido como aceptable en la sección 107 Aceptación del Trabajo, específicamente en la Tabla 107-2, para un número de 46 muestras). Entonces, para un 2,05% de nivel de incumplimiento que presentan los resultados, se tiene que el Factor de Calidad para establecer el pago en función de la calidad, es de 100%.

En la Tabla 8, también se puede observar con los resultados analizados, que los parámetros de la temperatura y el revenimiento de la mezcla de concreto se encuentran fuera de los lineamientos de las especificaciones establecidas en el CR-2010, esto en razón de que el porcentaje de trabajo fuera de los rangos establecidos es mayor a 30,798% (porcentaje establecido igualmente en la sección 107 Aceptación del Trabajo, Tabla 107-2, como aceptable para un número de 63 muestras). Entonces para un 62,04% de nivel de incumplimiento en la temperatura y un 39,82% de nivel de incumplimiento en el revenimiento, se tiene que se debe rechazar en ambos parámetros pues el Factor de Calidad entra en un rango de no aceptación al superar el máximo porcentaje permitido para 63 muestras.

En el siguiente gráfico se pueden observar los valores de resistencia a la compresión de cilindros fallados a 28 días y a 1 día, obtenidos por el laboratorio del MOPT. Se puede apreciar en el Gráfico 4, que todos los valores se mantienen por encima del valor mínimo de 550 kg/cm² para los cilindros fallados a 28 días, aunque para los cilindros fallados a 1 día (también mostrados en este gráfico) se tiene que un valor de dicha resistencia se encuentra por debajo del límite especificado.

Informe LM-PI-AT-005-17	agosto , 2017	Página 31 de 40
-------------------------	---------------	-----------------

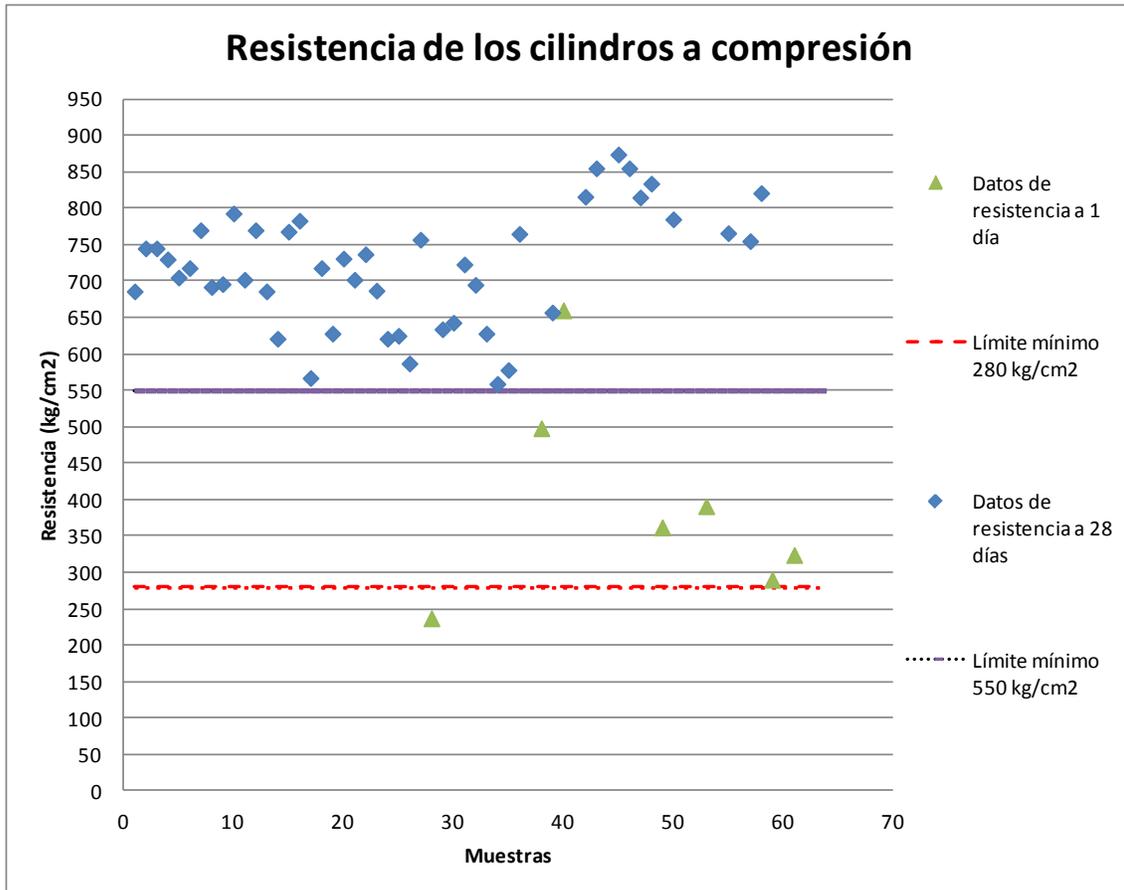


Gráfico 4. Valores de resistencia a la compresión para las muestras de concreto ensayadas por el MOPT

En el siguiente gráfico se pueden observar los valores de temperatura de colocación del concreto obtenidos por el MOPT. La mayoría de estos valores, se encuentran fuera del rango de aceptación, ya que están por encima del nivel máximo aceptable. A pesar a esto, siempre existen muestras que se encuentran con una temperatura dentro del rango al momento de la colocación, pero esta cantidad de muestras no es lo suficientemente significativa para poder aceptar el lote de muestras. Al igual que para las muestras del LanammeUCR las muestras del MOPT presentan una tendencia a que las últimas muestras tomadas por se encuentren dentro de los parámetros exigidos para la mezcla de concreto.

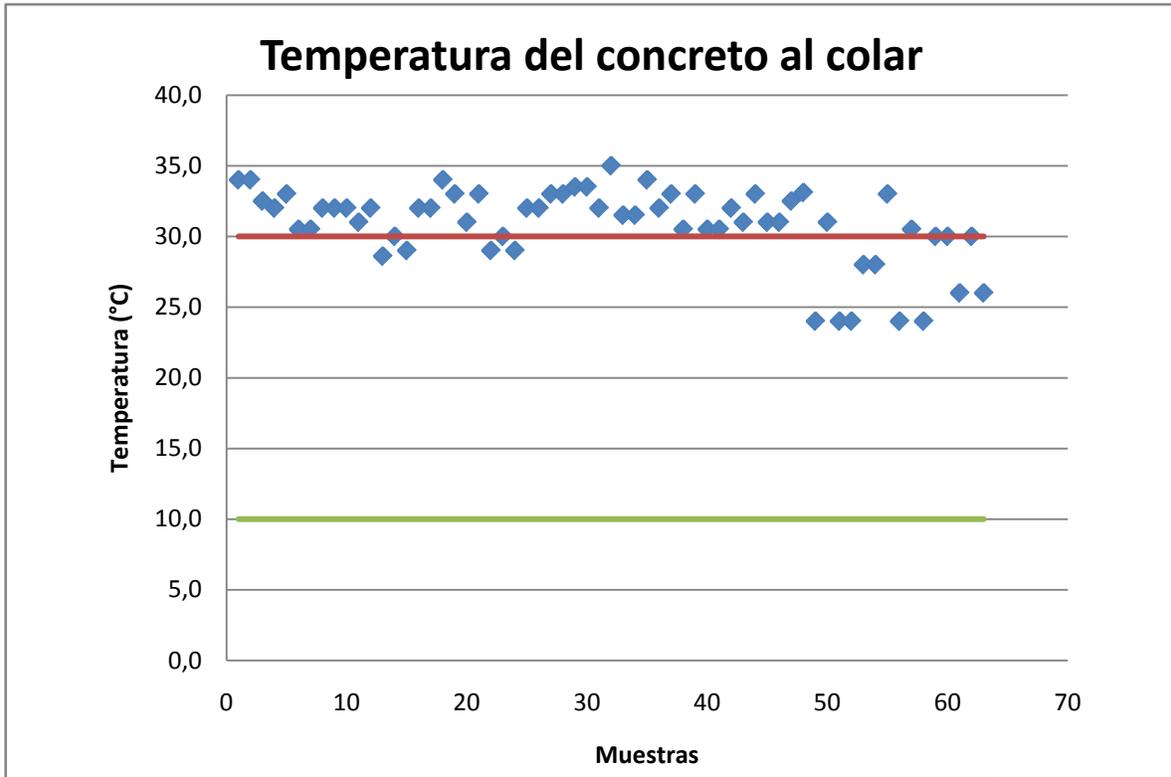


Gráfico 5. Valores de temperatura de colocación para las muestras de concreto ensayadas por el MOPT

Asimismo, en el Gráfico 6 se puede observar que la mayoría de los valores de revenimiento obtenidos por el laboratorio del MOPT, cumplen con la especificación que establece el rango de aceptación, pero aun así se tiene que se rechaza el lote de muestras debido a la variabilidad que presentan los resultados obtenidos, donde existen varios fuera del rango establecido o muy cercanos a los límites de aceptación, similar a como se presentó anteriormente con los datos del LanammeUCR.



Tabla 9. Identificación de varillas muestreadas en planta de Productos de Concreto

No. muestra	Varilla	Características
0129-17	Tres varillas No. 3	H3 W 60 TR, procedentes de aros
0130-17	Tres varillas No. 4	H4 W 60 TR, procedentes de aros
0131-17	Tres varillas No. 5	H5 W 60 TR, procedentes de aros
0132-17	Tres varillas No. 5	H5 W 60 TR, refuerzo longitudinal

Fuente: Unidad de Auditoría Técnica

A continuación se presentan los valores de la masa obtenida para cada varilla y su límite inferior respectivo a la masa nominal con la que debe contar cada varilla según la norma ASTM A-706 y la selección de número de cada varilla. Estos resultados se presentan en la Tabla 10.

Tabla 10. Resultados de masa de las varillas ensayadas por el LanammeUCR.

Muestra	Espécimen n	Varilla N°	Peso nominal (kg/m)	Masa obtenida (kg/m)	Límite inferior de masa nominal
0129-17	1	3	0,560	0,55	0,53
	2	3	0,560	0,55	0,53
	3	3	0,560	0,55	0,53
0130-17	4	4	0,994	0,95	0,93
	5	4	0,994	0,96	0,93
	6	4	0,994	0,95	0,93
0131-17	7	5	1,552	1,48	1,46
	8	5	1,552	1,49	1,46
	9	5	1,552	1,50	1,46
0132-17	10	5	1,552	1,55	1,46
	11	5	1,552	1,55	1,46
	12	5	1,552	1,54	1,46

Con los resultados de dichos ensayos realizados a las varillas de acero muestreadas en el proyecto por el LanammeUCR, durante el periodo de auditoría técnica, se procedió a evaluar el cumplimiento según las especificaciones de la norma ASTM A-706 y la selección de número y grado de cada varilla.

Dichos resultados para cada varilla ensayada, se presentan a continuación en la Tabla 11, que contiene los valores obtenidos por el LanammeUCR.

Informe LM-PI-AT-005-17	agosto , 2017	Página 35 de 40
-------------------------	---------------	-----------------



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

Informe	Muestra	Fecha Recepción	Fecha del muestreo	Varilla N°	Resistencia a la tensión			Espaciamiento	Altura de corrugación	Ancho cordón corrugación	Ángulo (rad)
					Esfuerzo fluencia	Esfuerzo Máximo	Elongación (%)				
					Mínimo 420 Mpa	Mínimo 550 Mpa					
I-0107-17	0129-17	20/01/2017	18/01/2017	3	485	658	-	6,15	0,36	1,14	1,19
				3	490	646	-	6,15	0,48	1,21	1,19
				3	457	655	-	6,15	0,45	1,33	1,19
	0130-17			4	457	577	19,5	8,13	0,59	1,57	1,13
				4	457	613	-	8,14	0,66	1,46	1,17
				4	447	575	-	8,17	0,7	1,56	1,12
	0131-17			5	447	608	18,2	10,2	0,75	1,46	1,12
				5	460	624	16	10,2	0,76	1,5	1,12
				5	457	617	-	10,3	0,82	1,52	1,12
				5	501	680	-	9,87	0,68	2,23	1,08
				5	496	676	-	9,89	0,69	2,21	1,08
				5	465	683	13,2	9,82	0,7	2,08	1,08

De las muestras anteriores, se evidenciaron incumplimientos en la altura de las corrugaciones en las muestras 129-17 y 132-17 y el porcentaje de elongación de la muestra 0132-17, según se muestra en la Tabla 11, con las celdas rojas. Las corrugaciones en las varillas son de gran importancia, pues cumplen varias funciones en el sistema de concreto reforzado, por ejemplo, en el caso de las varillas que se utilizan como refuerzo longitudinal,



las corrugaciones mejoran la adherencia del acero al concreto, lo cual es muy importante, para que el acero se comporte de una forma adecuada y cumpla con las capacidades propias del material, alcanzando el valor de fluencia del mismo y garantizando el comportamiento óptimo de la estructura, cuando esta se somete a cargas axiales de tensión directamente o a las cargas de flexión que inducen tensión en un sección del elemento. La otra función importante es que el concreto reforzado con acero corrugado, desarrolla grietas más pequeñas y redistribuidas a lo largo de la luz del elemento precisamente en la zona que se encuentra reforzada, por lo que las deflexiones generadas son de menor magnitud. Es así como las corrugaciones permiten una mejor distribución de esfuerzos en el elemento, esto combinado con las funciones antes mencionadas, hace que la falla del elemento no se presente de manera abrupta.

Se debe tomar en cuenta que el código ACI 318: *“Requisitos de reglamento para concreto Estructural”* indica en el apartado 20.2.1.1: “Las barras y alambres no preesforzados deben ser corrugados, excepto las barras lisas o alambres que se permiten para ser utilizados en espirales” y se debe recordar que el ACI 318, es el documento al que hace referencia el Código Sísmico de Costa Rica para regular el concreto reforzado en Costa Rica. Asimismo, el código ACI 318 hace referencia a las normas ASTM de especificación del acero (ASTM A706).

Por otra parte, las características mecánicas ensayadas (resistencia a la tensión) cumplen satisfactoriamente con las especificación de la norma *Reglamento Técnico RTRC 452:2011 Barras y Alambres de Acero de refuerzo para concreto*". Cabe recordar que el Reglamento RCTR 452:2011, hace referencia a la norma INTE 06-09-02, la cual es una homologación de la norma ASTM A706, donde se indican las especificaciones técnicas de las barras utilizadas como refuerzo para el concreto reforzado.

Además de lo anteriormente observado, se nota que ninguna varilla presenta fisuras visibles, lo que indica que están en un estado físico aceptable; sin embargo, esto no garantiza que presenten una calidad aceptable.

Es criterio del equipo auditor, que el acero de refuerzo es sumamente importante para poder garantizar el correcto funcionamiento de la estructura y además salvaguardar la vida humana, por lo que se entiende que se debe cumplir a cabalidad los requerimientos mínimos que establece el marco regulatorio indicado anteriormente, para poder realizar infraestructura tanto duradera y funcional como segura.

11. CONCLUSIONES

11.1 Se evidenciaron oportunidades de mejora en el proceso de notificación de los cierres del puente a la población basado en normativa de suspensiones programadas de servicios públicos.

Informe LM-PI-AT-005-17	agosto , 2017	Página 37 de 40
-------------------------	---------------	-----------------



- 11.2** Se evidenció un manejo inadecuado de los apilamientos de los agregados para realizar el concreto en sitio para la losa del puente lo cual puede ocasionar contaminación de los agregados y por ende de la mezcla de concreto.
- 11.3** Las placas que formaban parte del sistema de post-tensión, no tenían el recubrimiento mínimo especificado en planos aun considerando las tolerancias permitidas por el ACI 117-01, por lo que existe una exposición mayor a la estimada en el diseño de la loseta, la cual puede afectar la durabilidad de la obra.
- 11.4** A pesar de contar con resultados de resistencia a la compresión del concreto satisfactorios para el concreto de la losa del puente, se evidenció estadísticamente que el concreto muestreado por el LanammeUCR y el laboratorio del MOPT, presentaba una alta variabilidad en los parámetros de revenimiento y temperatura de colocación, lo cual genera un porcentaje de incumplimiento mayor al permitido, esto según los lineamientos de pago en función de la calidad que establece la sección 107 del CR-2010.
- 11.5** El acero de refuerzo ensayado por el LanammeUCR cumplió con los parámetros mecánicos que se solicitan en las normas ASTM 706 y Reglamento Técnico RTCR 452:2011 Barras y Alambres de Acero de refuerzo para concreto. Sin embargo, dos de las cuatro muestras presentaban incumplimientos en las alturas de corrugación, lo cual puede afectar la adherencia entre el acero y el concreto.

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 Unidad Ejecutora

- 12.1** Se sugiere a la Unidad Ejecutora exigir a las empresas contratistas, velar por el buen manejo de los agregados durante todo el proyecto y en proyectos futuros de manera que se evite la contaminación de los mismos en aras de asegurar las adecuadas características de la mezcla de concreto.
- 12.2** Se recomienda a la Unidad Ejecutora, velar porque se realice una inspección detallada de los elementos estructurales con el fin de asegurar que los recubrimientos mínimos se cumplan según lo que indican los planos y el ACI-117-01.

Informe LM-PI-AT-005-17	agosto , 2017	Página 38 de 40
-------------------------	---------------	-----------------



- 12.3 Se recomienda a la Ingeniería de Proyecto, velar para que exista un adecuado control de los parámetros de revenimiento y de temperatura de colocación en el concreto con el fin de cumplir con los valores planteados en el diseño de mezcla FP-37-PRPL01.
- 12.4 Se recomienda realizar ensayos al acero de refuerzo con el fin de monitorear las características tanto mecánicas como físicas aportadas por el certificado de calidad del producto.

A la Dirección Ejecutiva de CONAVI

- 12.5 Con respecto a los cierres en el proyecto, se recomienda que para futuros proyectos se indique en los carteles de licitación con cuánta antelación se debe notificar a la población sobre los cierres programados ya sea parciales o totales.
- 12.6 Incorporar dentro de los planes de control de calidad de futuros proyectos la implementación de ensayos para corroborar la calidad del acero de refuerzo que se coloca en los proyectos.

13. REFERENCIAS

ACI. (2007). *Manual para Supervisar Obras de Concreto ACI 311-07*. Ciudad de México: IMCYC.

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

ACI. (2008). Requisitos para Reglamenteo para Concreto Estructural (ACI 318S-08). Ciudad de México: Imcyc.

ASTM International. (2014). *Deformed and Plain Low-Alloy Steel Bars for Concrete Reinforcement*. Pennsylvania.

ASTM. (2016). *Standard Specification for Structural Steel for Bridges*. West Conshohocken, Pennsylvania, Estados Unidos.

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.

Cervantes-Calvo, V., & Fonseca-Chaves, F. (2014). *LM-PI-AT-62-2014 Evaluación de la calidad de los materiales y procesos constructivos proyecto: Diseño y Construcción de 18 Puentes en la Ruta Nacional No. 1, Carretera Interamericana Norte, Sección: Cañas-Liberia*. 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.

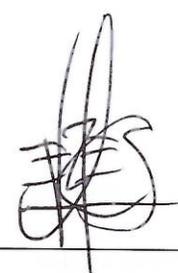
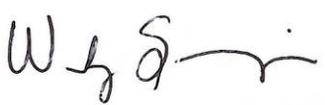
Instituto Americano del Concreto. (2010). *Manual del Técnico Publicación CP-1S*. Farmington Hills, Michigan: ACI.

Informe LM-PI-AT-005-17	agosto , 2017	Página 39 de 40
-------------------------	---------------	-----------------



INTECO. (2011). Reglamento Técnico RTCR 452:2011 Barras y Alambres de Acero de refuerzo para concreto. 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.
 MOPT. (2001). *Tomo de Disposiciones para la Construcción y Conservación Vial*. San José.
 Neville, A. (2010). *Tecnología del Concreto*. Reino Unido: Pearson.

EQUIPO AUDITOR

<p>Preparado por: Ing. Francisco Fonseca Chaves. Auditor Técnico</p> 	<p>Preparado por: Ing. Víctor Cervantes Calvo. Auditor Técnico</p> 	
<p>Aprobado por: Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc. Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica PITRA</p> 	<p>Aprobado por: Ing. Guillermo Loría Salazar, Ph.D. Coordinador General PITRA</p> 	<p>Visto Bueno de Legalidad: Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal Externo LanammeU</p> 