



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR)

Informe Final EIC-Lanamme-INF-0293-2024

Informe de Auditoría Técnica

Auditoría de los Estudios previos, ensayos de calidad y prácticas constructivas del proyecto Rehabilitación del puente río Virilla en la Ruta 32

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

Diciembre 2024



1. Informe final EIC-Lanamme-INF-0293-2024	2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: Auditoría de los Estudios previos, ensayos de calidad y prácticas constructivas del proyecto Rehabilitación del puente río Virilla en la Ruta 32	4. Fecha del Informe Diciembre 2024
5. 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	
6. Notas complementarias N/A	
7. Resumen El Informe de Auditoría Técnica EIC-Lanamme-INF-0293-2024 recopiló hallazgos y observaciones sobre la auditoría externa ejecutada en el proyecto “Rehabilitación del puente río Virilla en la Ruta 32”, específicamente relacionados con la revisión documental, evaluación de los procesos constructivos y la gestión de la calidad de los materiales utilizados para la construcción de puentes como el concreto, el acero y la fibra de carbono, así como las prácticas constructivas utilizadas en el periodo comprendido entre enero 2023 y octubre 2024. Este informe presenta la revisión de las memorias de cálculo relevantes para esta auditoría, en donde se incluyó la revisión del informe de diseño de pavimentos para las aproximaciones del puente y también para su tablero. Se destaca que se omitieron los cálculos del análisis de desempeño estructural para el pavimento propuesto para el proyecto, sin embargo, fueron incluidos posteriormente. Para este mismo rubro se enfatizó que para futuras memorias de cálculo es de importancia la justificación de los parámetros de entrada tales como los coeficientes de drenaje y el coeficiente estructural para la capa de mezcla asfáltica, no obstante, consultando a la Administración estos fueron justificados tal y como se indica en el presente informe. Se incluyeron las revisiones en los cálculos correspondientes a la cantidad de ejes equivalentes a transitar sobre el puente, así como los cálculos correspondientes a los estudios realizados para los espesores de las proximidades de este, en donde se realizaron observaciones acerca de los factores utilizados para el cálculo de tránsito y se hizo la revisión de espesores resultando con diferencias mínimas con lo requerido en el proyecto. Durante la auditoría también se hizo la revisión de los cálculos estructurales donde se subdividió este apartado en tres secciones como lo fueron el procedimiento de evaluación estructural para cargas no sísmicas, evaluación de diseño estructural de las medidas del mejoramiento del puente para cargas no sísmicas y análisis y diseño sismorresistente, para los tres parámetros se detectaron omisiones importantes en la memoria de cálculo e inconsistencias con la norma aplicable al proyecto haciendo énfasis en el factor de importancia operacional que se tomó como un factor de Esencial y no Crítico para tomar en cuenta un periodo de retorno de 1000 años. También durante el proceso constructivo se tomaron datos de control de calidad como lo fueron en varillas de acero, torones y concreto hidráulico realizando los ensayos establecidos en el concreto para su respectiva revisión, contando con la mayoría de los parámetros, cumpliendo dentro de las especificaciones con algunas excepciones en el flujo del concreto hidráulico y en el asentamiento con	



respecto al indicado por el diseñador del material. Adicionalmente, se analizó la fibra de carbono colocada del vano 2 al vano 4 con el ensayo de falla directa a la tracción mediante la norma ASTM D3039, con los resultados obtenidos se logró observar el comportamiento de este material a la resistencia a la tensión, el cual no cumplió con resistencia estipulada en planos y también se revisó su módulo de elasticidad donde este parámetro si cumplió con lo establecido por el diseñador para el proyecto.

Se evidenciaron oportunidades de mejora en la presentación de documentos de diseños de mezcla asfáltica, del cual se indicó que se presentaron datos para los ensayos de desempeño no correspondientes a los del proyecto, por lo cual la Administración aclaró que esto había sido un error en el desarrollo del documento presentado, adicionando posteriormente los resultados correspondientes a la mezcla colocada en el proyecto.

Por último, mediante una visita técnica realizada al plantel de confección de las vigas prefabricadas para la evaluación de procesos constructivos, se revisaron los planos de taller presentados por el contratista y fue posible verificar el control de calidad durante la construcción de estas, además, se denotaron observaciones como la cura deficiente a los elementos ya terminados, así como algunas diferencias entre los confeccionados, los planos de fabricación, y deficiencias en el vibrado del concreto durante la colocación de este. También se informó de torones en condiciones de óxido.



8. Valoración de los resultados

Resultado	Prioridad de atención
Hallazgo No. 1. Se evidenciaron oportunidades de mejora en la determinación de los parámetros de diseño estructural del pavimento de las aproximaciones y sobre el tablero del nuevo puente	
Hallazgo No. 2. Se evidenció que la evaluación estructural para cargas no sísmicas cumple con un 70 %, el diseño estructural de las medidas del mejoramiento cumple en un 62 % y el análisis sismorresistente cumple con en un 79 % de los parámetros establecidos en la norma AASHTO LRFD 2017.	
Hallazgo No. 3. Se evidencio conformidad en los resultados obtenidos por parte del LanammeUCR para las muestras tomadas de acero de refuerzo y torones presentan cumplimiento a los parámetros especificados	
Hallazgo No. 4. Oportunidades de mejora para los resultados de los ensayos en concreto hidráulico fresco tanto en el muestreo de este para los elementos de cimentaciones como en los resultados de asentamiento y temperatura para otros elementos.	
Hallazgo No. 5. Se evidenció que las muestras de fibra de carbono tomadas por el LanammeUCR en el parámetro de resistencia a tracción son inferiores en un 7 % al indicado en los planos.	
Hallazgo No. 6. Se evidencian oportunidades de mejora en los documentos presentados para la aceptación de diseños de mezcla de materiales.	
Hallazgo No. 7. Se evidenciaron oportunidades de mejora en el proceso de fabricación de los elementos prefabricados	

9. Palabras clave

Auditoría Técnica, Ruta 32, Concreto, Acero, Calidad

10. Nivel de seguridad:

Ninguno

11. Núm. de

páginas

75



INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

Auditoría de los Estudios previos, ensayos de calidad y prácticas constructivas del proyecto
Rehabilitación del puente río Virilla en la Ruta 32

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

Supervisión del proyecto: CACISA

Gestor del contrato: UNOPS

Laboratorio de verificación de calidad: CACISA

Empresa contratista: Consorcio Virilla 32, conformado por Constructora Meco y Grupo Puentes y Calzadas Infraestructura.

Laboratorio de control de calidad: ITP Ingeniería Técnica de Proyectos

Monto original del contrato: US \$ 18 668 347.04

Plazo original de ejecución: 13 meses

Plazo actual del proyecto: 65 meses (julio, 2024)

Fecha de inicio del diseño: 12 de agosto del 2016

Fecha de inicio de la construcción: 14 de marzo del 2019

Proyecto: Rehabilitación del puente río Virilla en la Ruta 32

Longitud del proyecto: 766.60 m (Solo el puente 285.65 m)

Director General LanammeUCR:

Ing. Rolando Castillo Barahona, Ph.D.

Asesoría Legal:

Lic. Giovanni Sancho Sanz

Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica LanammeUCR:

Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.

Auditores:

Ing. Francisco Fonseca Chaves, Auditor Técnico Líder
Ing. Alejandro Guasch García, Auditor Técnico Adjunto



TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	11
OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS	11
OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA	12
ALCANCE DEL INFORME	12
ANTECEDENTES	12
METODOLOGÍA	16
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	17
AUDIENCIA DE LA PARTE AUDITADA PARA ANALISIS DEL INFORME EN VERSIÓN PRELIMINAR	18
RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA.....	19
Sobre los documentos de diseño de pavimentos	20
Hallazgo No. 1. Se evidenciaron oportunidades de mejora en la determinación de los parámetros de diseño estructural del pavimento de las aproximaciones y sobre el tablero del nuevo puente	20
Sobre los documentos de diseño estructural.....	25
Hallazgo No. 2. Se evidenció que la evaluación estructural para cargas no sísmicas cumple con un 70 %, el diseño estructural de las medidas del mejoramiento cumple en un 62 % y el análisis sismorresistente cumple en un 79 % de los parámetros establecidos en la norma AASHTO LRFD 2017.	25
Sobre la Calidad de los materiales.....	29
Hallazgo No. 3. Se evidenció conformidad en los resultados obtenidos por parte del LanammeUCR para las muestras tomadas de acero de refuerzo y torones presentan cumplimiento a los parámetros especificados	29
Hallazgo No. 4. Oportunidades de mejora para los resultados de los ensayos en concreto hidráulico fresco tanto en el muestreo de este para los elementos de cimentaciones como en los resultados de asentamiento y temperatura para otros elementos.	38
Hallazgo No. 5. Se evidenció que las muestras de fibra de carbono tomadas por el LanammeUCR en el parámetro de resistencia a tracción son inferiores en un 7% a la indicada en los planos.....	45
Hallazgo No. 6. Se evidencian oportunidades de mejora en los documentos presentados para la aceptación de diseños de mezcla de materiales.	48
Sobre prácticas constructivas en las estructuras de puentes	52
Hallazgo No. 7. Se evidenciaron oportunidades de mejora en el proceso de fabricación de los elementos prefabricados	52
CONCLUSIONES.....	65
Sobre los documentos de diseño de pavimentos	65
Sobre los documentos de diseño estructural.....	65
Sobre la calidad del concreto	66



Sobre la calidad del acero	66
Sobre la fibra de carbono	66
Sobre el diseño de mezcla asfáltica	67
Sobre las practicas constructivas	67
RECOMENDACIONES	67
Sobre los documentos de diseño de pavimentos	67
Sobre los documentos de diseño estructural.....	68
Sobre la calidad del concreto	68
Sobre la calidad del acero	68
Sobre la fibra de carbono	69
Sobre el diseño de mezcla asfáltica	69
Sobre las prácticas constructivas	69
REFERENCIAS.....	70
ANEXO A	72
ANEXO B	73



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO DE REHABILITACIÓN DEL PUENTE SOBRE RÍO VIRILLA RUTA NACIONAL 32.....	18
FIGURA 2. DISTRIBUCIÓN DEL TPDA Y CÁLCULO DE W18. FUENTE: FHECOR	24
FIGURA 3. RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DEL MUESTREO REALIZADO POR LANAMMEUCR PARA EL PARÁMETRO DE ESFUERZO DE FLUENCIA DE VARILLAS CON DIFERENTES DIÁMETROS. PERIODO: JULIO 2023-NOVIEMBRE 2023.....	32
FIGURA 4. RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DEL MUESTREO REALIZADO POR LANAMMEUCR PARA EL PARÁMETRO DE ESFUERZO MÁXIMO DE VARILLAS CON DIFERENTES DIÁMETROS. PERIODO: JULIO 2023-NOVIEMBRE 2023.....	32
FIGURA 5. RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DEL MUESTREO REALIZADO POR LANAMMEUCR PARA EL PARÁMETRO DE ELONGACIÓN DE VARILLAS CON DIFERENTES DIÁMETROS. PERIODO: JULIO 2023-NOVIEMBRE 2023.....	33
FIGURA 6. RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DEL MUESTREO REALIZADO POR LANAMMEUCR PARA EL PARÁMETRO DE CARGA AL 1% DE DEFORMACIÓN DEL TORÓN. PERIODO: NOVIEMBRE 2023-ENERO 2024.	37
FIGURA 7. RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DEL MUESTREO REALIZADO POR LANAMMEUCR PARA EL PARÁMETRO DE CARGA MÁXIMA DEL TORÓN. PERIODO: NOVIEMBRE 2023-ENERO 2024.	37
FIGURA 8. RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DEL MUESTREO REALIZADO POR LANAMMEUCR PARA EL PARÁMETRO DE PORCENTAJE DE ELONGACIÓN DEL TORÓN. PERIODO: NOVIEMBRE 2023-ENERO 2024... 38	38
FIGURA 9. RESULTADOS DE FLUJO PARA CONCRETOS DE DIFERENTES RESISTENCIAS OBTENIDOS POR LA SUPERVISIÓN. FUENTE: INFORMES DE VERIFICACIÓN, CACISA. PERIODO: JUNIO 2023 – MAYO 2024....	39
FIGURA 10. RESULTADOS DE ASENTAMIENTO PARA CONCRETOS DE DIFERENTES RESISTENCIAS OBTENIDOS POR LA SUPERVISIÓN. FUENTE: INFORMES DE VERIFICACIÓN, CACISA. PERIODO: JUNIO 2023 – JUNIO 2024 40	40
FIGURA 11. RESULTADOS DE ASENTAMIENTO PARA CONCRETOS DE DIFERENTES RESISTENCIAS OBTENIDOS POR LANAMMEUCR. PERIODO: JUNIO 2023 – MAYO 2024	41
FIGURA 12. RESULTADOS DE TEMPERATURA DEL CONCRETO PARA LAS MUESTRAS OBTENIDAS POR LA SUPERVISIÓN. FUENTE: INFORMES DE VERIFICACIÓN, CACISA. PERIODO: JUNIO 2023 – JUNIO 2024....	42
FIGURA 13. RESULTADOS DE TEMPERATURA DEL CONCRETO PARA LAS MUESTRAS OBTENIDAS POR LA SUPERVISIÓN. FUENTE: INFORMES DE VERIFICACIÓN, CACISA. PERIODO: JUNIO 2023 – MAYO 2024....	42
FIGURA 14. RESULTADOS DE TEMPERATURA DEL CONCRETO DE DIFERENTES RESISTENCIAS PARA LAS MUESTRAS OBTENIDAS POR EL LANAMMEUCR. PERIODO: JUNIO 2023- MAYO 2023.....	43
FIGURA 15. COLOCACIÓN DE CONCRETO EN CIMENTACIÓN DE PILA 3. FUENTE: UNOPS, 2023	44
FIGURA 16. RESULTADOS DE RESISTENCIA PROMEDIO DEL CONCRETO HIDRÁULICO PARA LAS MUESTRAS OBTENIDAS POR LA SUPERVISIÓN. FUENTE: INFORMES DE VERIFICACIÓN, CACISA. PERIODO: JUNIO 2023 – MAYO 2024.....	45
FIGURA 17. RESULTADOS DE RESISTENCIA A TRACCIÓN DE PROBETAS DE FIBRAS DE CARBONO, REALIZADOS POR LANAMMEUCR	46
FIGURA 18. RESULTADOS DE MÓDULO DE ELASTICIDAD PARA PROBETAS DE FIBRA DE CARBONO, REALIZADOS POR LANAMMEUCR	46
FIGURA 19. TABLA DE RESULTADOS DE ENSAYO DE FATIGA A FLEXOTRACCIÓN (AASHTO T321) PARA MEZCLA ASFÁLTICA DE CAPA INTERMEDIA DEL INFORME DE OTRO PROYECTO CON AUDITORÍA ABIERTA. FUENTE: ITP, 2024.....	50
FIGURA 20. TABLA DE RESULTADOS DE ENSAYO PARA MEZCLA ASFÁLTICA DE CAPA DE FINAL O DE RUEDO DEL INFORME CD-ITP-580-2024-05-C02 PARA EL ENSAYO DE FATIGA A FLEXOTRACCIÓN (AASHTO T321) PARA EL PROYECTO DE REHABILITACIÓN PUENTE RÍO VIRILLA R32. FUENTE: ITP, 2024.	50



FIGURA 21. INFORME 01-1071-2024 CON RESULTADOS DE SUSCEPTIBILIDAD A LA DEFORMACIÓN PERMANENTE EN EL EQUIPO APA (AASHTO T340). FUENTE: ITP, 2024.	51
FIGURA 22. DIFERENCIAS EN VIGA DE SUPERESTRUCTURA N°5 ENTRE LOS PLANOS DE TALLER Y PLANOS CONSTRUCTIVOS, FUENTE: MOPT (2023A) Y MOPT (2023B)	53
FIGURA 23. REVISIÓN DE AROS EN ZONA 3 DE LA VIGA DE SUPERESTRUCTURA N°5, FUENTE: LANAMMEUCR, 2023.....	54
FIGURA 24. INDICACIONES ORIGINALES DE PLANOS DE LA ZONA N°3 DEL REFUERZO TRANSVERSAL EN VIGAS DE SUPERESTRUCTURA N°5, FUENTE: MOPT (2023B)	54
FIGURA 25. GANCHOS FALTANTES EN ZONA N°1 DE REFUERZO TRANSVERSAL EN VIGA DE SUPERESTRUCTURA N°4. FUENTE: LANAMMEUCR (2023).....	55
FIGURA 26. DETALLE DE REFUERZO EN ZONA N°1 DE VIGA DE SUPERESTRUCTURA N°4, FUENTE: MOPT (2023B)	55
FIGURA 27. DETALLE ORIGINAL DE PLANOS DE TALLER DE VARILLA TIPO V6, FUENTE: MOPT (2023B).....	56
FIGURA 28. MODIFICACIÓN DE AMARRES DE VARILLAS TIPO V6. FUENTE: LANAMMEUCR (2023).....	56
FIGURA 29. CONFIGURACIÓN ORIGINAL DE VARILLA TIPO V7 EN VIGA DE SUPERESTRUCTURA N°4. FUENTE: MOPT (2023B)	57
FIGURA 30. MODIFICACIÓN DE VARILLA TIPO V7 EN VIGA SUPERESTRUCTURA N°4. FUENTE: LANAMMEUCR (2023)	57
FIGURA 31. PROCESO DE TESADO DE DUCTO INFERIOR DE VIGAS DE SUPERESTRUCTURA. FUENTE: LANAMMEUCR (2023).....	58
FIGURA 32. PROCESO DE TESADO DE DUCTO INFERIOR DE VIGAS DE SUPERESTRUCTURA. FUENTE: LANAMMEUCR (2023)	59
FIGURA 33. VIGAS SIN EL CURADO NECESARIO, FECHA: 8 DE NOVIEMBRE DE 2023. FUENTE LANAMMEUCR ..	60
FIGURA 34. CILINDROS DE CONCRETO EN PILETA DE CURADO. FECHA: 8 DE NOVIEMBRE DE 2023. FUENTE: LANAMMEUCR	61
FIGURA 35. USO INCORRECTO DEL VIBRADOR MANUAL, FECHA 8 DE NOVIEMBRE DE 2023, FUENTE: LANAMMEUCR.	62
FIGURA 36. NIDOS DE PIEDRA EN ESTRUCTURAS COLADAS. FECHA 8 DE NOVIEMBRE DE 2023. FUENTE: LANAMMEUCR (LA VIGA 4 DE LA SUPERESTRUCTURA 5)	63
FIGURA 37. PLACAS Y CABLES CON CORROSIÓN EVIDENTE. FECHA 8 DE NOVIEMBRE DE 2023. FUENTE: LANAMMEUCR	63
FIGURA 38. ACERO DE PRESFUERZO CON CORROSIÓN EN LA VIGA N°1. FECHA 8 DE NOVIEMBRE DE 2023. FUENTE: LANAMMEUCR	64



ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. RESUMEN DE OFICIOS ENVIADOS A LA ADMINISTRACIÓN DURANTE EL PROCESO DE AUDITORÍA	13
TABLA 2. GIRAS TÉCNICAS REALIZADAS AL PROYECTO EN EL PERIODO DE ESTUDIO.....	15
TABLA 3. RESUMEN DE PARÁMETROS DE ENTRADA PARA EL DISEÑO. FUENTE: FHECOR.....	21
TABLA 4. REVISIÓN DE ESPESORES DEL DISEÑO DE PAVIMENTO PROPUESTO PARA EL PROYECTO.....	25
TABLA 5. RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DEL MUESTREO REALIZADO POR LANAMMEUCR PARA EL PARÁMETRO DE MASA PROMEDIO DE VARILLAS CON DIFERENTES DIÁMETROS. PERIODO: JULIO 2023- MARZO 2024.....	30
TABLA 6. RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DEL MUESTREO REALIZADO POR LANAMMEUCR PARA EL PARÁMETRO DE DIÁMETRO PROMEDIO NOMINAL DE VARILLAS CON DIFERENTES DIÁMETROS. PERIODO: JULIO 2023- MARZO 2024.	30
TABLA 7. RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DEL MUESTREO REALIZADO POR LANAMMEUCR PARA EL PARÁMETRO DE ÁREA PROMEDIO NOMINAL DE VARILLAS CON DIFERENTES DIÁMETROS. PERIODO: JULIO 2023- MARZO 2024.	31
TABLA 8. RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DEL MUESTREO REALIZADO POR LANAMMEUCR PARA EL PARÁMETRO DE ESPACIAMIENTO PROMEDIO DE VARILLAS CON DIFERENTES DIÁMETROS. PERIODO: JULIO 2023 - MARZO 2024.....	34
TABLA 9. RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DEL MUESTREO REALIZADO POR LANAMMEUCR PARA EL PARÁMETRO DE ALTURA DE CORRUGACIÓN DE VARILLAS CON DIFERENTES DIÁMETROS. PERIODO: JULIO 2023 - MARZO 2024.....	34
TABLA 10. RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DEL MUESTREO REALIZADO POR LANAMMEUCR PARA EL PARÁMETRO DE ANCHO MÁXIMO INDIVIDUAL DE SEPARACIÓN DE CORRUGACIÓN DE VARILLAS CON DIFERENTES DIÁMETROS. PERIODO: JULIO 2023 - MARZO 2024.....	35
TABLA 11. RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DEL MUESTREO REALIZADO POR LANAMMEUCR PARA EL PARÁMETRO DE MASA PROMEDIO MEDIDA DEL TORÓN. PERIODO: NOVIEMBRE 2023-ENERO 2024.	36
TABLA 12. RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DEL MUESTREO REALIZADO POR LANAMMEUCR PARA EL PARÁMETRO DE DIÁMETRO PROMEDIO MEDIDA DEL TORÓN. PERIODO: NOVIEMBRE 2023-ENERO 2024. ...	36
TABLA 13. RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DEL MUESTREO REALIZADO POR LANAMMEUCR PARA EL PARÁMETRO DE ÁREA PROMEDIO MEDIDA DEL TORÓN. PERIODO: NOVIEMBRE 2023-ENERO 2024.	36
TABLA 14. RESULTADOS DE FLUJO PARA CONCRETO EMPLEADO EN PILOTES OBTENIDOS POR LANAMMEUCR. PERIODO: JUNIO 2023 – MARZO 2024.....	40
TABLA 15. DATOS SOBRE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE PROBETAS DE FIBRA DE CARBONO, REALIZADO POR LANAMMEUCR	46
TABLA 16. DATOS SOBRE EL MÓDULO DE ELASTICIDAD DE PROBETAS DE FIBRA DE CARBONO, REALIZADO POR LANAMMEUCR	46
TABLA 17. RESULTADOS VOLUMÉTRICOS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA TOMADOS DEL DISEÑO CD-ITP-580-2024-05-C02	49
TABLA 18. GRADUACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA TOMADO DEL DISEÑO CD-ITP-580-2024-05-C02	49
TABLA 19. RESULTADOS DE ENSAYOS DE DESEMPEÑO DEL INFORME CD-ITP-580-2024-05-C03.....	52



INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

Auditoría de los Estudios previos, ensayos de calidad y prácticas constructivas del proyecto Rehabilitación del puente río Virilla en la Ruta 32

INTRODUCCIÓN

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 Ley de Simplificación y Eficiencia Tributarias y su reforma mediante la Ley N°8603, en cumplimiento del Plan Anual de Auditorías de la Unidad de Auditoría Técnica del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR).

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)

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 es que la Administración, de manera oportuna tome decisiones correctivas y ejerza una adecuada comprobación al Laboratorio de Supervisión, monitoreo y control de los contratos de obra, mediante un análisis comprensivo desde la fase de planificación hasta el finiquito del contrato.

Para este informe en particular se busca de forma general revisar la memoria de cálculo estructural y evaluar la calidad de los materiales utilizados para la estructura de los puentes, así como la gestión de estos por parte de la Supervisión dentro del proyecto comprendido en el contrato de: **“Auditoría de los Estudios previos, ensayos de calidad y prácticas constructivas del proyecto Rehabilitación del puente río Virilla en la Ruta 32”** lo anterior con el fin de fiscalizar la eficiencia en la gestión y ejecución del proyecto, así como el control de los riesgos potenciales a la calidad, desempeño y durabilidad de los diferentes materiales utilizados en el proceso de construcción como lo son el concreto y el acero estructural, esto en el cumplimiento de las normas y especificaciones establecidas en el Contrato del proyecto así como con las mejores prácticas de la ingeniería de carreteras requeridas por la obra.



OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

- Auditar la calidad y pertinencia del diseño estructural del puente, el diseño de la estructura de pavimento, requerimientos topográficos y los estudios hidrológicos que fueron desarrollados como parte de los estudios preliminares del proyecto.
- Realizar fiscalización de los materiales utilizados en el proyecto y analizar su cumplimiento.
- Auditar las prácticas constructivas realizadas en la ejecución del proyecto.
- Revisar la trazabilidad y los resultados de los ensayos efectuados al concreto fresco, con el fin de determinar si se siguen los procedimientos de las normas de ensayo.

ALCANCE DEL INFORME

El alcance del estudio que desarrolla esta Auditoría Técnica, consistió en recopilar todos los hallazgos y observaciones que se evidenciaron durante el periodo de ejecución de 8 meses (enero 2023 – octubre 2024) de la Auditoría relacionados con la evaluación y gestión de la calidad de los diferentes materiales utilizados en el proceso de construcción del puente como el concreto y el acero.

La evaluación de la calidad de estos materiales se hizo mediante diferentes muestreos realizados en el plazo de ejecución del proyecto de manera aleatoria, además de también incluir en el estudio los diferentes resultados del laboratorio de verificación, adicionalmente, en este informe se hizo una revisión de los estudios previos realizados para la ejecución de la obra así como también la inspección para los procedimientos constructivos tanto en el sitio del proyecto como para los elementos prefabricados en planta todo de conformidad con la normativa establecida en el Contrato del proyecto

Aunado a lo anterior se destaca que, a lo largo de la ejecución de la Auditoría, el equipo auditor ha emitido continuamente oficios y notas informes (ver **Tabla 1**) en aras de comunicar oportunamente las evidencias detectadas, por lo cual, en la gestión del proyecto evaluada, se consideró el proceso de documentación y recopilación de la información y oficios remitidos por parte de la Administración y la Supervisión del proyecto.

Es importante mencionar que la auditoría técnica que realiza el LanammeUCR, no puede compararse, ni considerarse como una actividad de control de calidad, la cual, le compete exclusivamente al Contratista como parte de su obligación contractual. Tampoco puede conceptualizarse como una labor de verificación de calidad y supervisión que es de entera responsabilidad de la Administración.

ANTECEDENTES

El proyecto auditado corresponde a la “Rehabilitación del puente río Virilla en la Ruta 32”, la cual se encuentra a cargo del Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura del Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI). Este proyecto formó parte del contrato del Puente Nuevo sobre el río Virilla Ruta 32 que mediante el oficio POE-09-2022-0716 elaborado el 19 de diciembre de 2022 el CONAVI, la supervisora UNOPS y el contratista Consorcio Virilla 32 acordaron

EIC-Lanamme-INF-0293-2024	Diciembre, 2024	Página 12 de 75
---------------------------	-----------------	-----------------



presentar la documentación de inicio de obras para la rehabilitación del puente, que luego se oficializaría mediante la emisión del oficio POE-09-2023-0337 con fecha del 11 de septiembre de 2023, en donde se adjunta la enmienda numero 1 al Contrato que se elaboró el 14 de abril de 2023.

Este proyecto formo parte de una adenda al proyecto “*Duplicación del puente sobre el Río Virilla en la ruta nacional 32*”, el Contratista a cargo de las labores de diseño y de construcción de las obras en su totalidad corresponde a la empresa Consorcio Virilla 32, conformado por Constructora Meco y Grupo Puentes y Calzadas Infraestructura. Por su parte, la supervisión del proyecto fue hecha por CACISA y el Gestor del contrato fue UNOPS para la Unidad Ejecutora del proyecto.

Asimismo, se destaca que, como parte del proceso de Auditoría Técnica, el equipo auditor ha emitido el siguiente informe:

- LM-AT-43-19: “Evaluación de la calidad de los materiales, prácticas constructivas y ensayos de control de calidad del proyecto: duplicación del puente sobre el Río Virilla en la ruta nacional 32” (ver informe en <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/2097>)

Se debe destacar que el alcance del informe LM-AT-43-19 abarca el periodo comprendido entre marzo a noviembre 2019, este se enfocó en la evaluación de los estudios preliminares, el análisis de calidad de distintos materiales utilizados a la fecha y la evaluación de algunos procesos de ensayo en el puente nuevo del río Virilla en ruta 32.

Adicionalmente, como parte de la Auditoría Técnica que el LanammeUCR realiza al proyecto y en aras de contribuir al mejoramiento continuo de la gestión de la Administración, durante los 7 meses que duró el desarrollo del presente proceso se emitieron aproximadamente 32 oficios y notas informe relacionadas con el tema de control de calidad, seguimiento de documentación y procesos constructivos del proyecto, según contenido de la Tabla 1; en los cuales se trataron temas relacionados con el contenido de este informe, con el fin de evidenciar situaciones relevantes, identificadas por el equipo auditor durante la etapa de ejecución de la Auditoría e informarlos oportunamente a la Supervisión del proyecto; de previo a la emisión de este informe.

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

Oficio / Nota Informe	Fecha de emisión	Asunto	Oficio de respuesta de la administración
EIC-Lanamme-1004-2022	29-11-2022	Solicitud de información del proyecto	POE-09-2022-0716
EIC-Lanamme-1090-2022	16-12-2022	Estudios hidrológicos e hidráulicos del proyecto “Ampliación del puente sobre el río Virilla en la Ruta Nacional No.32”.	POE-09-2023-0010
EIC-Lanamme-68-2023	3-2-2023	Inicio de auditoría	POE-09-2023-0035
EIC-Lanamme-128- 2023	22-2-2023	Remisión de informe EIC-Lanamme- INF-0208-2023 Revisión de la Memoria de Cálculo de la Rehabilitación del Puente sobre el río Virilla en la Ruta Nacional 32	POE-09-2023-0066 POE-09-2023-0079 POE-09-2023-0131



Oficio / Nota Informe	Fecha de emisión	Asunto	Oficio de respuesta de la administración
EIC-Lanamme-206-2023	23-3-2023	Remisión de Informe: EIC-Lanamme- INF-0336-2023 Informe de revisión de estudio de suelos y la geotecnia	POE-09-2023-0102
EIC-Lanamme-387-2023	19-5-2023	Revisión de la memoria de diseño de pavimentos.	POE-09-2023-0180 POE-09-2023-0195
EIC-Lanamme-574-202	6-7-2023	Respuesta al oficio POE-09-2023-0195	POE-09-2023-0268
EIC-Lanamme-769-2023	24-8-2023	Observaciones y respuestas en giras y reuniones del proyecto	POE-09-2023-0337
EIC-Lanamme-812-2023	13-9-2023	Acero en contacto con el suelo e informe de resultados	POE-09-2023-0360
EIC-Lanamme-1086-2023	15-11-2023	Solicitud de información e informe de resultados de laboratorio	POE-09-2023-0441
EIC-Lanamme-1114-2023	15-11-2023	Muestreo de concreto fresco en Rehabilitación	POE-09-2023-0445
EIC-Lanamme-1154-2023	21-11-2023	Tiempos de colocación de epóxico para fibra de carbono y solicitud de informes de ensayo de Pull off	POE-09-2023-0454
EIC-Lanamme-1223-2023	4-12-2023	Remisión de informes de concreto y acero	POE-09-2023-0466
EIC-Lanamme-1233-2023	8-12-2023	Respuesta al oficio POE-09-2023-0445, observaciones sobre incumplimiento norma ASTM C-172 para muestreos	POE-09-2023-0465
EIC-Lanamme-1270-2023	8-12-2023	Solicitud de información sobre proyectos a ejecutar en 2024	POE-10-2024-0104
EIC-Lanamme-1286-2023	15-12-2023	Observaciones de gira a Plantel de Prefabricados de Euroconcretos	POE-03-2024-002 POE-02-2024-0020
EIC-Lanamme-34-2024	12-1-2024	Remisión de informes de control de calidad	POE-02-2024-0026
EIC-Lanamme-55-2024	16-1-2024	Fisuras en concreto de recrecido de Pila 4	POE-03-2024-0015
EIC-Lanamme-93-2024	31-1-2024	Remisión de informe de calidad y solicitud de información actualizada	POE-10-2024-0065
EIC-Lanamme-128-2024	8-2-2024	Placas para tensar cables en cimentaciones y grietas en cimentación	POE-10-2024-0069
EIC-Lanamme-286-2024	15-3-2024	Solicitud de información e informe de laboratorio	POE-10-2024-0102
EIC-Lanamme-352-2024	9-4-2024	Solicitud de información y observaciones en Viga Diafragma	POE-10-2024-0123
EIC-Lanamme-401-2024	26-4-2024	Observaciones de visita con el Programa de Ingeniería Estructural	POE-10-2024-0142
EIC-Lanamme-441-2024	3-5-2024	Empleo de anclajes mecánicos y solicitud de información	POE-10-2024-0152
EIC-Lanamme-547-2024	31-5-2024	Observación de longitud de anclaje para trasferencia en el concreto y envío de informes de Calidad	POE-10-2024-0188
EIC-Lanamme-602-2024	11-6-2024	Solicitud de información de mezcla de materiales y envío de informes	POE-10-2024-0208
EIC-Lanamme-698-2024	2-7-2024	Envío de informes de calidad y solicitud de documentos	POE-10-2024-0229
EIC-Lanamme-707-2024	5-7-2024	Respuesta al oficio POE-10-2024-0208, observaciones del diseño de Mezcla asfáltica número CD-ITP-580-2024-05-C02	POE-10-2024-0232 POE-10-2024-0244
EIC-Lanamme-763-2024	11-7-2024	Solicitud de información en el proyecto	POE-10-2024-0252
EIC-Lanamme-790-2024	16-7-2024	Respuesta al oficio POE-10-2024-0208 y consulta por observaciones hechas por la inspección del proyecto.	POE-10-2024-0277
EIC-Lanamme-954-2024	30-8-2024	Remisión de informe: EIC-Lanamme-INF-1396-2024 con fallas de fibra de carbono	POE-10-2024-0288 POE-10-2024-0295
EIC-Lanamme-971-2024	6-9-2024	Riego de liga no uniforme para colocación de mezcla asfáltica Rehabilitación del Puente Virilla Ruta 32	POE-10-2024-0305



Oficio / Nota Informe	Fecha de emisión	Asunto	Oficio de respuesta de la administración
EIC-Lanamme-1034-2024	20-9-2024	Solicitud de información y observaciones de visita proyecto Puente río Virilla Ruta 32	POE-10-2024-0304
EIC-Lanamme-1105-2024	8-10-2024	Respuesta al oficio POE- 10-2024-0305, sobre riego de liga no uniforme en la colocación de mezcla asfáltica.	POE-10-2024-0357
EIC-Lanamme-1135-2024	11-10-2024	Obras faltantes en el proyecto de Rehabilitación del Puente río Virilla R32	POE-10-2024-0358

En cada nota informe emitida, se brindó un periodo de 10 días hábiles, para que la Administración, en caso de ser requerido, se refiriera al contenido de esta. Una vez analizadas las respuestas de la Administración, se procedió a su correspondiente análisis, en caso necesario se emitió la respectiva réplica.

A continuación, se presenta una tabla que resume las giras técnicas realizadas durante el proceso de auditoría.

Tabla 2. Giras técnicas realizadas al proyecto en el periodo de estudio

Mes y año	Cantidad	Días de visita
Marzo 2023	1	15
Abril 2023	1	14
Mayo 2023	1	4
Junio 2023	3	6, 22 y 29
Julio 2023	3	6, 13 y 21
Agosto 2023	3	4, 11 y 31
Septiembre 2023	3	13, 18 y 27
Octubre 2023	2	13 y 25
Noviembre 2023	4	3, 9, 17 y 28
Diciembre 2023	2	8 y 19
Enero 2024	3	10, 16 y 30
Febrero 2024	2	21 y 29
Marzo 2024	2	6 y 21
Abril 2024	6	4, 8, 12, 18, 24 y 30
Mayo 2024	5	2, 8, 21, 22 y 31
Junio 2024	5	6, 13, 19, 26 y 28
Julio 2024	4	1, 4, 9 y 18
Agosto 2024	2	8 y 28
Septiembre 2024	2	5 y 18
Octubre 2024	1	10
Total	55	--



METODOLOGÍA

La labor que se efectúa en un proceso de auditoría técnica se orienta a recopilar y analizar evidencias durante un periodo definido, así como identificar posibles elementos y aspectos que puedan afectar la calidad y durabilidad del proyecto. Este informe se realizó siguiendo los procedimientos de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR, mediante la solicitud y revisión de la documentación del proyecto, así como visitas continuas a los frentes de trabajo durante el proceso constructivo.

El inicio de la ejecución de la auditoría de la rehabilitación del puente se comunicó a la Unidad Ejecutora por medio del oficio EIC-Lanamme-68-2023 del 3 de febrero del 2023, donde se convocó a las partes involucradas a una reunión el 10 de febrero del 2023, en la cual se expuso el alcance, los criterios de evaluación del estudio y se solicitó acceso a la información del proyecto durante la fase constructiva.

Las actividades que fueron desarrolladas por el equipo auditor consistieron en visitas a los diversos frentes de trabajo, revisión de documentos contractuales y de diseño del proyecto, programación de muestreos a los materiales y análisis de los resultados de los ensayos desarrollados a lo largo de la ejecución del proyecto por parte de la verificación de la calidad de los materiales y del LanammeUCR. Se destaca que durante el lapso que comprende esta auditoría se realizaron 13 muestreos de concreto, 14 muestras de barras de acero y también se realizaron ensayos de resistencia a la tensión para la fibra de carbono, así como; más de 55 visitas técnicas al proyecto.

En relación con los criterios utilizados en la ejecución del estudio, estos corresponden a la normativa técnica especificada que se encuentra establecida en el Contrato, la cual se detalla en el siguiente listado de documentos.

- Especificaciones generales para la construcción de caminos, carreteras y puentes (CR-2010 y sus actualizaciones del año 2017).
- Especificaciones generales para la construcción de caminos, carreteras y puentes (CR-2020).
- El código de construcción.¹
- La norma “AASHTO LRFD Bridge Design Specifications”, de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), edición 2010 o última versión.
- El documento titulado: “Tomo de disposiciones para la construcción y conservación vial”, contiene las disposiciones generales emitidas por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) y el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI).
- Manual de construcción para caminos, carreteras y puentes (MC-2012).¹
- Lineamientos para el diseño sismorresistente de puentes.
- El Código de Cimentaciones de Costa Rica, edición 2009.
- Las Normas para la colocación de dispositivos de seguridad para protección de obras y demás disposiciones contractuales

¹ Esta normativa se indica tal cual, en el documento del Contrato, no obstante, corresponden a documentos no oficializados, por lo que no fueron contemplados por el equipo auditor.



- Manual de diseño estándar para la construcción de carreteras, caminos y puentes de Costa Rica (DE-2010) o última versión.¹
- Reglamento de disposiciones de seguridad para protección de obras, publicado en el Diario Oficial La Gaceta No. 103 del 30 de mayo de 1997, Decreto No. 26041-MOPT.
- Manual técnico de dispositivos de seguridad y control temporal de tránsito para la ejecución de trabajos en las vías.
- Dispositivos obligatorios de visualización de MOPT.
- Manual Centroamericano de Gestión del Riesgo en Puentes, Edición 2010.
- Manual Centroamericano de Normas para Diseño Geométrico de carreteras (SIECA, 3a edición-2011).
- Manual Centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito (SIECA,2000).
- Pesos y Dimensiones, Decreto N° 33773-MOPT, publicado en La Gaceta N° 99 de fecha 24 de mayo de 2007 y sus modificaciones.
- Componentes de seguridad vial, implementación regulada mediante Decreto Ejecutivo No. 33148 y publicado en el Diario Oficial La Gaceta No. 100 del 25 de mayo del 2006.
- Normas y diseños para la construcción de carreteras del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Plan Vial.

Finalmente, se reitera que, se emitieron notas informes cuando el equipo auditor identificó una evidencia que se consideró necesario alertar oportunamente a la Administración previo a la emisión de este informe final

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

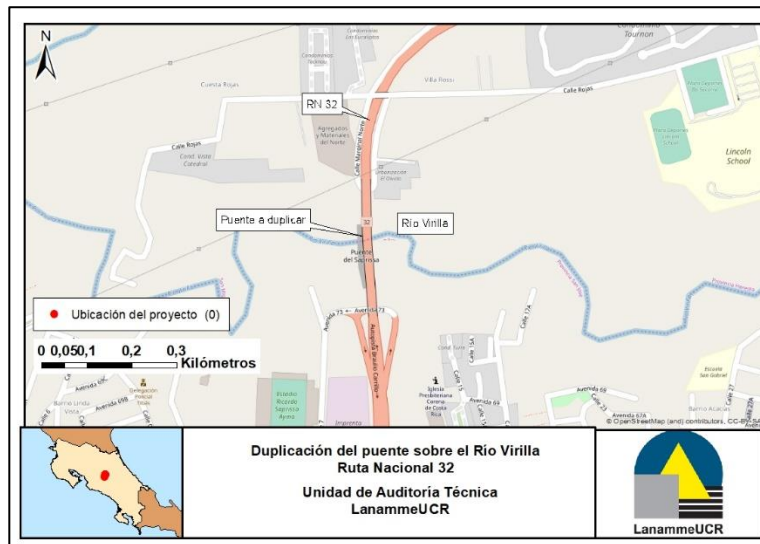
La finalidad del proyecto “*Rehabilitación del Puente sobre Río Virilla Ruta Nacional 32*” es la reparación del puente que abarca el cruce entre los cantones de Tibás y Santo Domingo, con el objeto de que con el nuevo puente construido se pueda ampliar la capacidad de la carretera en este punto. Las características básicas del puente son las siguientes:

- Tiene 285,65 m de longitud y consta de siete vanos de 30,00 m, 46,50 m, 82,80 m, 46,75 m y 3 restantes de 25,00 m cada uno.
- El tablero se compone de dos tipos de estructuras para los vanos 1, 5, 6 y 7 son cinco vigas prefabricadas con un tablero de losa de concreto, mientras que para los vanos 2, 3 y 4 es una viga cajón de sección variable.
- El peralte del tablero es variable de 4,2 a 1,7 m, mientras que el ancho de la losa para los vanos 1, 5, 6 y 7 es de 25 cm.
- En las cimentaciones de las pilas 1, 2, 3 y 4 se construyeron recrecidos de concreto con reforzamiento postensando.
- Para los tableros de los vanos 1, 5, 6 y 7 se elaborará una estructura nueva con vigas prefabricadas en plantel, además de contar también con estructuras nuevas para los dos bastiones en las cuales irán apoyadas y con reforzamiento y recrecidos de concreto para los dinteles 5 y 6.



- La viga cajón será reforzada con fibra de carbono en cuatro capas tanto interna como externamente, donde en la parte interna será colocada de forma continua y en la parte externa se hará en intervalos de 50 cm en la dirección longitudinal, también contará con una postensión dentro de la viga.

Figura 1. Localización del proyecto de rehabilitación del Puente sobre Río Virilla Ruta Nacional 32



AUDIENCIA DE LA PARTE AUDITADA PARA ANALISIS DEL INFORME EN VERSIÓN PRELIMINAR

Como parte de los procedimientos de auditoría técnica, mediante el oficio EIC-Lanamme-1148-2024 del 15 de octubre de 2024, se envió el presente informe en versión preliminar (identificado como EIC-Lanamme-INF-0293-2024) a la parte auditada para su análisis y, en caso de requerirse, se procediera a esclarecer aspectos que no hayan sido considerados durante el proceso de ejecución de la auditoría; para tales efectos se otorgó un plazo de 15 días hábiles posteriores al recibo de dicho informe, este plazo finalizó el 5 de noviembre de 2024.

Adicionalmente, el día miércoles 23 de octubre de 2024, se realizó con el auditado la presentación oral de los resultados del informe preliminar por medio de una plataforma virtual con el fin de comentar los aspectos contenidos en el mismo. A esta actividad asistieron los siguientes participantes:

Carlos Jiménez	Ingeniero Unidad Ejecutora
Jerry Trejos	Ingeniero Unidad Ejecutora
Dennis Fernández	Ingeniero Proyecto de UNOPS
Gerardo Matarrita	Ingeniero Proyecto de UNOPS
Susana Cárdenas	Ingeniero Proyecto de UNOPS
Sofía Vignoli	Ingeniero Proyecto de UNOPS
Reynaldo Vargas	Auditoría Interna MOPT



Berny Quirós
Wendy Sequeira
Francisco Fonseca
Alejandro Guasch

Auditoría Interna MOPT
Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica LanammeUCR
Auditor técnico LanammeUCR
Auditor técnico LanammeUCR

El día viernes 29 de noviembre del 2024, se recibe vía correo electrónico el oficio POE-10-2024-0397, remitido por el Ing. Carlos Jimenez González como descargo al informe en versión preliminar EIC-Lanamme-INF-0227-2024 realizado por la Unidad Ejecutora del proyecto. Como parte del descargo, se adjunta el oficio UNOPS-90413-20241120-304 SC (con fecha del 20 de noviembre de 2024), donde el Consorcio Supervisor del proyecto brinda atención al informe EIC-Lanamme-INF-0293-2024.

En cumplimiento de los procedimientos de auditoría técnica, una vez analizado el documento en cuestión (Ver Anexo A) y considerando la evidencia presentada, se procede a emitir el informe **EIC-Lanamme-INF-0293-2024** en su versión final para ser enviado a las instituciones que indica la Ley N°8114 y sus reformas.

RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

Los hallazgos y observaciones señalados por el equipo auditor en este informe de auditoría se fundamentan en evidencias representativas, veraces y objetivas, respaldadas en la experiencia técnica de los profesionales miembros del equipo auditor participante en la auditoría, el propio testimonio del auditado, el estudio de los resultados de los ensayos realizados a las muestras extraídas 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, a pesar de no ser necesariamente de carácter contractual, pero que obedecen a las buenas prácticas de la ingeniería, principios generales, medidas basadas en experiencia internacional o nacional. No obstante, se destaca que estas tienen la misma **relevancia técnica** que un hallazgo.

Las recomendaciones que se derivan del análisis de los hallazgos y observaciones deberían ser valoradas por parte de la Administración, planteando acciones correctivas y preventivas, que mitiguen el riesgo potencial de incumplimientos en el proyecto auditado y para proyectos futuros, como parte de un proceso integral de mejora continua.

Específicamente, este informe contiene siete hallazgos y no contiene observaciones.



SOBRE LOS DOCUMENTOS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS

HALLAZGO NO. 1. SE EVIDENCIARON OPORTUNIDADES DE MEJORA EN LA DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DE LAS APROXIMACIONES Y SOBRE EL TABLERO DEL NUEVO PUENTE

Esta revisión contempla una reproducción general de algunos de los cálculos realizados en el diseño estructural del pavimento, sin embargo, no debe ser considerada como un diseño formal de pavimentos ni como una validación de los cálculos realizados ni de la exactitud de resultados obtenidos por el Consultor, sino más bien como el estudio de la trazabilidad de los datos expuestos en el informe de diseño de pavimentos. Por lo tanto, no se incluye en el alcance de este informe un recálculo de los espesores de la estructura de pavimento analizada.

Respecto a los parámetros de entrada para el diseño, en caso de identificarse alguna diferencia en los supuestos considerados o alguna omisión de lo indicado por la metodología AASHTO 1993 o el Manual Centroamericano para el diseño de pavimentos de SIECA, se realizan las observaciones en la sección correspondiente, no obstante, para la reproducción de los cálculos se parte de los supuestos y los valores utilizados por el Diseñador.

a- Revisión del análisis de desempeño

La evaluación de desempeño del pavimento mediante ecuaciones de transferencia le permite al Diseñador revisar, con base en un modelo matemático, el comportamiento de la estructura propuesta ante los fenómenos de agrietamiento por fatiga y deformación permanente, teniendo en consideración las propiedades de los materiales que componen las capas de este, así como la determinación de las deflexiones y esfuerzos que surgen como respuesta a la aplicación de una carga. Debido a lo anterior, se considera que esa evaluación representa un aspecto fundamental durante el diseño de un pavimento, sin embargo, no se evidenció la realización de ningún análisis de desempeño por fatiga y deformación permanente en el pavimento de las aproximaciones del puente. Esta situación se notificó a la Administración mediante la nota informe EIC-Lanamme-387-2023 con fecha del 19 de mayo de 2023.

En el oficio POE-09-2023-0195 con fecha del 6 de junio de 2023 la Administración adjunta la respuesta de la supervisión UNOPS-90413-20230605-080-DF indicando que no se mencionan debido a que estos análisis de deformación permanente y fatiga, ya que, se había presentado un diseño exactamente igual para el puente construido previamente y se había concluido que estos efectos no eran representativos para el paquete de pavimento propuesto ni para el tráfico esperado. No obstante, el Diseñador aclara que se hizo un análisis mediante el software 3D Move para el análisis de la respuesta mecánica, enfatizando las fallas de fatiga y deformación permanente concluyendo que estas fallas se alcanzan a un número de ESAL's más alto que el de diseño, sin embargo, en el informe previamente presentado no se ve reflejado.

Conforme a la consulta realizada en el oficio EIC-Lanamme-574-2023 con fecha del 6 de julio de 2023 por parte del equipo auditor, la Administración responde con el oficio POE-09-2023-



0268 con fecha del 28 de julio de 2023 donde anexa la revisión de deformación permanente, cumpliendo y superando con los ESAL's de diseño propuestos por el consultor, no obstante, es criterio del equipo auditor que es de importancia que este análisis sea incluido en el diseño original.

b- Revisión de parámetros de diseño

Como primer aspecto, se llevó a cabo una revisión de los parámetros de entrada que fueron considerados por el Consultor para realizar el diseño. Esta información se puede consultar en el Anexo 5. Firmes y Pavimentos. Se muestra en la Tabla 3 un resumen de los valores utilizados por el Consultor, así como algunos de los valores recomendados de acuerdo con la Guía AASHTO 1993 o el Manual Centroamericano para el diseño de pavimentos de SIECA:

Tabla 3. Resumen de parámetros de entrada para el diseño. Fuente: FHECOR

Parámetro	Valor utilizado en informe “Diseño de Detalle de la Ampliación del Viaducto existente sobre el río Virilla, Ruta Nacional No. 32 Carretera Braulio Carrillo”		Valores recomendados por la Guía AASHTO 1993
Serviciabilidad	PSI ₀	Flexible = 4,2	4,2
	PSI _f	2,5	2,5
Periodo de diseño	20 años		15-30 años para troncales urbanas y rurales
Confiabilidad (R)	90%		80 - 99 para troncales suburbanas y 75 - 95 para troncales rurales
Desviación	Flexible - Semirrígido = 0,49		Flexible - Semirrígido = 0,40 - 0,50
Módulo resiliente de la subrasante	Mr(psi) = 9500		Se pueden utilizar correlaciones con el valor de CBR
Coeficientes de drenaje (mx)	m1 = 1,00 m2 = 1,00 m3 = 0,90		Se determinan en función de la calidad del drenaje
Coeficientes estructurales (ax)	Carpeta asfáltica	a1= 0,42	Se determina en función de las propiedades de la mezcla asfáltica
	Base estabilizada	a2 = 0,16	Se determina en función de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos a 7 días, para BE-25= 3 MPa a2=0,16
	Subbase granular	a3 = 0,13	Se determina en función del CBR, para CBR=30% a3=0,11

Módulo resiliente

Respecto al módulo resiliente de la subrasante, se indica en el diseño que se utilizarán correlaciones por medio del gráfico de Huang, Yang, Pavement Analysis and Design, 2 ed., Prentice-Hall, 2002. En el diseño se hace referencia a que, se realizaron prospecciones al material de fondo de desmonte para determinar las características de la subrasante, sin



embargo, obteniendo valores del CBR de 15,2 y 6,4 (CBR-3 y CBR-4) cuando se compactó al 95% del Proctor estándar, al tratarse de materiales de alta plasticidad se consideró utilizar un CBR -5 (MR = 6000 psi).de manera conservadora.

Además, se identificó en el documento de diseño, un análisis de la variación estacional que presentan los módulos obtenidos durante un año. Esto es de importancia debido a que el propósito principal de describir la estacionalidad del módulo, es cuantificar el daño relativo al que un pavimento es sometido debido a las variaciones climáticas, lo cual permite considerar este aspecto en las variables del diseño. De acuerdo con el análisis de variación estacional, se considera finalmente un valor para el módulo resiliente de 9500 psi.

Coeficientes de drenaje

Este parámetro representa un ajuste a los coeficientes estructurales en función de la calidad y condiciones del drenaje principalmente de las capas granulares que no son estabilizadas con algún agente externo, es por esto, que su determinación representa un aspecto fundamental durante el proceso de diseño. En la memoria de pavimentos, se toma en consideración la tabla incluida en el Manual de SIECA, no obstante, en el documento no se indica claramente cuál es la calidad del drenaje ni el tiempo al que las capas se verán expuestas a condiciones de humedad cercanas a la saturación consideradas por el Consultor para la elección de los coeficientes de drenaje.

Lo anterior toma importancia ya que, una memoria de diseño debe realizarse de tal manera que, permita a un revisor externo realizar la trazabilidad del procedimiento de análisis y diseño empleado, así como de las suposiciones o simplificaciones realizadas por el Diseñador.

En fecha 19 de mayo de 2023, se consultó con la nota informe EIC-Lanamme-387-2023, por la justificación de los coeficientes de drenaje utilizados, la Administración envió como respuesta el oficio UNOPS-90413-20230605-080-DF en donde el diseñador justifica la elección con el manual de diseño de estructuras de pavimentos AASHTO 93, el cual en su sección 2.4, explica con qué criterio se determinó este coeficiente, indicando que a pesar de que se conoce la mejoría cuando se estabiliza un material, no se ha determinado un coeficiente para los materiales mejorados con cemento o emulsión, a su vez, se deja a criterio del diseñador la elección del coeficiente de drenaje para las subbases y bases granulares, proponiendo una afectación en el drenaje de la subbase con un 0,90 de coeficiente. A juicio del equipo auditor, se considera válido para justificar la elección de los coeficientes de drenaje del diseño.

Coeficiente estructural de la capa de mezcla asfáltica

Se evidenció la utilización de valores de módulos elásticos y coeficientes estructurales bajos para la capa asfáltica en el diseño de pavimentos, en específico, se utilizó un valor de coeficiente estructural de 0,42 el cual se determinó en función de las propiedades del material. Además, se estableció un módulo de 400 000 psi para la mezcla asfáltica, este valor es considerado como bajo por el LanammeUCR, ya que, como se ha demostrado mediante ensayos de laboratorio y retro cálculos de módulos en diferentes informes de auditoría, estos valores tienden a ser superiores a los 450 000 psi, el cual es el valor máximo establecido por la guía AASHTO 93 en su nomograma para el cálculo del coeficiente estructural de la capa asfáltica.

En el documento de respuesta UNOPS-90413-20230605-080-DF, se indica que se elige este módulo para mantener un factor de seguridad en el cálculo de espesores de pavimentos, aun así, se tiene un sobre espesor que, como indica el diseñador es de 7 mm, es importante mencionar que a pesar de que para este proyecto no es significativo por su poca longitud, no



obstante, cabe destacar que el contratista debería de optimizar en el diseño para evitar el desperdicio de recursos estatales con excedentes de materiales por sobre diseños, aspecto que le compete a la Administración corregir.

Adicionalmente, en la descripción de las características de los materiales y sus parámetros de cálculo, en cuanto a la mezcla asfáltica el documento de diseño se limita a mencionar que será una mezcla asfáltica tipo Superpave de acuerdo con lo especificado en la Sección 402 del CR-2020.

Por otro lado, es criterio del equipo auditor que se debe valorar, incluir el uso de una mezcla asfáltica modificada con polímeros, de manera que se pueda obtener un mejor desempeño ante los fenómenos de fatiga y deformación permanente, además, de acuerdo con distintos informes de laboratorio este tipo de mezcla tiende a presentar módulos elásticos mayores que una capa asfáltica convencional, lo cual implica un coeficiente estructural mayor que puede resultar un diseño más eficiente.

c- Revisión del tránsito y ejes equivalentes de diseño

Para la recopilación de los datos de tránsito, se utilizaron los datos contenidos en los Anuarios de Información de Tránsito del Ministerio de Obras Públicas y Transporte de Costa Rica, específicamente la información de aforos en la sección de control 40500. Se utilizó la información de la estación permanente E10 (Barrio Socorro) y de la estación temporal 174. Se utilizó esta información para los valores de TPDA y composición porcentual de la flota vehicular.



Figura 2. Distribución del TPDA y cálculo de W18. Fuente: FHECOR

CLASIFICACIÓN VEHICULAR (%)													
PASAJ		C.LIV.		BUS		2 EJES		3 EJES		4 EJES		5 EJES	
69.13%		15.78%		2.15%		4.02%		1.35%		0.09%		7.49%	

AÑO	TA	T.P.D.	NÚMERO DE VEHÍCULOS DE CADA CATEGORÍA POR AÑO										
2018	-	21,649	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2019	3.00 %	22,298	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2020	3.00 %	22,967	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2021	3.00 %	23,656	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2022	3.00 %	24,366	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2023	3.00 %	25,097	6,332,588	1,445,512	196,949	368,248	123,665	8,244	686,114				
2024	3.00 %	25,850	6,522,588	1,488,882	202,858	379,297	127,376	8,492	706,700				
2025	3.00 %	26,626	6,718,392	1,533,578	208,948	390,683	131,200	8,747	727,915				
2026	3.00 %	27,425	6,919,999	1,579,598	215,218	402,407	135,137	9,009	749,758				
2027	3.00 %	28,248	7,127,662	1,627,000	221,676	414,483	139,192	9,279	772,258				
2028	3.00 %	29,095	7,341,381	1,675,785	228,323	426,911	143,366	9,558	795,414				
2029	3.00 %	29,968	7,561,661	1,726,067	235,174	439,720	147,667	9,844	819,280				
2030	3.00 %	30,867	7,788,500	1,777,847	242,229	452,911	152,097	10,140	843,857				
2031	3.00 %	31,793	8,022,153	1,831,181	249,496	466,499	156,660	10,444	869,173				
2032	3.00 %	32,747	8,262,870	1,886,129	256,982	480,497	161,361	10,757	895,254				
2033	3.00 %	33,729	8,510,653	1,942,689	264,688	494,906	166,200	11,080	922,100				
2034	3.00 %	34,741	8,766,005	2,000,977	272,630	509,755	171,186	11,412	949,767				
2035	3.00 %	35,783	9,028,928	2,060,993	280,807	525,044	176,321	11,755	978,254				
2036	3.00 %	36,856	9,299,672	2,122,795	289,227	540,788	181,608	12,107	1,007,588				
2037	3.00 %	37,962	9,578,743	2,186,497	297,907	557,016	187,058	12,471	1,037,824				
2038	3.00 %	39,101	9,866,140	2,252,100	306,845	573,729	192,670	12,845	1,068,963				
2039	3.00 %	40,274	10,162,117	2,319,662	316,050	590,940	198,450	13,230	1,101,031				
2040	3.00 %	41,482	10,466,925	2,389,239	325,530	608,665	204,403	13,627	1,134,056				
2041	3.00 %	42,726	10,780,817	2,460,889	335,292	626,919	210,532	14,035	1,168,065				
2042	3.00 %	44,008	11,104,297	2,534,729	345,353	645,729	216,849	14,457	1,203,113				
2043	3.00 %	45,328	11,437,365	2,610,757	355,711	665,098	223,354	14,890	1,239,200				
SUMA X AÑOS			181,599,456	41,452,906	5,647,893	10,560,245	3,546,352	236,423	19,675,684				

FACTOR CAMIÓN			0.01	0.26	1.71	0.47	1.1	1.71	1.71
ESAL POR TIPO DE VEHÍCULO			1,815,995	10,777,756	9,657,897	4,963,315	3,900,987	404,283	33,645,420

TOTAL ESAL		65,165,653	
------------	--	------------	--

FACTOR DIRECCIONAL				0.5	
FACTOR CARRIL DISEÑO				0.8	
W18				26,066,261	

Sin embargo, se menciona en la memoria de cálculo que para los valores de Factor Camión se utilizan las recomendaciones del oficio DVOP-5170-07, elaborado en el año 2007 por el Ing. Pedro Castro. Es criterio del equipo auditor que con el fin de utilizar insumos de diseño vigentes que representen adecuadamente las condiciones actualizadas de carga en los pavimentos se puede valorar el uso de los factores camión que fueron estimados por el LanammeUCR en el informe *LM-PI-UGM-INF-02-2020: Determinación de los factores camión asociados a encuestas de carga y estaciones de pesaje en Costa Rica en el periodo 2007 – 2017*, el cual fue publicado en enero del 2020.

En específico para el factor de distribución por carril se utiliza un valor entre 0,8 y 1,0 correspondiente a una sección típica de dos carriles por sentido, de acuerdo con lo establecido en el Manual de SIECA.

Se recomienda revisar los valores de factor camión actualizados *LM-PI-UGM-INF-02-2020*, para contar con un valor de W18 que responda de manera más fiable a las solicitudes del proyecto, sin embargo, después de esta recomendación el equipo auditor no tiene conocimiento de que el diseño se haya actualizado con nuevos factores camión.

d- Revisión de espesores del pavimento

Pavimento de aproximaciones al puente



Posterior a la verificación realizada a los parámetros de diseño y a la determinación de los ejes equivalentes, se procedió a revisar el cálculo del número estructural requerido y disponible. Con base a los supuestos y criterios, considerados por FHECOR, se realizó una reproducción de los cálculos, obteniéndose el número estructural para las capas del pavimento.

Tabla 4. Revisión de espesores del diseño de pavimento propuesto para el proyecto

Escenario	Diseño estructural a 20 años			
Tipo de pavimento	Semirrígido			
ESAL'S de diseño	26 066 261			
Capa	Espesor propuesto (cm)	SN Diseño	SN Requerido	Diferencia (%)
Carpeta asfáltica	15	2,48	1,05	57,7%
Base estabilizada BE-25	30	4,37	4,30	5,7%
Subbase	30	5,75	5,34	7,1%
SN Total	-	5,75	5,34	7,1%

*El cálculo del SN requerido se realizó con base en los supuestos y criterios considerados por el consultor.

Tal y como se puede observar en la Tabla 4, en el caso de la estructura de pavimento semirrígido con base estabilizada, considerando los mismos parámetros que FHECOR, así como del paquete estructural completo se evidencia que, para la carpeta asfáltica se tiene un valor mayor al requerido de acuerdo con los ejes equivalentes de diseño. En este caso, el espesor obtenido se explica por el valor de módulo y coeficiente estructural utilizados para la mezcla asfáltica.

De acuerdo con los valores obtenidos se cumple con la metodología AASHTO 1993, donde se indica que el número estructural de diseño debe ser siempre mayor al SN requerido para soportar las cargas del tránsito.

Ante la consulta hecha por el equipo auditor en la nota informe EIC-Lanamme-387-2023, la Administración en su oficio UNOPS-90413-20230605-080-DF, indica que solo se tiene una diferencia de 7,7% con respecto al número estructural propuesto, esto es un error por parte de la Administración debido a que obtiene esta diferencia con base en los números estructurales totales de la estructura de pavimentos, sin embargo, la diferencia en el número estructural de la carpeta asfáltica persiste, lo que podría estar ocasionando sobre diseños en el espesor de capa de rodamiento propuesta por el diseñador.

SOBRE LOS DOCUMENTOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL

HALLAZGO NO. 2. SE EVIDENCIÓ QUE LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA CARGAS NO SÍSMICAS CUMPLE CON UN 70 %, EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE LAS MEDIDAS DEL MEJORAMIENTO CUMPLE EN UN 62 % Y EL ANÁLISIS SISMORRESISTENTE CUMPLE EN UN 79 % DE LOS PARÁMETROS ESTABLECIDOS EN LA NORMA AASHTO LRFD 2017.

Con el apoyo del Programa de Ingeniería Estructural (PIE) del LanammeUCR, se procedió a realizar la revisión de las memorias de cálculo desarrolladas para el diseño estructural del



proyecto “Rehabilitación y ampliación del puente existente sobre el río Virilla, en la Ruta Nacional N°32”, el PIE elaboró el informe EIC-Lanamme-INF-0208-2023 del día 17 de febrero de 2023, el cual se remitió a la Administración mediante oficio EIC-Lanamme-128-2023 del 22 de febrero de 2022. Por parte de la Administración se emitió el oficio POE-09-2023-0079 con fecha del 20 de marzo de 2023 y la nota de UNOPS 90413-20230316-025-DF del día 16 de marzo de 2023 con las respuestas del diseñador estructural. Por último, el PIE responde con el memorado MEMO-UP-0009-2023 del día 25 de abril de 2023.

La memoria de cálculo del diseño estructural del puente sobre el río Virilla se revisó en función de los requerimientos solicitados de diseño indicados en el Apéndice A5 de la Normativa de Diseño de Puentes AASHTO LRFD 2017 en donde se detectaron incumplimientos debido a la falta de información solicitada por la norma AASHTO LRFD 2017 e inconsistencias en la información presentada en la memoria de cálculo y otros aspectos que dificultan el seguimiento de los cálculos por parte del equipo revisor.

A continuación, se detallan las inconsistencias y oportunidades de mejora identificadas en la memoria de cálculo del puente sobre el río Virilla Ruta N°32, el PIE fundamentó los siguientes criterios para la revisión de la memoria de cálculo.

1) Procedimiento de **evaluación estructural** para cargas no sísmicas

- a) Las normativas aplicables para la evaluación de puentes existentes fueron aplicadas de forma incorrecta o incompleta.

Según lo establecido en la memoria de cálculo y según la revisión de evaluación estructural para cargas no sísmicas, conforme la normativa aplicable de diseño se consideraron cargas vehiculares no establecidas en la reglamentación referenciada para la revisión, lo que podría conllevar a un sobre costo en la construcción de los elementos para mejora.

- b) Omisión de información para la memoria de cálculo por parte de la firma que desarrolló el diseño que impide la revisión del cumplimiento de la norma aplicable.

Dentro de los informes de las pruebas realizadas a la estructura existente se debería de incluir revisión de los datos para los ensayos de concreto realizados y también proporcionar por completo los datos de entrada que se solicita en la norma AASHTO LRFD 2017, esto debido a la **omisión del número de carriles de diseño**.

En los diferentes factores que solicita AASHTO LRFD 2017 se evidenciaron inconsistencias de elementos faltantes, como el *factor de presencia de carga vehicular* el cual no fue posible verificar; esto debido a la falta de evidencia en la memoria presentada, también se omitieron los *factores de combinaciones de carga* para los estados límite; esto dificulta la revisión de los cálculos e incumple con la norma solicitada por el cartel de licitación. Adicionalmente, no se considera ningún factor para el acero de refuerzo existente como lo solicita la norma AASHTO MBE 6A.4.2.3.



Se denota falta de información, por ejemplo, la justificación del porqué el uso de factores de reducción en una revisión de flexión de vigas presforzadas incumpliendo con la normativa AASHTO LRFD 2017 5.5.4.2 y 5.6.2.1.

En los diferentes elementos tales como los tendones y para los tramos de la superestructura N°2, se detectó la omisión de información correspondiente a falta de uso con respecto a factores de reducción de carga para la resistencia de flexión y flexocompresión solicitados por parte de la normativa, adicionalmente para la resistencia a flexión no se revisó el acero de refuerzo mínimo para las superestructuras existentes como lo solicitan los artículos 6A.5.6 de AASHTO MBE y 5.6.3.3 de AASHTO LRFD 2017.

No hay evidencia de los siguientes aspectos, como revisión de efectos de esbeltez en columnas, diagramas de interacción en las pilas, capacidad actual de las cimentaciones ni tampoco que se ha revisado el deslizamiento de la base de las cimentaciones, por lo tanto, no se pueden verificar los artículos de la norma AASHTO LRFD 2017 relacionados con las bases de la estructura.

2) Procedimiento de evaluación de **diseño estructural de las medidas del mejoramiento** del puente para cargas no sísmicas.

a) Las normativas aplicables para la evaluación de puentes existentes fueron aplicadas de forma incorrecta o incompleta.

Se mantienen inconsistencias con las referencias indicadas por el cartel de licitación y las utilizadas para el diseño estructural debido a que se menciona en la memoria de cálculo la norma AASHTO LRFD 2007 que no cumple con la solicitada por el cartel de edición 2017, según la respuesta del contratista con el documento UNOPS-90413-20230316-025-DF, se aplica la normativa del año 2017, se solicita corregir la memoria de cálculo y corroborar que efectivamente se utilizaron las ecuaciones según contrato, como se denota en el memorándum de respuesta MEMO-UP- 0009-2023.

Adicionalmente, en una revisión de lo presentado en planos por parte del Programa de Ingeniería Estructural del LanammeUCR, se detectó que con respecto al artículo 5.10.1. de la norma AASHTO LRFD 2017, los recubrimientos son insuficientes para las superficies exteriores de pilas reforzadas, vigas, losas nuevas y superficies coladas contra terreno de bastiones nuevos.

b) Omisión de información para la memoria de cálculo por parte de la firma que desarrolló el diseño que impide la revisión del cumplimiento de la norma aplicable.

Se debe incluir los respectivos cálculos para la cuantía de acero mínimo requerido en las estructuras propuestas para el mejoramiento de las medidas debido a que, no se identificó evidencia para el cálculo de acero longitudinal del tablero de acuerdo, ni tampoco hubo verificación del acero mínimo como lo solicita la normativa AASHTO LRFD 2017.



Faltan evidencias donde se vea reflejado el uso de los factores modificadores de carga para la ductilidad, redundancia o importancia operacional debido que estos son solicitados por la normativa para ser utilizados en elementos propuestos para el mejoramiento tales como el tablero.

Varios procedimientos de revisión no se pudieron verificar de acuerdo con la normativa debido a la omisión de estos en la memoria de cálculo desarrollada. De los artículos del diseño que no se presentan en la memoria son las combinaciones de carga para vigas principales, tampoco se encontró evidencia que muestre el uso de factores de carga viva vehicular par el diseño de vigas y losas, ni las verificaciones que se deben realizar por parte el equipo diseñador para la revisión de los anclajes de las vigas de concreto presforzado.

Parte del proceso de una metodología de diseño está en que se deben desarrollar los procedimientos adecuados para la revisión de cargas que afecten el proyecto. Es importante recalcar que se debe realizar la revisión por efectos del viento en las mejoras propuestas, debido que no se indica en la memoria de cálculo si esta carga es despreciable en comparación con las de sismo.

3) Procedimiento de análisis y diseño sismorresistente del puente

- a) Las normativas aplicables para la evaluación de puentes existentes fueron ejecutadas de forma incorrecta o incompleta.

Según lo establecido en el manual *Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes*, publicado por el CFIA, para el cálculo de amenaza sísmica se debió considerar con importancia *Crítica* y no *Esencial* como lo indica el diseñador, ya que debido a este cambio de clasificación el factor de importancia operacional es menor al solicitado por el manual en referencia, esto según los criterios establecidos por el Programa de Ingeniería Estructural de LanammeUCR mencionados en el informe EIC-Lanamme-INF-0208-2023. En respuesta a este oficio la Administración envió la respuesta POE-09-2023-0079 con fecha del 20 de marzo de 2023 donde se emite el documento del diseñador estructural del proyecto UNOPS-90413-20230316-025-DF, e indica que el criterio tomado para la importancia operacional es aprobado por la Administración cuando se detalla que bajo el concepto de *un sismo con un periodo de retorno de aproximadamente 1000 años es equivalente un factor de importancia de $I=1.0$* , el PIE y el equipo auditor dan por justificado el criterio de elección. Sin embargo, así como se menciona en el MEMO-UP-0009-2023, se debe agregar esta justificación dentro del informe de diseño.

- b) Omisión de información para la memoria de cálculo por parte de la firma verificadora que impide la revisión del cumplimiento de la norma aplicable.

Para los cálculos elaborados se omite información como la falta de revisión para los desplazamientos inelásticos. Tampoco se revisaron cargas axiales en la columna de las pilas, donde si esta carga tiende a ser mayor, la contribución del concreto podría tener repercusiones por capacidad de cortante en la sección. El diseñador en el oficio UNOPS-90413-20230316-025-DF, menciona que con lo presentado en el informe es suficiente para justificar los datos propuestos para el desarrollo de la rehabilitación del Puente sobre el Río Virilla, no obstante,



en el MEMO-UP-0009-2023, se reitera por parte del PIE, la necesidad de justificar los diferentes cálculos para el desarrollo del diseño.

SOBRE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES

HALLAZGO NO. 3. SE EVIDENCIÓ CONFORMIDAD EN LOS RESULTADOS OBTENIDOS POR PARTE DEL LANAMMEUCR PARA LAS MUESTRAS TOMADAS DE ACERO DE REFUERZO Y TORONES PRESENTAN CUMPLIMIENTO A LOS PARÁMETROS ESPECIFICADOS

Específicamente, para este análisis de resultados se tomaron en consideración los datos obtenidos a partir de los ensayos realizados en varillas de acero corrugado con diferentes diámetros y torones en el lapso que comprende de julio 2023 a marzo 2024. Vale la pena recalcar que cada muestra de varillas corresponde a un conjunto de tres especímenes cuyos resultados se promedian para obtener el valor presentado en este documento.

Según el CR-2020, los criterios de aceptación varillas de acero corrugado estarán dados por lo establecido en las subsecciones 107.02 Inspección visual y 107.03 Certificación. Los ensayos realizados por LanammeUCR, tanto para las varillas de acero corrugado como para los torones, corresponden a los especificados en las normas ASTM-A706 y ASTM-A416, respectivamente.

A partir de lo anterior se detalla sobre los resultados obtenidos a continuación:

I. Varillas

Geometría y masa

Las características de geometría y masa de las varillas de acero corrugado son fundamentales para garantizar la integridad de las estructuras de concreto reforzado. La geometría de las varillas, incluido su diámetro y la disposición de las corrugas, influye directamente en su capacidad para resistir esfuerzos. El incumplimiento de las especificaciones de geometría podría afectar negativamente la resistencia de las varillas y, por lo tanto, comprometer la capacidad de carga de la estructura. A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de los muestreos realizados.



Tabla 5. Resultados obtenidos a partir del muestreo realizado por LanammeUCR para el parámetro de masa promedio de varillas con diferentes diámetros. Periodo: julio 2023- marzo 2024.

Muestra	Número de varilla	Grado de la varilla	Masa promedio obtenida (kg/m)	Valor de referencia (kg/m)	Cumplimiento
M-2040-2023	#3	60	0,536	0,560	Cumple
M-2041-2023	#4		0,948	0,994	Cumple
M-1321-2023	#4		0,940	0,994	Cumple
M-2042-2023	#5		1,466	1,552	Cumple
M-1322-2023	#5		1,540	1,552	Cumple
M-1448-2023	#6		2,123	2,235	Cumple
M-1323-2023	#6		2,140	2,235	Cumple
M-1324-2023	#8		3,807	3,973	Cumple
M-1449-2023	#10		6,070	6,404	Cumple
M-0411-2024	#4		0,983	0,994	Cumple
M-0412-2024	#5		1,539	1,552	Cumple
M-0413-2024	#6		2,124	2,235	Cumple
M-0417-2024	#8		3,754	3,973	Cumple

Tabla 6. Resultados obtenidos a partir del muestreo realizado por LanammeUCR para el parámetro de diámetro promedio nominal de varillas con diferentes diámetros. Periodo: julio 2023- marzo 2024.

Muestra	Número de varilla	Grado de la varilla	Diámetro promedio nominal (mm)	Valor de referencia (mm)	Cumplimiento
M-2040-2023	#3	60	9,5	9,5	Cumple
M-2041-2023	#4		12,7	12,7	Cumple
M-1321-2023	#4		12,7	12,7	Cumple
M-2042-2023	#5		15,9	15,9	Cumple
M-1322-2023	#5		15,9	15,9	Cumple
M-1448-2023	#6		19,1	19,1	Cumple
M-1323-2023	#6		19,1	19,1	Cumple
M-1324-2023	#8		25,4	25,4	Cumple
M-1449-2023	#10		32,3	32,3	Cumple
M-0411-2024	#4		12,7	12,7	Cumple
M-0412-2024	#5		15,9	15,9	Cumple
M-0413-2024	#6		19,1	19,1	Cumple
M-0417-2024	#8		25,4	25,4	Cumple



Tabla 7. Resultados obtenidos a partir del muestreo realizado por LanammeUCR para el parámetro de área promedio nominal de varillas con diferentes diámetros. Periodo: julio 2023- marzo 2024.

Muestra	Número de varilla	Grado de la varilla	Área promedio nominal (mm ²)	Valor de referencia (mm ²)	Cumplimiento
M-2040-2023	#3	60	71	71	Cumple
M-2041-2023	#4		129	129	Cumple
M-1321-2023	#4		129	129	Cumple
M-2042-2023	#5		199	199	Cumple
M-1322-2023	#5		199	199	Cumple
M-1448-2023	#6		284	284	Cumple
M-1323-2023	#6		284	284	Cumple
M-1324-2023	#8		510	510	Cumple
M-1449-2023	#10		819	819	Cumple
M-0411-2024	#4		129	129	Cumple
M-0412-2024	#5		199	199	Cumple
M-0413-2024	#6		284	284	Cumple
M-0417-2024	#8		510	510	Cumple

Según los resultados mostrados en la Tabla 5, Tabla 6 y Tabla 7, los elementos muestreados cumplen con los estándares de calidad en cuanto a geometría y masa.

Características mecánicas

En el ámbito de la construcción de elementos estructurales sismorresistentes, la evaluación de las características mecánicas de varillas de acero es de suma importancia. Características como el esfuerzo de fluencia, esfuerzo máximo y elongación, desempeñan un papel crucial en la capacidad de estos elementos para resistir cargas estáticas y dinámicas.

El esfuerzo de fluencia representa la carga máxima que una varilla puede soportar antes de experimentar deformaciones permanentes. El esfuerzo máximo define la carga máxima que una varilla puede resistir antes de fallar. La elongación, expresada como porcentaje, representa la deformación que una varilla puede experimentar antes de fallar. Este último aspecto es crucial ante la presencia sísmicas o cíclicas, ya que permite evaluar la capacidad de las varillas para absorber energía, deformarse de manera controlada.

En la Figura 3 y Figura 4 se presentan los resultados obtenidos para esfuerzo de fluencia y esfuerzo máximo, correspondientemente. La evaluación de estos valores se realizó con respecto a los límites superiores e inferiores presentados en la norma ASTM A706. En el caso de esfuerzo de fluencia, a excepción de la muestra 5, todas cumplen con estar dentro de los límites establecidos por la norma. En el caso mencionado, el valor de esfuerzo de fluencia de la muestra 5 corresponde a 541,33 MPa, ubicándola por encima del límite superior establecido para varillas grado 60 que es de 540,0 MPa. Con respecto al esfuerzo máximo, todas las muestras cumplen con estar por encima del límite inferior de 550 MPa establecido por la norma.



Figura 3. Resultados obtenidos a partir del muestreo realizado por LanammeUCR para el parámetro de esfuerzo de fluencia de varillas con diferentes diámetros. Periodo: julio 2023-noviembre 2023.

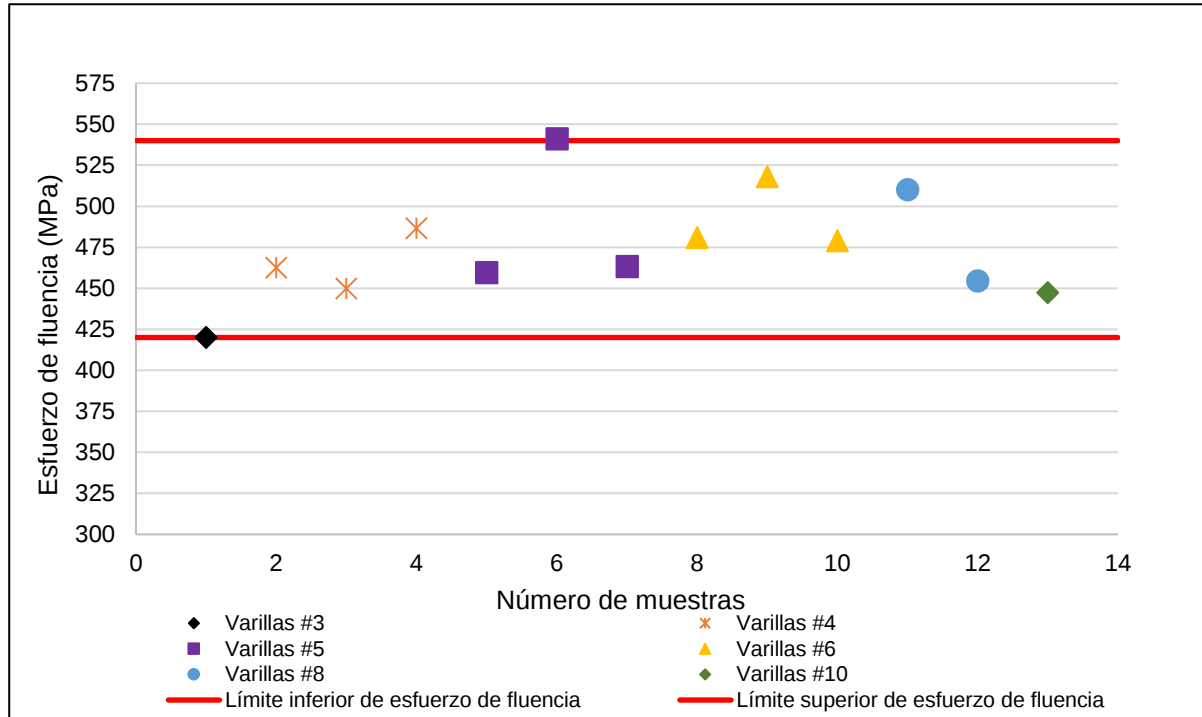
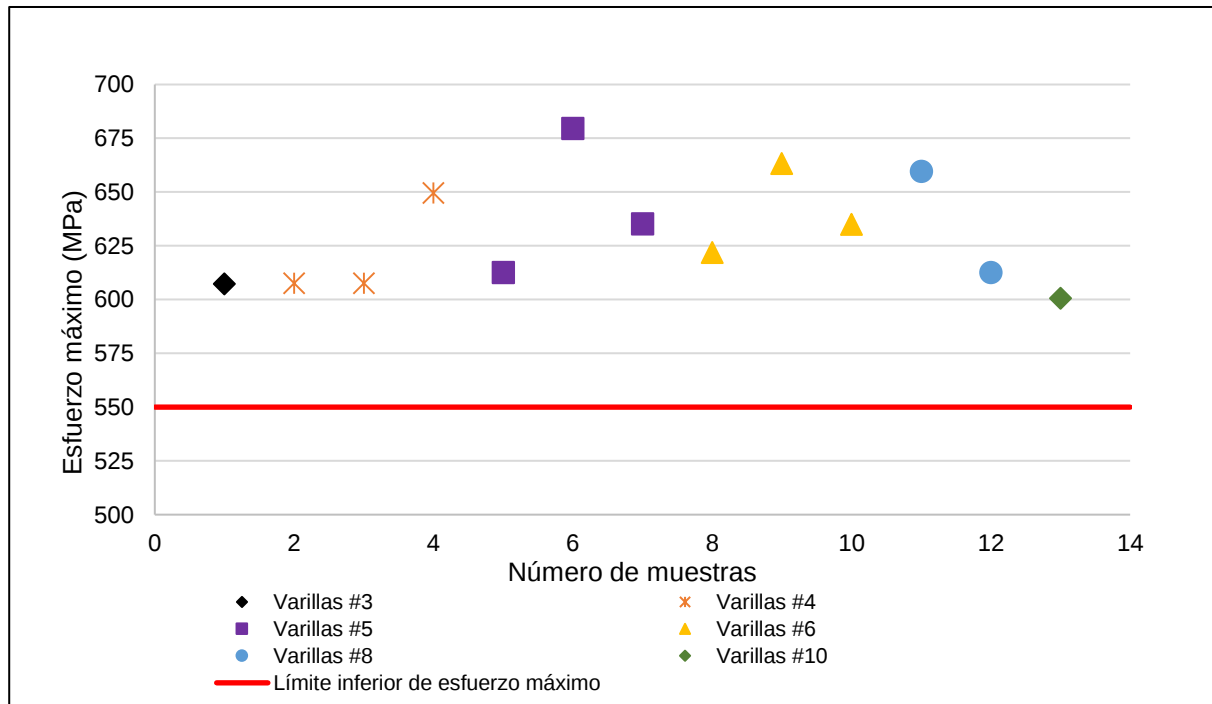


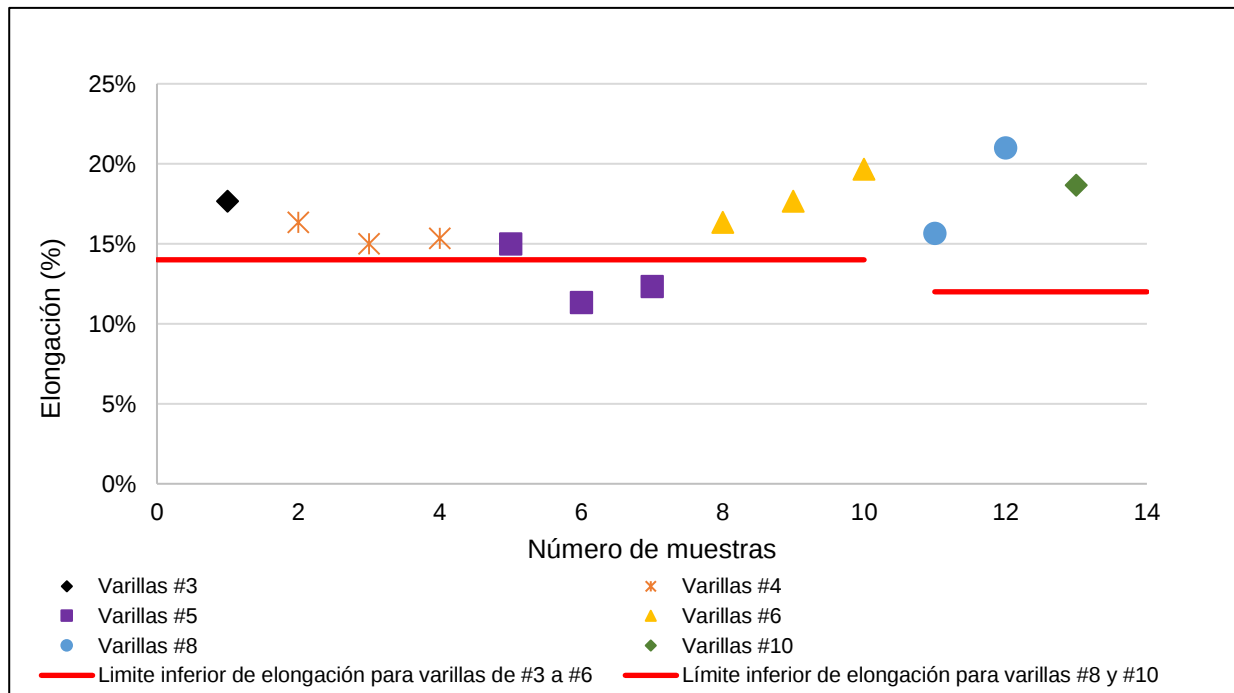
Figura 4. Resultados obtenidos a partir del muestreo realizado por LanammeUCR para el parámetro de esfuerzo máximo de varillas con diferentes diámetros. Periodo: julio 2023-noviembre 2023.





De los resultados de porcentaje de elongación obtenidos para las diferentes muestras, solamente una de las muestras de varilla #5 está cumpliendo con la elongación mínima indicada en la norma. Se recalca que para el gráfico de la Figura 5 se toman en cuenta los resultados del promedio de tres especímenes, aunado a lo anterior, para las muestras que no están cumpliendo dos de los especímenes fallaron fuera de la zona de control, sin embargo, realizando un análisis de los especímenes individuales que sí fallaron en la zona de control estos obtuvieron resultados por encima de lo especificado en la norma.

Figura 5. Resultados obtenidos a partir del muestreo realizado por LanammeUCR para el parámetro de elongación de varillas con diferentes diámetros. Periodo: julio 2023-noviembre 2023.



Corrugación

El corrugado de las varillas de acero utilizadas para refuerzo es de suma importancia ya que permite la correcta adherencia del concreto al tener una mayor superficie de contacto. Esto es sumamente relevante para que el concreto y acero funcionen como un solo elemento ante las diferentes cargas que se pueden presentar en estructuras sismorresistentes, garantizando así que los esfuerzos se transfieran eficientemente entre estos. Además, las corrugaciones ayudan a prevenir el deslizamiento de las varillas dentro del concreto, lo que afectaría negativamente la integridad estructural.

Dado lo mencionado anteriormente, es imperante la necesidad de verificar el cumplimiento de la normativa vigente en cuanto a este parámetro. A continuación, se presentan los resultados obtenidos referente a este.



Tabla 8. Resultados obtenidos a partir del muestreo realizado por LanammeUCR para el parámetro de espaciamiento promedio de varillas con diferentes diámetros. Periodo: julio 2023 - marzo 2024.

Muestra	Número de varilla	Grado de la varilla	Espaciamiento promedio (mm)	Límite superior (mm)	Cumplimiento
M-2040-2023	#3	60	5,83	6,70	Cumple
M-2041-2023	#4		8,23	8,90	Cumple
M-1321-2023	#4		8,60	8,90	Cumple
M-2042-2023	#5		9,63	11,10	Cumple
M-1322-2023	#5		10,40	11,10	Cumple
M-1448-2023	#6		11,40	13,30	Cumple
M-1323-2023	#6		12,67	13,30	Cumple
M-1324-2023	#8		16,60	17,80	Cumple
M-1449-2023	#10		19,10	22,60	Cumple
M-0411-2024	#4		8,30	8,90	Cumple
M-0412-2024	#5		10,43	11,10	Cumple
M-0413-2024	#6		11,43	13,30	Cumple
M-0417-2024	#8		15,47	17,80	Cumple

Tabla 9. Resultados obtenidos a partir del muestreo realizado por LanammeUCR para el parámetro de altura de corrugación de varillas con diferentes diámetros. Periodo: julio 2023 - marzo 2024.

Muestra	Número de varilla	Grado de la varilla	Altura de corrugación (mm)	Límite inferior (mm)	Cumplimiento
M-2040-2023	#3	60	0,587	0,380	Cumple
M-2041-2023	#4		0,817	0,510	Cumple
M-1321-2023	#4		0,630	0,510	Cumple
M-2042-2023	#5		0,977	0,710	Cumple
M-1322-2023	#5		0,950	0,710	Cumple
M-1448-2023	#6		1,257	0,970	Cumple
M-1323-2023	#6		1,237	0,970	Cumple
M-1324-2023	#8		1,533	1,270	Cumple
M-1449-2023	#10		2,270	1,630	Cumple
M-0411-2024	#4		0,600	0,510	Cumple
M-0412-2024	#5		0,997	0,710	Cumple
M-0413-2024	#6		1,153	0,970	Cumple
M-0417-2024	#8		1,593	1,270	Cumple



Tabla 10. Resultados obtenidos a partir del muestreo realizado por LanammeUCR para el parámetro de ancho máximo individual de separación de corrugación de varillas con diferentes diámetros. Periodo: julio 2023 - marzo 2024.

Muestra	Número de varilla	Grado de la varilla	Ancho máx individual de separación de corrugación (mm)	Límite superior (mm)	Cumplimiento
M-2040-2023	#3	60	1,2	3,6	Cumple
M-2041-2023	#4		3,8	4,9	Cumple
M-1321-2023	#4		2,9	4,9	Cumple
M-2042-2023	#5		2,1	6,1	Cumple
M-1322-2023	#5		3,6	6,1	Cumple
M-1448-2023	#6		2,0	7,3	Cumple
M-1323-2023	#6		1,7	7,3	Cumple
M-1324-2023	#8		3,1	9,7	Cumple
M-1449-2023	#10		3,5	12,5	Cumple
M-0411-2024	#4		2,8	4,9	Cumple
M-0412-2024	#5		3,4	6,1	Cumple
M-0413-2024	#6		1,7	7,3	Cumple
M-0417-2024	#8		2,6	9,7	Cumple

Según los resultados de los ensayos realizados, expuestos en la Tabla 8, Tabla 9 y Tabla 10, la totalidad de las muestras cumplen con los parámetros de corrugación evaluados con respecto a lo indicado en la norma.

Doble

Evaluar el doble de las varillas de acero corrugado es fundamental en la construcción y el diseño de estructuras de concreto reforzado. El objetivo de la realización de este ensayo es evaluar la ductilidad y capacidad de deformación de las varillas. Las estructuras sismorresistentes deben tener cierta capacidad de deformarse antes de fallar para así advertir en cierta forma de daños estructurales que comprometan su integridad por medio de la absorción de energía en caso de cargas extremas o eventos sísmicos.

Se realizó el respectivo ensayo para determinar que los elementos muestreados no presentaran fisuras en la porción doblada. En este caso, ninguno de los especímenes presenta fisuras visibles y cumplen con los estándares de calidad.

II. Torones

La importancia y las razones de la evaluación de parámetros de geometría y masa y de características mecánicas para torones son las mismas que para las varillas de acero por lo que a continuación únicamente se mostrarán los resultados obtenidos.



Geometría y masa

En cuanto a características de geometría y masa, los elementos muestreados cumplen con la norma. Estos resultados se muestran a continuación en la Tabla 11 y Tabla 12.

Tabla 11. Resultados obtenidos a partir del muestreo realizado por LanammeUCR para el parámetro de masa promedio medida del torón. Periodo: noviembre 2023-enero 2024.

Muestra	Cantidad de hilos	Masa promedio medida del torón (kg/1000m)	Límite inferior especificado en ASTM A416 (kg/1000m)	Cumplimiento
1	7	1106,3	1100	Cumple
2	7	1103,5	1100	Cumple

Tabla 12. Resultados obtenidos a partir del muestreo realizado por LanammeUCR para el parámetro de diámetro promedio medida del torón. Periodo: noviembre 2023-enero 2024.

Muestra	Cantidad de hilos	Diámetro promedio medida del torón (mm)	Diámetro nominal (mm)	Cumplimiento
1	7	15,16	15,2	Cumple
2	7	15,17	15,2	Cumple

Para el caso del diámetro de los torones, la norma indica que el valor obtenido puede diferir entre +0,65 mm y -0,15 mm.

Tabla 13. Resultados obtenidos a partir del muestreo realizado por LanammeUCR para el parámetro de área promedio medida del torón. Periodo: noviembre 2023-enero 2024.

Muestra	Cantidad de hilos	Área promedio medida del torón (mm ²)	Límite inferior especificado en ASTM A416 (mm ²)	Cumplimiento
1	7	146,0	140	Cumple
2	7	146,5	140	Cumple

Características mecánicas

En las Figura 6, Figura 7 y Figura 8, se muestran los resultados correspondientes a las características mecánicas de los torones ensayados. La totalidad de las muestras cumplen con lo especificado en la norma correspondiente.



Figura 6. Resultados obtenidos a partir del muestreo realizado por LanammeUCR para el parámetro de carga al 1% de deformación del torón. Periodo: noviembre 2023-enero 2024.

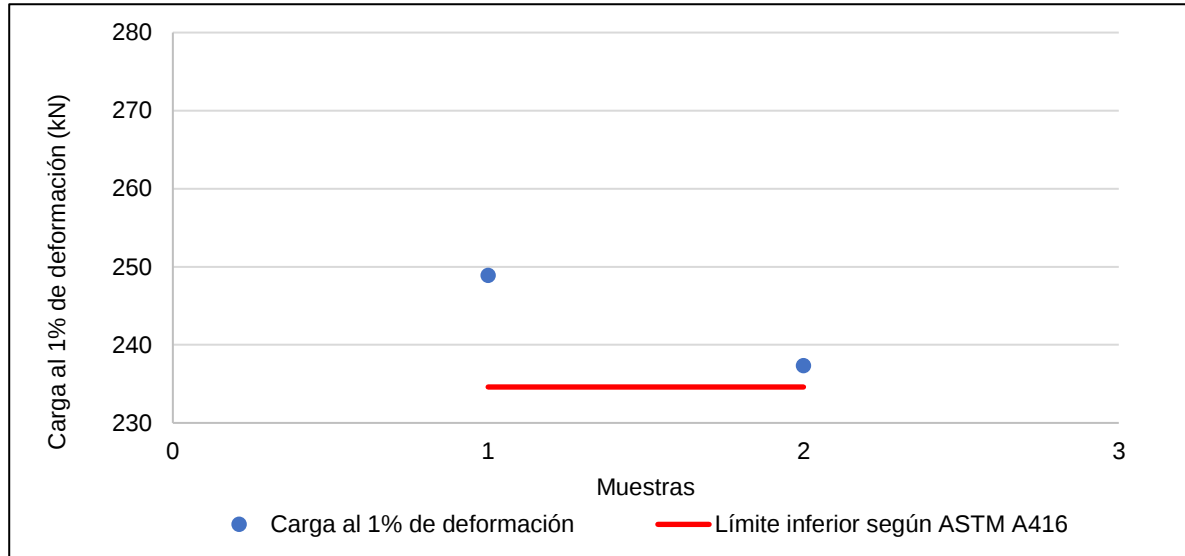


Figura 7. Resultados obtenidos a partir del muestreo realizado por LanammeUCR para el parámetro de carga máxima del torón. Periodo: noviembre 2023-enero 2024.

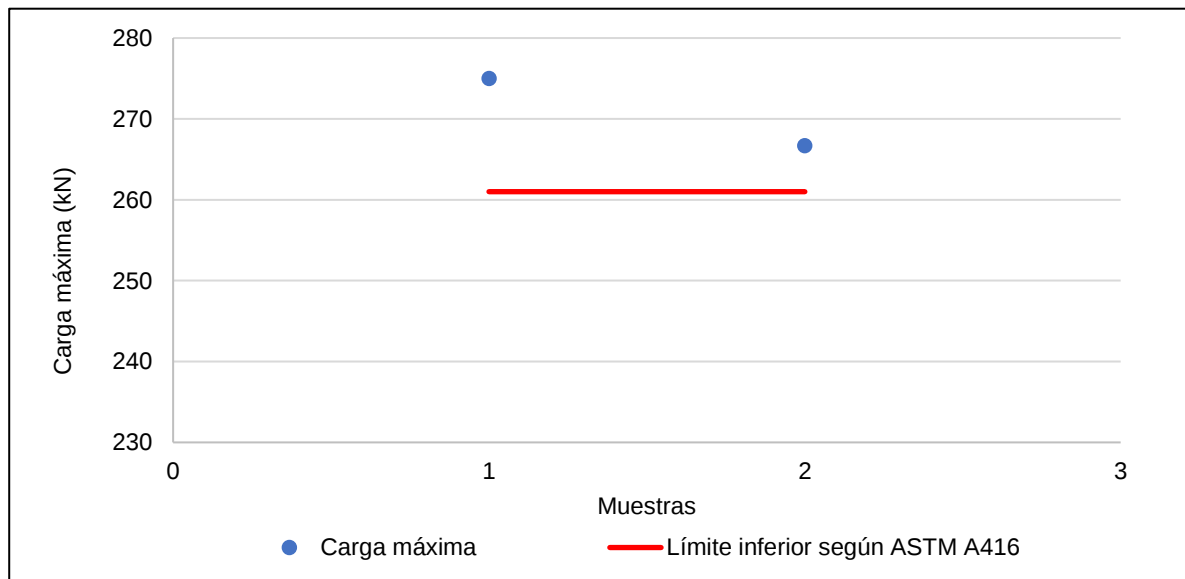
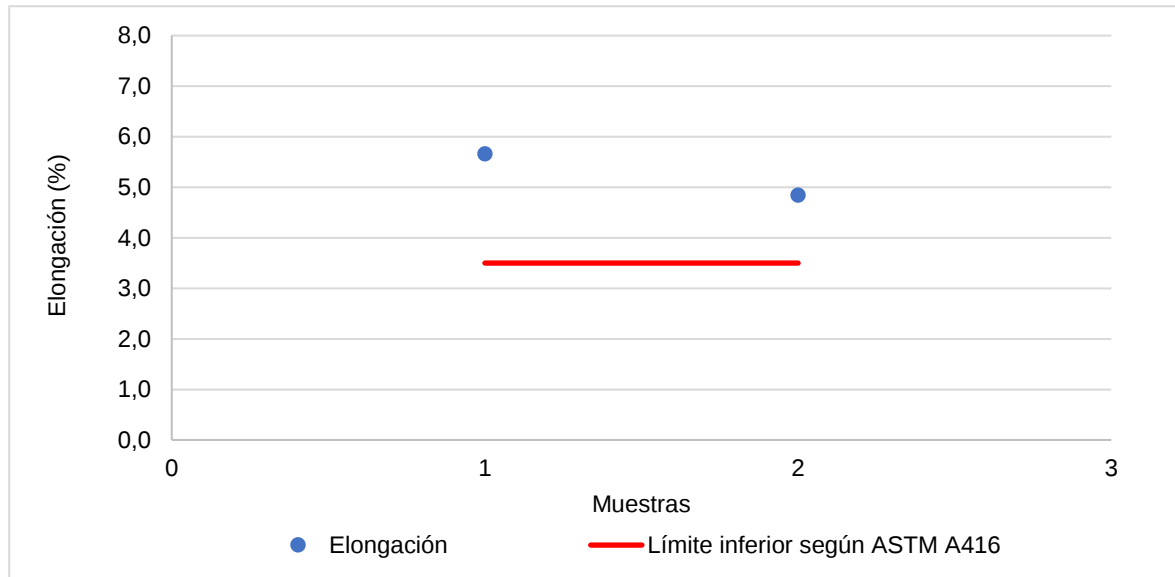




Figura 8. Resultados obtenidos a partir del muestreo realizado por LanammeUCR para el parámetro de porcentaje de elongación del torón. Periodo: noviembre 2023-enero 2024.



Finalmente, se debe comprender que los muestreos realizados por el LanammeUCR durante el proceso de fiscalización no pretenden cumplir con la función de Autocontrol de la Calidad que le corresponde al Contratista ni de Verificación de la Calidad que le corresponde a la Supervisión, sino que los ensayos se realizan como un insumo para la Administración durante la ejecución del proyecto.

HALLAZGO NO. 4. OPORTUNIDADES DE MEJORA PARA LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN CONCRETO HIDRÁULICO FRESCO TANTO EN EL MUESTREO DE ESTE PARA LOS ELEMENTOS DE CIMENTACIONES COMO EN LOS RESULTADOS DE ASENTAMIENTO Y TEMPERATURA PARA OTROS ELEMENTOS.

Para este análisis de resultados se tomaron en consideración los datos obtenidos en el lapso que comprende de junio 2023 a junio 2024. El parámetro principal que se controla para el concreto corresponde a la resistencia a la compresión, sin embargo, existen factores como el asentamiento, el contenido de aire y la temperatura que pueden afectar no solo la trabajabilidad, sino que también la durabilidad del concreto, por lo cual también se presentan los resultados de esos parámetros en este análisis.

Para el análisis a realizar en el presente informe cabe destacar que, dado que para diferentes elementos estructurales las características del concreto en términos de resistencia, porcentajes de dosificación y tipos de cemento pueden variar, los parámetros a evaluar en este informe como el asentamiento, contenido de aire y temperatura deben de satisfacer las mismas especificaciones. Los elementos muestreados tienen resistencias de diseño de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$, $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=450 \text{ kg/cm}^2$.

Según el CR-2020, los criterios de aceptación para asentamiento de la mezcla de concreto hidráulico, el contenido de aire y temperatura estarán dados por lo establecido en las



subsecciones 107.02 Inspección visual y 107.04 Conformidad determinada o ensayada. La resistencia a la compresión de especímenes de concreto hidráulico estará sujeta a lo establecido en la subsección 107.05 Evaluación estadística y determinación del factor de pago (valor del trabajo).

Por lo tanto, a partir de lo anterior se detalla sobre los resultados obtenidos a continuación:

Asentamiento del concreto

Uno de los parámetros de evaluación de la consistencia y fluidez de la mezcla de concreto hidráulico corresponde a la medición del asentamiento o del flujo, según sea el caso. Se debe comprender además que la evaluación y verificación del asentamiento es fundamental para garantizar que la composición de la mezcla de concreto cumpla con las normativas y requisitos establecidos en el proyecto, además, permite evaluar de manera rápida si la mezcla producida presenta un comportamiento similar al diseño del material.

Según lo mencionado anteriormente, la evaluación de los resultados de asentamiento se realizará con respecto a la sección 107.04 del CR-2020, a los diseños de mezcla proporcionados por MECO en el informe POCN.P6I3F3 y a los planos de diseño. En las especificaciones establecidas en el CR-2020 se tienen diferentes requisitos para este parámetro en función de la resistencia del concreto hidráulico, sin embargo, se establece como valor máximo 225 mm para concreto estructural y se aclara que los lotes que excedan este valor no podrán ser ajustados y no deben ser utilizados en el trabajo. Valores de asentamiento que se encuentren fuera del asentamiento nominal, pero por debajo del límite máximo de asentamiento pueden ser ajustados.

Figura 9. Resultados de flujo para concretos de diferentes resistencias obtenidos por la Supervisión. Fuente: Informes de verificación, CACISA. Periodo: junio 2023 – mayo 2024

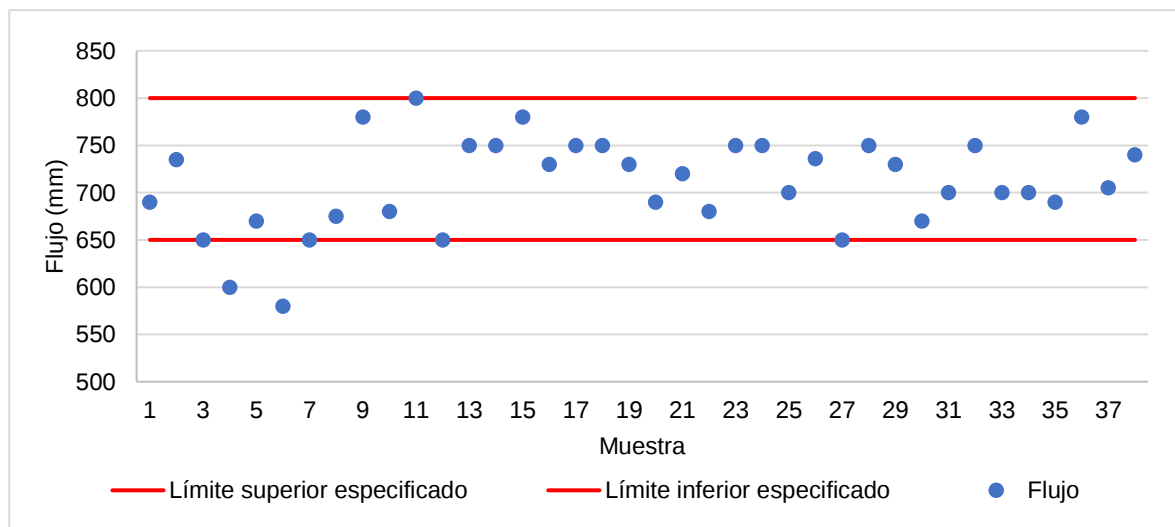
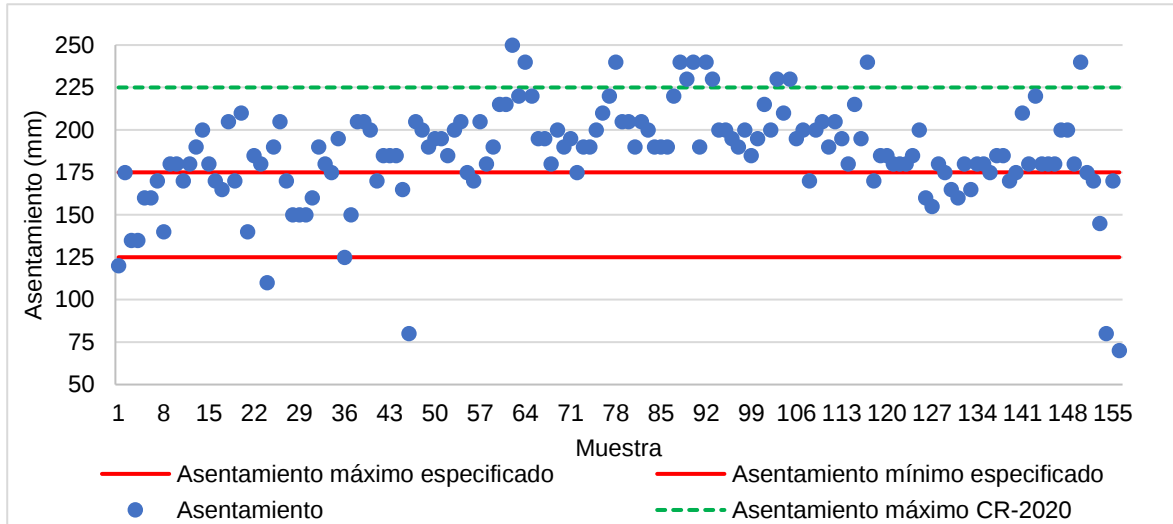




Figura 10. Resultados de asentamiento para concretos de diferentes resistencias obtenidos por la Supervisión.
Fuente: Informes de verificación, CACISA. Periodo: junio 2023 – junio 2024



Es importante mencionar que, según los diseños de mezcla proporcionados, independientemente de la resistencia de los concretos, los valores de asentamiento se deben encontrar en un rango de $150 \text{ mm} \pm 25 \text{ mm}$ y para flujos de asentamiento entre 650 mm y 800 mm.

Con base en lo recién expuesto y los datos mostrados en la Figura 9, se identificó que 94,74% de las muestras evaluadas en el período que comprende de junio 2023 a junio 2024 se encuentran dentro del rango especificado para flujo. Por otro lado, en la Figura 10 se muestran los resultados de asentamiento de los cuales un 25,64% de las muestras se encuentran dentro del rango especificado; un 68,59% se encuentra entre el límite superior especificado en los diseños de mezcla y el límite superior establecido por el CR-2020 y por tanto pudieron ser ajustados; el restante 5,78% de las muestras se encuentran por fuera de todo límite establecido.

Por parte del equipo auditor, se realizó un muestreo de concreto autocompactante $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ empleado en pilotes. Los resultados de este se muestran en la

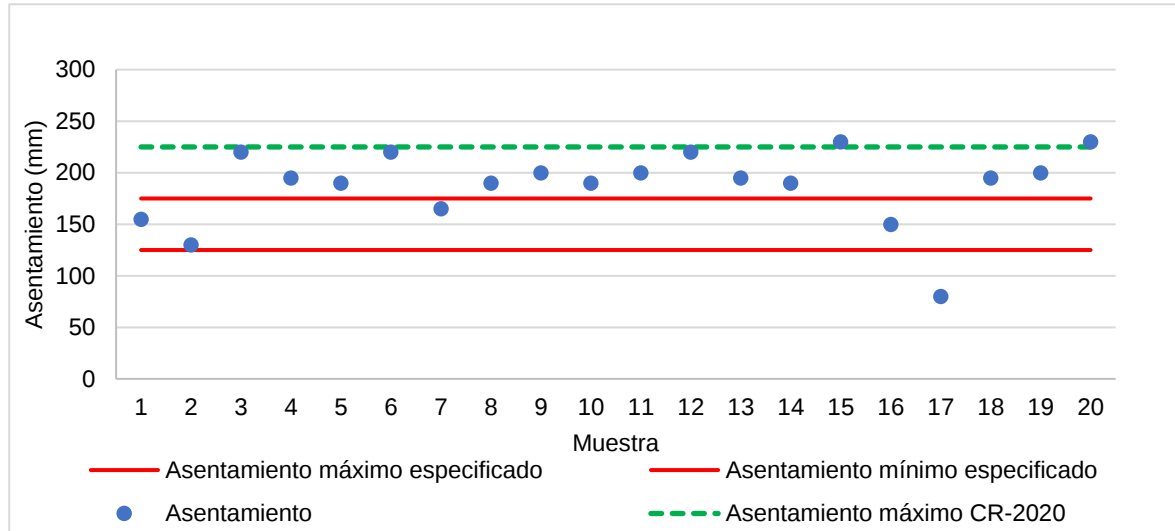
Tabla 14. En este caso, solo una de las dos muestras se encuentra dentro de los límites establecidos.

Tabla 14. Resultados de flujo para concreto empleado en pilotes obtenidos por LanammeUCR. Periodo: junio 2023 – marzo 2024

Muestra	$f'c$ en planos (kg/cm^2)	Flujo de asentamiento (mm)	Flujo de asentamiento máximo (mm)	Flujo de asentamiento mínimo (mm)	Cumplimiento
1	280	570	800	650	No
2	280	650	800	650	Sí



Figura 11. Resultados de asentamiento para concretos de diferentes resistencias obtenidos por LanammeUCR. Periodo: junio 2023 – mayo 2024



De los resultados mostrados en la Figura 11, se tiene que un 20% se encuentra dentro del rango especificado; un 65% está fuera del rango, pero puede ser ajustado; dos muestras cuyo valor de asentamiento es de 230 mm, incumplen con el límite máximo de asentamiento permitido según el CR-2020 y una muestra presenta un valor de asentamiento de 80 mm, menor al límite inferior de 125 mm. Vale la pena recalcar las últimas tres muestras mencionadas, a pesar de incumplir con los límites de asentamiento especificados, sí cumplen con las resistencias de diseño para cada caso.

Temperatura del concreto

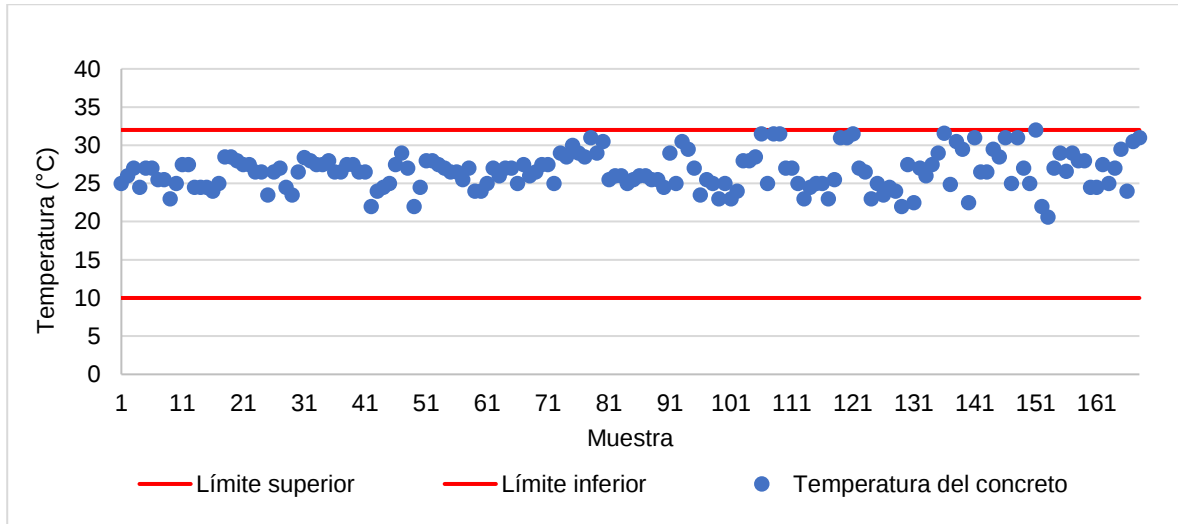
En cuanto a la temperatura de colocación del concreto estructural, en la sección 552 Concreto estructural de la oficialización del CR-2020, se establece que la temperatura de los concretos previa a su colocación debe oscilar entre los valores de 10°C y 32°C a excepción del concreto empleado en losas de puente cuyo rango de aceptación se encuentra entre 10°C y 27°C.

El control de la temperatura del concreto hidráulico es de suma importancia dada su injerencia en el tiempo de fragua y en la tasa de evaporación de humedad superficial, aspectos que están directamente relacionados con la resistencia que puede llegar a desarrollar el concreto a través del tiempo.

En la Figura 12 se muestran los resultados obtenidos por la Supervisión con respecto a la temperatura de los concretos empleados en la obra. En este caso el 100% de las muestras evaluadas cumplen con los criterios técnicos de la sección 552.10 del CR-2020.

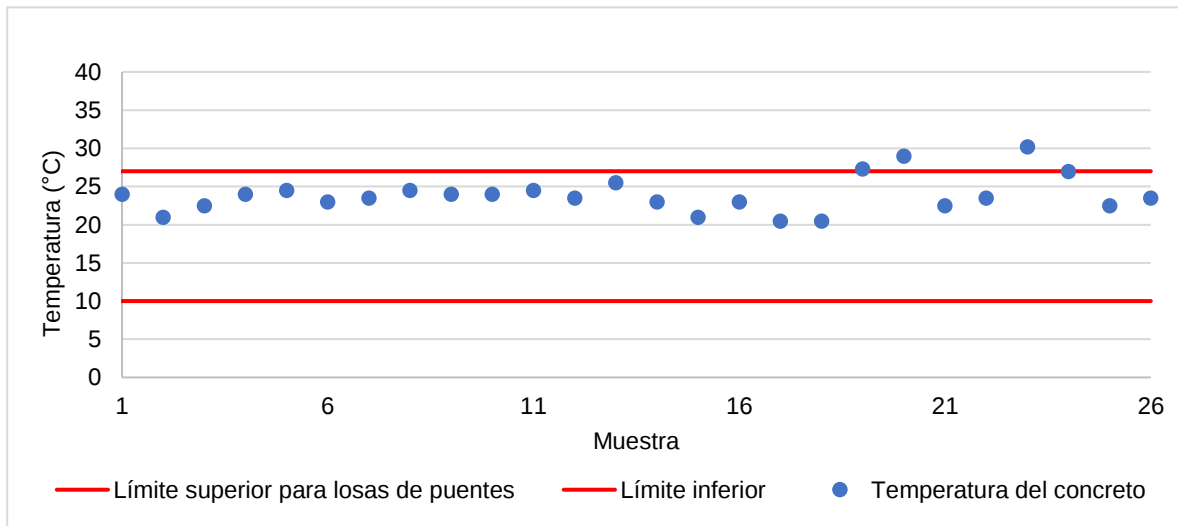


Figura 12. Resultados de temperatura del concreto para las muestras obtenidas por la Supervisión. Fuente: Informes de verificación, CACISA. Periodo: junio 2023 – junio 2024



En la Figura 13 se muestran los resultados obtenidos por parte de la Supervisión para concretos empleados en elementos de tipo losa. En este caso un 88,46% de las muestras obtenidas se encuentran dentro de los límites establecidos para este tipo de elementos.

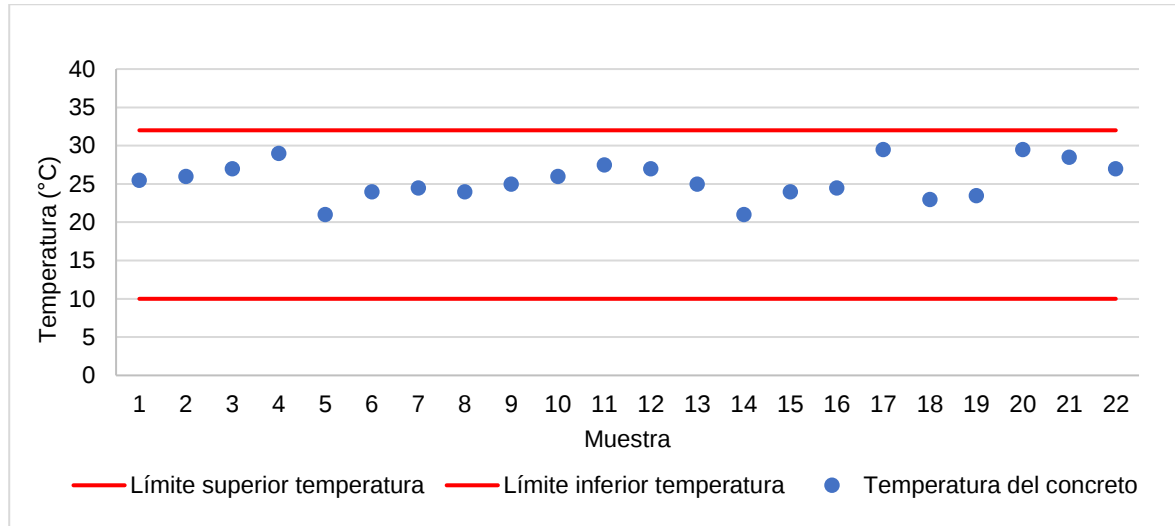
Figura 13. Resultados de temperatura del concreto para las muestras obtenidas por la Supervisión. Fuente: Informes de verificación, CACISA. Periodo: junio 2023 – mayo 2024



Por parte de LanammeUCR, como parte del control de calidad de los materiales utilizados en el proyecto se tomaron datos de temperatura para mezclas con diferentes resistencias de diseño (Figura 14). La totalidad de las muestras evaluadas con respecto al parámetro de temperatura cumplen con los límites establecidos por el CR-2020 a excepción de tres muestras.



Figura 14. Resultados de temperatura del concreto de diferentes resistencias para las muestras obtenidas por el LanammeUCR. Periodo: junio 2023- mayo 2023



Toma de muestra en el proyecto

Parte de las funciones del equipo auditor también es el inspeccionar como se desarrollan los ensayos de calidad durante el proceso de construcción del proyecto, se resalta que también se debe seguir con lo establecido por la norma ASTM C172 Método de muestreo de concreto recién mezclado.

Fundamentando esta norma de ensayo, se pudo evidenciar que no se cumple con uno de los parámetros establecidos como lo es que se debe tomar muestra después del 10% y antes del 90% de la descarga del camión mezclador, esta observación se hizo mediante el oficio **EIC-Lanamme-1114-2023** con fecha del 15 de noviembre de 2023, en donde también se resaltó que este ensayo no debería de estar acreditado por el incumplimiento con la norma de ensayo.

La Administración mediante el oficio **POE-09-2023-0445** emitido el 29 de noviembre de 2023 anexa la respuesta **UNOPS-90413-20231124-339-DF** justificando por qué se debía realizar los muestreos de esta manera, explicando que con la situación del elemento a colar que en este caso fueron los recrecidos de las cimentaciones del puente, la logística de seguridad ocupacional del proyecto no permitía que se lograra establecer un lugar adecuado de muestreo de concreto como se observa en la siguiente fotografía.



Figura 15. Colocación de concreto en cimentación de pila 3. Fuente: UNOPS, 2023



Conforme a lo anterior se le indicó a la Administración que si bien es cierto se deben cumplir con los protocolos de seguridad en el proyecto para salvaguardar la integridad de los operarios e involucrados en la obra, se indicó en el oficio **EIC-Lanamme-1233-2023** con fecha del 8 de diciembre de 2023, que es importante que como parte de la trazabilidad se indicara en los informes donde se incumple con la norma ASTM C172 Método de muestreo de concreto recién mezclado, se identificaran como un ensayo **no acreditado**.

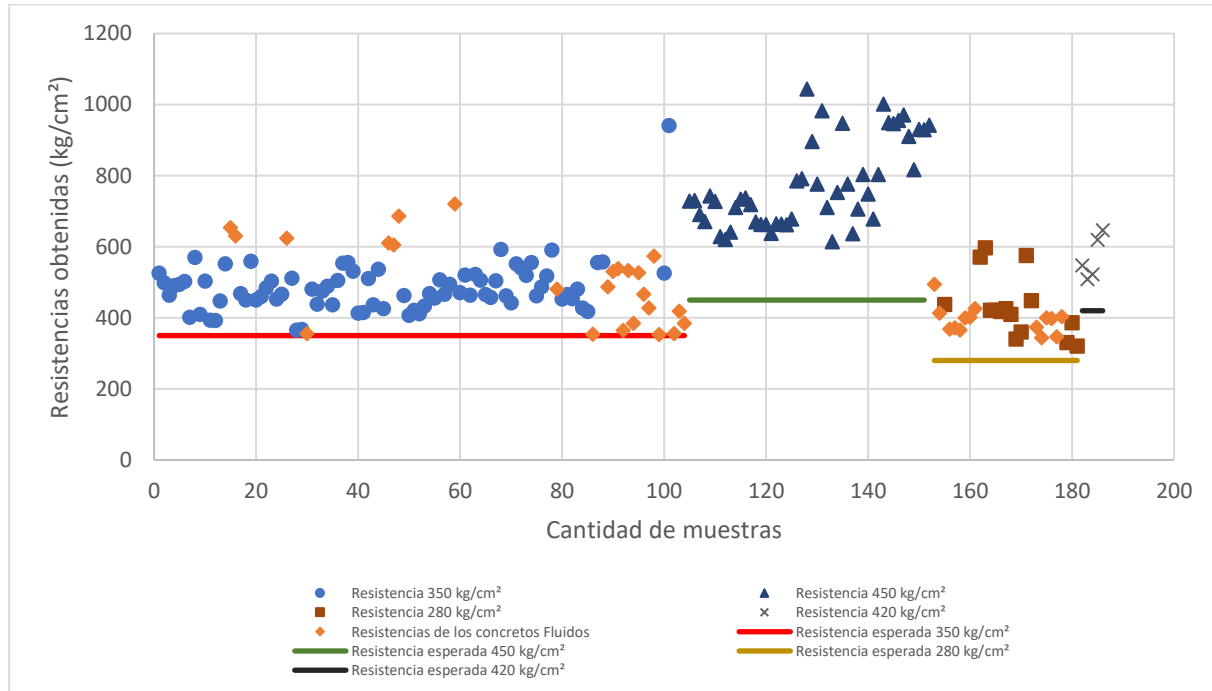
La Administración en respuesta emite el oficio POE-09-2023-0465 con fecha del 12 de diciembre de 2023 donde se indica que en efecto los informes con el ensayo de norma ASTM C172 no tendrán la acreditación de este ensayo debido a la forma de ejecución de este, el equipo auditor considera que haber aplicado esta disposición es acertado por parte de la Administración.

Resistencia a la compresión del concreto

Por último, se presentan los resultados de la evaluación de la resistencia promedio a la compresión de especímenes de concreto. La resistencia esperada a los 28 días en los elementos estructurales de concreto muestreados corresponden a 280 kg/ cm², 350 kg/ cm² y 450 kg/ cm². A continuación, se presentan los resultados obtenidos por la Supervisora para concretos de diferentes resistencias.



Figura 16. Resultados de resistencia promedio del concreto hidráulico para las muestras obtenidas por la Supervisión. Fuente: Informes de verificación, CACISA. Periodo: junio 2023 – mayo 2024



Con base en los resultados mostrados en la Figura 13 el 100% de los elementos muestreados, tanto por la Supervisión como por LanammeUCR, cumplen con los estándares aprobados por la Administración.

HALLAZGO NO. 5. SE EVIDENCIÓ QUE LAS MUESTRAS DE FIBRA DE CARBONO TOMADAS POR EL LANAMMEUCR EN EL PARÁMETRO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN SON INFERIORES EN UN 7% A LA INDICADA EN LOS PLANOS.

Resultados de ensayos realizados por LanammeUCR

El LanammeUCR en el informe EIC-Lanamme-INF-1396-2024 muestra los resultados de determinar las propiedades en tracción de hilos impregnados de resina (fibras de carbono), mediante la norma ASTM D3039, la cual tiene como fin determinar la resistencia a la tracción, módulo de elasticidad en tracción y deformación bajo carga máxima de una probeta de fibra de carbono. Estos se muestran en las Tabla 15 y Tabla 16.



Tabla 15. Datos sobre resistencia a la tracción de probetas de fibra de carbono, realizado por LanammeUCR

Muestra	Probeta	Área (mm ²)	Carga (KN)	Resistencia (MPa)
M-0599-2024	8-1	8,38	24,506	2924,3
	8-2	8,30	24,844	2993,3
	9-1	8,29	25,430	3067,6
	9-2	8,38	24,792	2958,5
Promedio				2985,9

Figura 17. Resultados de resistencia a tracción de probetas de fibras de carbono, realizados por LanammeUCR

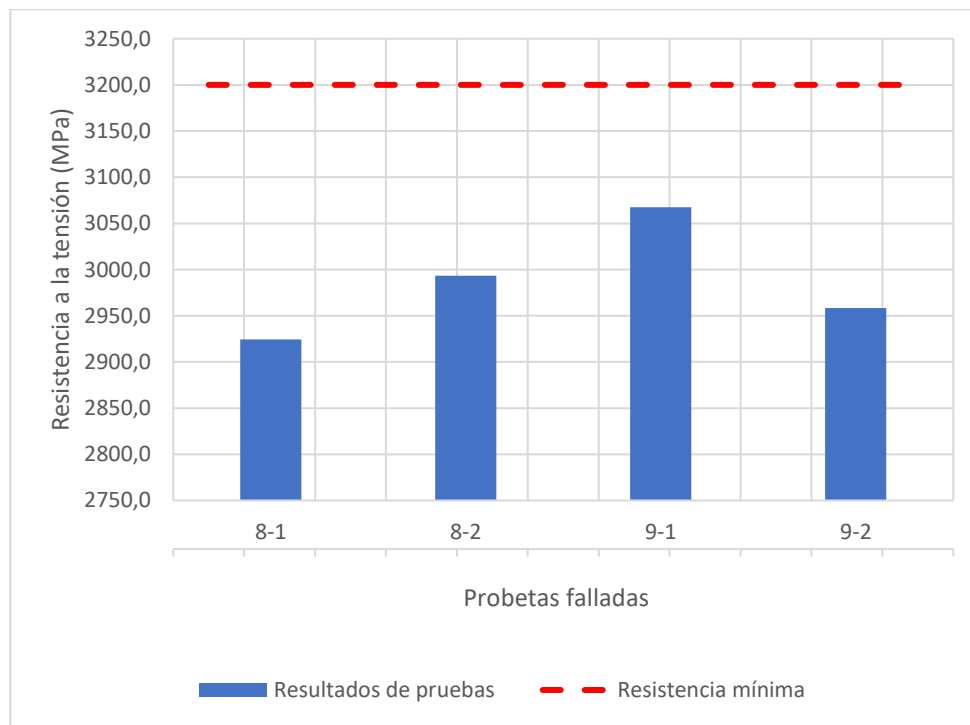
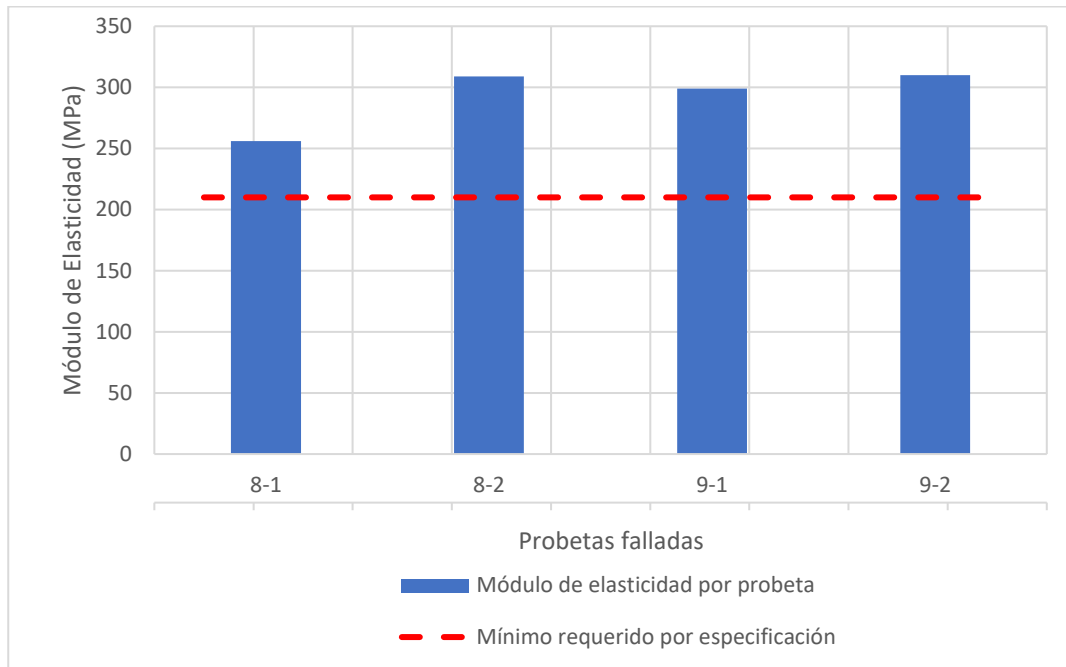


Tabla 16. Datos sobre el módulo de elasticidad de probetas de fibra de carbono, realizado por LanammeUCR

Muestra	Probeta	Módulo de elasticidad (GPa)
M-0599-2024	8-1	256
	8-2	309
	9-1	299
	9-2	310
Promedio		294

Figura 18. Resultados de módulo de elasticidad para probetas de fibra de carbono, realizados por LanammeUCR



Los resultados de los ensayos de las probetas representativas de la fibra de carbono con el epóxico se contrarrestaron con las especificaciones técnicas revisadas en planos en las que se solicita que el material cumpla con la ficha técnica del producto, indicando que para la resistencia a la tracción debe ser un mínimo de 3200 MPa y para el módulo de elasticidad 210 GPa.

Según la

Figura 17 se puede observar como no se alcanzó mínimo necesario para el parámetro de resistencia a la tracción según la ficha técnica para ninguna de las probetas, adicionalmente se hizo el cálculo del promedio con un resultado de 2985,9 MPa lo cual también incumple con la especificación. Adicionalmente, como parte de las características analizadas de este material se obtuvieron los resultados de módulos de elasticidad del material y como se observa en la Figura 18 se cumplió con lo estipulado en la especificación del proveedor superando el límite indicado de 210 GPa.

Esta auditoría envió los resultados del informe de laboratorio EIC-Lanamme-INF-1396-2024 mediante el oficio EIC-Lanamme-954-2024 con fecha de 2 septiembre de 2024 recibiendo



comentarios por parte de la Administración mediante el oficio POE-10-2024-0295 el día 26 de septiembre de 2024 anexando el documento UNOPS-90413-20240925-277-SC en el cual se explica en observaciones al procedimiento de ensayo.

Según lo concluido por la Supervisión del proyecto en el oficio UNOPS-90413-20240925-277-SC donde se especula que los incumplimientos del material pueden atribuirse a factores relacionados con procedimientos de corte, almacenamiento o sujeción de las muestras las cuales pueden influir en los resultados, esta auditoría no comparte estos criterios debido a que se siguieron los procedimientos establecidos en la norma ASTM D3039 que también fueron revisados por el proveedor del material en cuestión.

En referencia al almacenamiento de la muestra, el LanammeUCR es un laboratorio que contempla altos estándares de resguardo y trazabilidad para el manejo de muestra de materiales de construcción y además según la norma ASTM D3039 no se estipulando un periodo de falla para los especímenes elaborados. En cuanto al procedimiento de ensayo y la sujeción de los especímenes en la máquina de falla en la norma ASTM D3039 no se menciona que se presenten anomalías en los resultados finales del ensayo por la exposición de los apoyos (tabs).

Se comprende que el material colocado a lo largo del proyecto para reforzar el puente cuenta con un certificado de calidad que da una garantía del mismo cuando se está en operación, sin embargo, es criterio del equipo auditor que los resultados obtenidos con el material ensayado no cumplen con la resistencia a la tracción. observación de este material cuando el proyecto esté en operación y no sufra de deterioros prematuros a causa de la carga recibida.

Debido a lo anterior la Administración envió el documento de descargo de informe con consecutivo POE-10-2024-0397, firmado el 26 de noviembre del 2024, en el cual se anexa el documento UNOPS-90413-20241120-304 para indicar que, por la cantidad de muestras falladas los resultados tienen una limitante para el análisis estadístico pues solo representan una porción del material colocado en el proyecto, sin embargo, aclaramos que el LanammeUCR no tiene funciones ni como laboratorio de autocontrol ni como verificación de calidad del proyecto sino que los ensayos se realizan como un insumo para la Administración durante la ejecución del proyecto, y además con base a estos resultados es recomendable un análisis estructural con la capacidad obtenida del ensayo de laboratorio.

HALLAZGO No. 6. SE EVIDENCIAN OPORTUNIDADES DE MEJORA EN LOS DOCUMENTOS PRESENTADOS PARA LA ACEPTACIÓN DE DISEÑOS DE MEZCLA DE MATERIALES.

Durante el plazo de ejecución de la auditoría en el proyecto de “Ampliación del puente sobre el río Virilla en la ruta nacional N°32, se revisó la documentación enviada por la Unidad Ejecutora del proyecto. Lo anterior con el fin de llevar a cabo un proceso de fiscalización y verificación de control de calidad de los materiales empleados en la obra.

Dentro de este análisis se revisó el diseño de mezcla **CD-ITP-580-2024-05-C02** suministrado bajo el oficio de la Administración número **POE-10-2024-0208 con fecha del 27 de junio del**



2024, bajo los criterios solicitados de la sección 402 para diseño de mezcla por el método Superpave del CR-2020, en donde se establecen las especificaciones de diseño tanto volumétricas como de desempeño para mezcla asfáltica a colocar en el proyecto.

De acuerdo con el diseño de mezcla se clasificó la capa de rodadura para una mezcla asfáltica tipo D debido a la cantidad de ejes equivalentes establecidos (ESAL's) en el diseño de pavimentos por encima de los 10 millones de ESAL's, con este parámetro ya definido se establece que se debe revisar según las tablas 402-02, 402-03 y 402-04 del CR-2020, las cuales indican las especificaciones nacionales para este tipo de mezclas contando con un resumen para evidenciar el cumplimiento de los parámetros volumétricos a continuación en las Tabla 17 y Tabla 18.

Tabla 17. Resultados volumétricos de la mezcla asfáltica tomados del diseño CD-ITP-580-2024-05-C02

Parámetro	Límite inferior	Valor de Diseño	Limite Superior	Especificación
Contenido de asfalto (%)	5,40	5,60	5,73	± 0,50
Vacios de aire (%)	5,0	4,0	3,0	3,0-5,0
VMA (%)	14,5	14,2	14,0	14,0 mín.
VFA (%)	65	72	75	65-75
Relación Polvo/Asfalto	1,30	1,25	1,08	0,6-1,3

Tabla 18. Graduación de la mezcla asfáltica tomado del diseño CD-ITP-580-2024-05-C02

Tamiz (in)	Graduación de diseño (%)	Especificación graduación DG-12	Tolerancias	Especificación con tolerancias
3/4	100	100	-	100
1/2	91	85-100	±5	86-96
3/8	78	70-90	±5	73-83
N°4	50	42-55	±4	46-54
N°8	33	28-39	±4	29-37
N°16	25	16-26	±4	21-26
N°30	18	9-19	±4	14-19
N°50	12	5-14	±4	8-14
N°100	8	3-10	±2	6-10
N°200	5,5	2,0-8,0	±2	3,5-5,5

Con la revisión del documento **CD-ITP-580-2024-05-C02** el equipo auditor detectó una anomalía con respecto a los ensayos de desempeño presentados en el informe de diseño, donde se le informan las observaciones a la Administración por medio de la nota informe **EIC-Lanamme-707-2024** con fecha del **5 de julio de 2024**, en donde se señalan los siguientes puntos como parte de la revisión.

- A pesar de que el diseño de mezcla del proyecto “Ampliación del puente sobre el río Virilla en la Ruta Nacional No.32, corresponde a una capa final o de rodadura, el informe, CD-ITP-580-2024-05-C02, reporta datos del ensayo de fatiga a flexotracción que son idénticos a los de un informe presentado para otro proyecto que corresponden a una capa intermedia de asfalto, que también se encuentra actualmente bajo proceso



de auditoría técnica por parte del LanammeUCR. Esto permite inferir, con base en las leyes de la estadística, la lógica, la experiencia y la sana crítica racional, que el ensayo de fatiga no guarda relación directa con este proyecto.

- El informe CD-ITP-580-2024-05-C02 no reporta el consultor y la empresa encargados de este ensayo, lo cual se considera relevante de indicar.

En la Figura 19 y Figura 20; se resalta en color rojo, específicamente los datos contenidos en los ensayos reportados tanto en el proyecto de Ampliación del puente sobre el río Virilla en la ruta 32 como en el otro proyecto auditado.

Figura 19. Tabla de resultados de ensayo de fatiga a flexotracción (AASHTO T321) para mezcla asfáltica de **capa intermedia** del informe de otro proyecto con auditoría abierta. Fuente: ITP, 2024.

Código de muestra: UC-2015-24		Descripción de la mezcla: Mezcla asfáltica modificada con ELVALOY 12.5 mm TMN Capa intermedia	
Envejecimiento a corto plazo:	Si	x	No
Temperatura de envejecimiento al 1 °C (°C)		135	
Duración del acondicionamiento al 1 min (min)		240	
Envejecimiento a largo plazo:	Si	x	No
Temperatura de envejecimiento al 1 °C (°C)		85	
Duración del acondicionamiento al 5 min (min)		7200	

Identificación	Vaciado de aire % (7±1) %	Frecuencia de carga (Hz)	Temperatura de ensayo al 0.2 °C más cercano (°C)	Deformación unitaria controlada (µt)	Rigidez inicial @ ciclo 50 (MPa)	Rigidez final @ ciclo de falla (MPa)	Ciclos de falla	Log(Ciclos de falla)
Viga 1-2 (*)	7.9	10	20.2	399.7	4498	2899	736 750	5.87
Viga 1-4 (*)	6.3	10	20.4	399.8	5055	3181	627 920	5.80
Viga 2-2	7.1	10	20.2	399.9	6045	2935	650 000	5.81
Promedio Log(Ciclos de carga)								5.83
Promedio (Ciclos de carga)								669 955

Tabla 1. Resultados de fatiga para 400 µt

Identificación	Vaciado de aire % (7±1) %	Frecuencia de carga (Hz)	Temperatura de ensayo al 0.2 °C más cercano (°C)	Deformación unitaria controlada (µt)	Rigidez inicial @ ciclo 50 (MPa)	Rigidez final @ ciclo de falla (MPa)	Ciclos de falla	Log(Ciclos de falla)
Viga 1-1	7.7	10	20.2	599.7	4034	1850	135 000	5.13
Viga 1-3	7.4	10	20.2	599.1	4606	2100	125 000	5.10
Viga 2-1 (*)	7.7	10	20.4	600	4155	2108	185 000	5.27
Promedio Log(Ciclos de carga)								5.16
Promedio (Ciclos de carga)								146 152

Tabla 2. Resultados de fatiga para 600 µt

Deformación unitaria controlada	Ciclos promedio	Especificación CR 2020 (ciclos de carga)	Especificación CR 2020 (ciclos de carga)
		Mezclas tipo C	Mezclas tipo D
400	669 955	2450 000	2300 000
600	146 152	250 000	225 000

Nota: En todos los ensayos se utilizó la mezcla asfáltica por

(*) los ensayos fueron detenidos debido a que las muestras superaron significativamente el mínimo solicitado así como a la premura por los resultados. Se aclara que los ciclos pudieron haber sido mucho mayores.
Mezcla tipo D: capas asfálticas de rodadura (alto desempeño), más de 10 millones ESAL's (alto volumen de tránsito).
Mezcla tipo C: capas asfálticas intermedia (alto desempeño), más de 10 millones ESAL's (alto volumen de tránsito).
Fuente: sección 402 del CR-2010 [Tabla 402-4] y cartel de Licitación y sus modificaciones.



Figura 20. Tabla de resultados de ensayo para mezcla asfáltica de **capa de final o de ruedo** del informe **CD-ITP-580-2024-05-C02** para el ensayo de fatiga a flexotracción (AASHTO T321) para el proyecto de Rehabilitación puente río Virilla R32. Fuente: ITP, 2024.

Código de muestra: IC-2015-24		N Capa de ruedo Puente sobre Río Virilla	
Descripción de la mezcla: Mezcla asfáltica modificada con ELVALOY 12.5 mm			
Envejecimiento a corto plazo:	Si	x	No
Temperatura de envejecimiento al 1 °C (°C)		135	
Duración del acondicionamiento al 1 min (min)		240	
Envejecimiento a largo plazo:	Si	x	No
Temperatura de envejecimiento al 1 °C (°C)		85	
Duración del acondicionamiento al 5 min (min)		7200	

Identificación	Vaciado de aire % (7±1) %	Frecuencia de carga (Hz)	Temperatura de ensayo al 0.2 °C más cercano (°C)	Deformación unitaria controlada (µt)	Rigidez inicial @ ciclo 50 (MPa)	Rigidez final @ ciclo de falla (MPa)	Ciclos de falla	Log(Ciclos de falla)
Viga 1-2 (*)	7.9	10	20.2	399.7	4498	2899	736,750	5.87
Viga 1-4 (*)	6.3	10	20.4	399.8	5055	3151	627,750	5.80
Viga 2-2	7.1	10	20.2	399.9	6045	2935	450,000	5.81
							Promedio Log(Ciclos de carga)	5.83
							Promedio (Ciclos de carga)	669,555

Tabla 1. Resultados de fatiga para 400 µt

Identificación	Vaciado de aire % (7±1) %	Frecuencia de carga (Hz)	Temperatura de ensayo al 0.2 °C más cercano (°C)	Deformación unitaria controlada (µt)	Rigidez inicial @ ciclo 50 (MPa)	Rigidez final @ ciclo de falla (MPa)	Ciclos de falla	Log(Ciclos de falla)
Viga 1-1	7.7	10	20.2	599.7	4034	1850	135,000	5.13
Viga 1-3	7.4	10	20.2	599.1	4606	2100	125,000	5.10
Viga 2-1 (*)	7.7	10	20.4	600	4155	2108	185,000	5.27
							Promedio Log(Ciclos de carga)	5.16
							Promedio (Ciclos de carga)	146,152

Tabla 2. Resultados de fatiga para 400 µt

Deformación unitaria controlada	Ciclos promedio	Especificación CR 2020 (ciclos de carga)	Especificación CR 2020 (ciclos de carga)
400	669,555	Mezclas tipo C	Mezclas tipo D
600	146,152	2450,000	2300,000
		250,000	225,000

Mezcla asfáltica por

(*) Los ensayos fueron detenidos debido a que las muestras superaron significativamente el mínimo solicitado así como a la premura por los resultados. Se aclara que los ciclos pudieron haber sido mucho mayores.
Mezcla tipo D: capas asfálticas de rodadura (alto desempeño), más de 10 millones ESAL's (alto volumen de tránsito).
Mezcla tipo C: capas asfálticas intermedia (alto desempeño), más de 10 millones ESAL's (alto volumen de tránsito).
Fuente: sección 402 del CR-2010 (Tabla 402-4) y cartel de Licitación y sus modificaciones.

Adicionalmente, se evidenció que el anexo 7 el cual contiene los resultados del ensayo de *Susceptibilidad a la deformación permanente en el equipo APA (AASHTO T340)* reportados en el informe **01-1071-2024** con fecha del 15 de mayo del 2024, dicho informe pertenece al proyecto de **PD Hatillo 4**, tal y como se indica en las observaciones del documento como se muestra en la Figura 21.



Figura 21. Informe 01-1071-2024 con resultados de Susceptibilidad a la deformación permanente en el equipo APA (AASHTO T340). Fuente: ITP, 2024.

 INGENIERÍA TÉCNICA DE PROYECTOS	Ingeniería Técnica de Proyectos ITP, S.A. Cedula Jurídica: 3-101-362220 Tel: (506) 2290-1400 / Fax: (506) 2290-9295 Dirección: San José, la Uruca, Contiguo a Repretel, frente al ampm E-mail: ingenieria@itp.cr	Código ITP-RL-59-CR	
		Versión: 10	Página 55 de 64
		CD-ITP-580-2024-05-C02	

 LGC INGENIERÍA DE PAVIMENTOS	LGC INGENIERÍA DE PAVIMENTOS S.A. INFORME DE ENSAYO	RC-34 V.29
		Aprobado: 2023-12-08
		Página: 1 de 7
		Nº Informe 01-1071-2024

San José, Costa Rica, 15 de mayo del 2024

Proyecto: Laboratorio

Nombre del cliente: Ingeniería Técnica De Proyectos ITP S.A
Dirección del cliente: La Uruca, San José

Información del contacto del cliente:
Oscar Martínez
Teléfono: 6382-7666


Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N° LE-054
Acreditado a partir de: 2008.10.14
De acuerdo con la Ley N° 11, Ley de Registro Profesional y sus modificaciones.
Alcance disponible en www.eca.or.cr

Información de la muestra
Fecha de recepción de la muestra: 2024-05-06
Identificación de la muestra: 01-20196-2024
Descripción: Mezcla asfáltica en caliente metodología Marshall 12.7 mm.

Muestreo (s)
(X) Cliente
(-) Personal del laboratorio

Ingreso de Muestra:
(X) RC-05: 50385
(-) RC-84: No hay

Método de Muestreo: Aplica ☐ (ver tabla de Ensayos realizados) No Aplica ☒

Plan de Muestreo: según en RC-101 "Trabajos diarios en campo"

Fecha de realización del muestreo: No aplica

Lugar del muestreo: No aplica

Condiciones ambientales del muestreo: Soleado ☐ Nublado ☐ No aplica ☒

Lugar de realización del ensayo: Laboratorio 01 LGC Ingeniería de Pavimento S.A.

Observaciones:

- La muestra se analiza tal cual como fue suministrada por el cliente.
- Muestra asfáltica modificada con Elvaloy 1,6 % y 0,2 % PPA.
- Ruta 39, Hatillo 4.**

-----Salto de Página-----

Se resaltó que, aunque tal parece que los proyectos presentan las mismas fuentes para los materiales de las mezclas asfálticas, se presentan proporciones finales, diferentes en los dos diseños de mezcla, por ende, los valores para los ensayos de desempeño deberían presentar resultados con diferencias para las distintas combinaciones de materiales. Es estadísticamente inviable que dos diseños con combinaciones diferentes de materiales produzcan valores idénticos en sus parámetros de desempeño, considerando que los resultados deberían ajustarse a una distribución normal, como lo describe la curva de Gauss. Es importante indicar que ambos ensayos se deben anexar en el informe de diseño final como se indica en el apartado (d) de la sección 402 del CR-2020.

Es claro que esta situación es sumamente difícil de detectar por parte de la ingeniería de proyecto, ya que estos solo cuentan con la información del proyecto que está desarrollando, sin embargo, para el laboratorio acreditado que realizó los diseños de ambos proyectos,



representa un incumplimiento muy grave, ya que se están presentando resultados de un material distinto al que está declarando en el diseño de mezcla.

La Administración en respuesta a esto emitió el oficio **POE-10-2024-0232** con fecha del **23 de julio de 2024**, en donde se anexa el oficio **UNOPS-90413-20240722-228-SC** mencionando que en efecto los resultados para los ensayos de desempeño con normas AASHTO T340 y AASHTO T321 no corresponden a la mezcla asfáltica por colocar en el proyecto, justificando en errores de gestión e internas del consultor de calidad e indicando como un error involuntario.

Además, se envió otro diseño de mezcla con número **CD-ITP-580-2024-05-C03** con los resultados correspondientes de los ensayos de desempeño para la mezcla asfáltica del proyecto como se representa en la Tabla 19.

Tabla 19. Resultados de ensayos de desempeño del informe CD-ITP-580-2024-05-C03

Parámetro	Resultado	Especificación	Norma
Deformación 400 µm	717 562 ciclos	≥ 300 000 ciclos	AASHTO T321
Deformación 600 µm	62 622 ciclos	≥ 25 000 ciclos	AASHTO T321
Deformación APA	0,8 mm	≤ 3,5 mm	AASHTO T340

Se establece como recibido el informe final de diseño de mezcla y de recibo los cambios generados a partir de la nota informe **EIC-Lanamme-707-2024** enviada a la Administración con las observaciones antes mencionadas.

SOBRE PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS EN LAS ESTRUCTURAS DE PUENTES

HALLAZGO No. 7. SE EVIDENCIARON OPORTUNIDADES DE MEJORA EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LOS ELEMENTOS PREFABRICADOS

El proyecto consiste en la rehabilitación y ampliación del antiguo puente sobre el río Virilla sobre la Ruta Nacional 32, ". Este se encuentra en el límite entre las provincias de San José y Heredia, específicamente entre los distritos de San Juan de Tibás y San Miguel de Santo Domingo de Heredia. La ampliación consiste en aumentar de dos a tres carriles, el tablero tendrá un ancho constante de 13,10 metros, formada por tres carriles de 3,60 m, 2 arcenes de 0,50 m y 2 espacios para barreras de 0,65 m, sin aceras laterales dado que el nuevo puente paralelo cuenta con paso peatonal.

Mediante las visitas realizadas los días 8 y 9 de noviembre del 2023 al taller de fabricación de las vigas de concreto por parte del equipo auditor con la colaboración del Programa de Ingeniería Estructural (PIE), se realizaron observaciones a las prácticas constructivas en el informe número **EIC-Lanamme-INF-1716-2023** del 04 de diciembre de 2023, remitido a la Administración mediante el oficio **EIC-Lanamme-1286-2023**, de fecha **15 de diciembre de 2023**, posteriormente el 9 de enero de 2024, se recibe el oficio **POE-02-2024-0002**, donde se anexaron los documentos emitidos por el Laboratorio de la supervisión **CSPRV-2024-243**, **CSPRV-2024-242** y **UNOPS-90413-20240109-003-DF** y un documento emitido por el fabricante de las vigas **FHECOR-VISITA PLANTEL-2024.01.08** con las respuestas a las consultas realizadas por el equipo auditor de los oficios ya mencionados.

A. Diferencias entre el armado final de acero y planos de taller

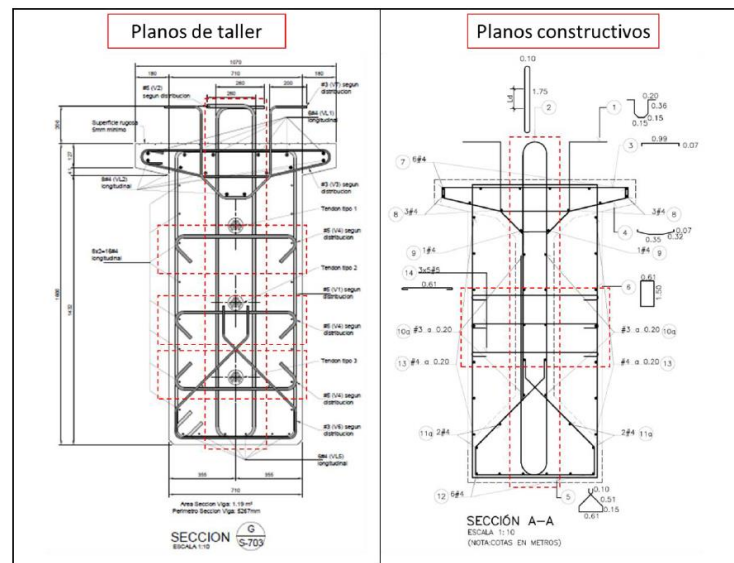
EIC-Lanamme-INF-0293-2024	Diciembre, 2024	Página 53 de 75
---------------------------	-----------------	-----------------

En el informe **EIC-Lanamme-INF-1716-2023**, el PIE presenta observaciones elaboradas en la inspección realizada a las armaduras de las vigas, basado en los planos de taller, entre los principales problemas vistos por el PIE se pueden enumerar:

- Observaciones a los planos de taller

En este apartado el PIE indica que, contrastando entre los planos de taller y los planos constructivos se dan diferencias significativas con los refuerzos de acero como se observa en la **Figura 22** donde la configuración de los aros no coincide entre planos, la supervisión indicó que el cambio no tiene una incidencia negativa en el comportamiento estructural.

Figura 22. Diferencias en viga de superestructura N°5 entre los planos de taller y planos constructivos, Fuente: MOPT (2023a) y MOPT (2023b)



- Observaciones sobre incumplimientos de planos de taller

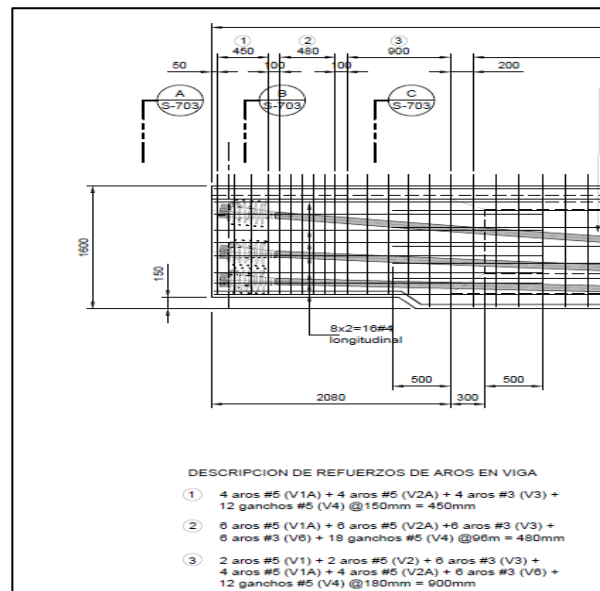
1. Espaciamiento del refuerzo transversal

Mediante las revisiones realizadas en la inspección en el plantel de fabricación de las vigas de concreto, se evidenció en la viga n°5 de la superestructura n°5 en la zona n°3 del refuerzo transversal, que el espaciado entre aros era de 200 mm tal y como se observa en la **Figura 23** lo que es superior a los 180 mm indicados por parte del diseñador (**Figura 24**), la supervisión indica que estas diferencias no representan un agravo en el producto final de la estructura.

Figura 23. Revisión de aros en zona 3 de la viga de superestructura n°5, Fuente: LanammeUCR, 2023



Figura 24. Indicaciones originales de planos de la zona n°3 del refuerzo transversal en vigas de superestructura n°5, Fuente: MOPT (2023b)



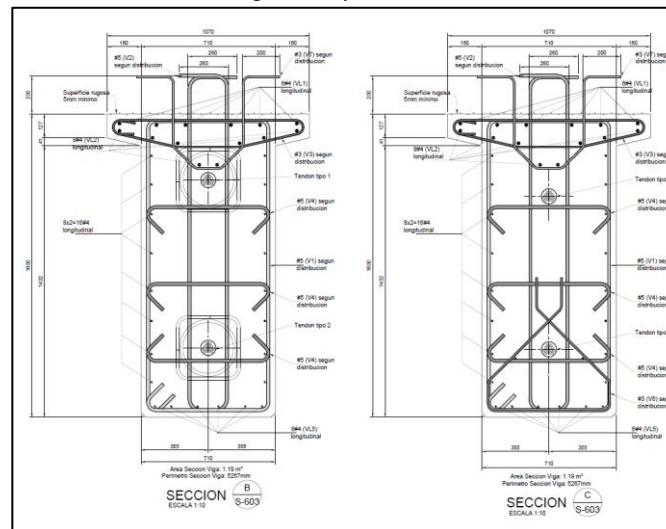
2. Ganchos faltantes en superestructura

También durante la inspección realizada se pudo observar que el gancho inferior en la zona de refuerzo transversal n°1 de las vigas de la superestructura n°3 y n°4 y en las zonas de refuerzo transversal n°1 y n°7 de las vigas del vano n°5 (ver **Figura 25** y **Figura 26**) no se encontraba instalado, entrevistando al personal del plantel encargado del armado de acero, indicaron que este refuerzo no estaba instalado para la colocación de los dispositivos de anclaje del postensado por un cambio aprobado por el encargado. Sin embargo, la supervisión en el oficio **CSPRV-2024-242** con fecha del 8 de enero de 2024 indicó que, previo a la colocación de concreto se llevó a cabo la revisión de este elemento y se colocaron los refuerzos faltantes.

Figura 25. Ganchos faltantes en zona n°1 de refuerzo transversal en viga de superestructura n°4. Fuente: LanammeUCR (2023).



Figura 26. Detalle de refuerzo en zona n°1 de viga de superestructura n°4, Fuente: MOPT (2023b)



3. Modificación de refuerzos Tipo V6

Una modificación detectada en la visita fue la del refuerzo tipo V6 (**Figura 27**) en un tramo aproximado de 1 m de largo esto debido a la interferencia provocada en el ducto de postensión, en su lugar se colocó un tipo de gancho distinto como el observado en la **Figura 28**. Mediante el oficio **CSPRV-2024-242** la supervisión del proyecto indicó que el cambio había sido revisado y que no tenía implicaciones estructurales.

Figura 27. Detalle original de planos de taller de varilla tipo V6, Fuente: MOPT (2023b)

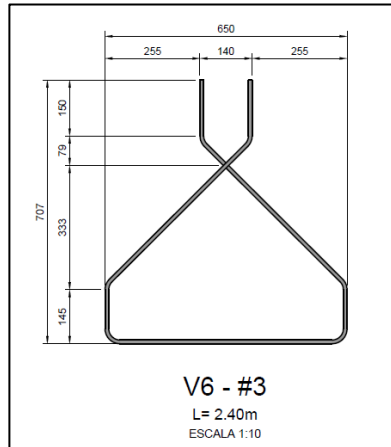
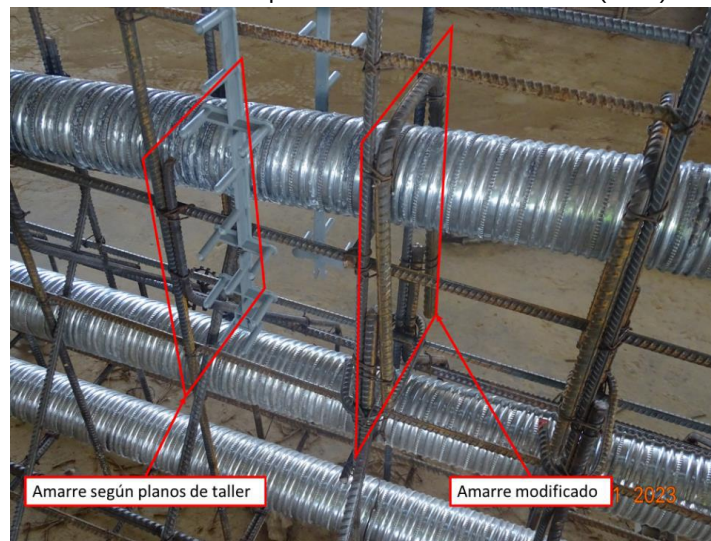


Figura 28. Modificación de amarres de varillas tipo V6. Fuente: LanammeUCR (2023)



4. Tensado de cable postensión n°3.

Se observaron modificaciones en el detalle de varilla tipo V7 (**Figura 29**) cerca del dispositivo de anclaje del postensado en las vigas de las superestructuras n°3, n°4 y n°5 (**Figura 29**). En planta se le indica al equipo auditor que esto se encuentra aprobado por el diseñador estructural del proyecto, además en el oficio **CSPRV-2024-242** indica que por razones constructivas del elemento no es posible realizar el detalle tal y como se presenta en planos y se explica que esta modificación no presenta implicaciones estructurales.

Figura 29. Configuración original de varilla tipo V7 en viga de superestructura n°4. Fuente: MOPT (2023b)

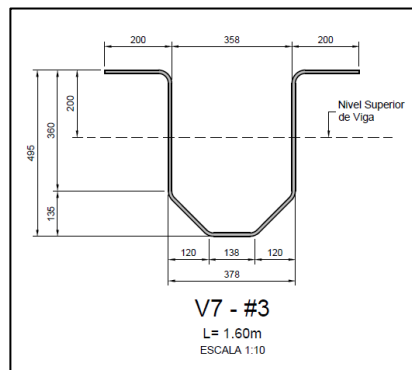
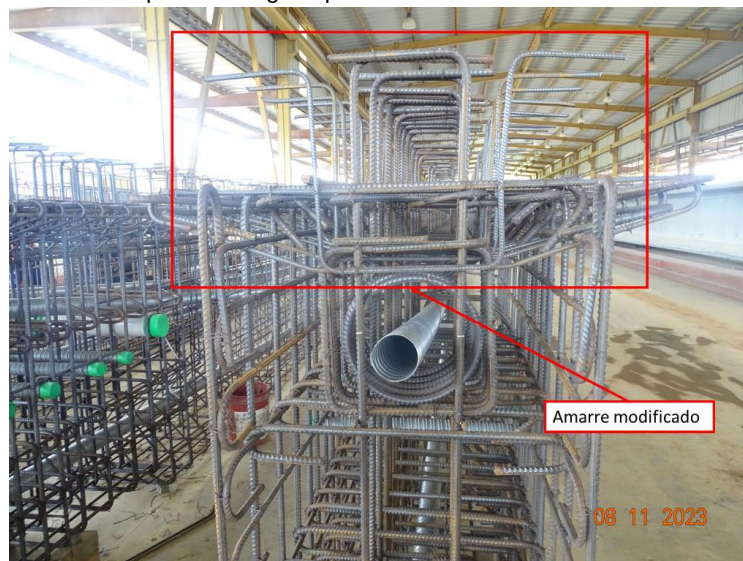


Figura 30. Modificación de varilla tipo V7 en viga superestructura n°4. Fuente: LanammeUCR (2023)



5. Tesado de torones

En el tesado de torones para las vigas n°1 y n°4 de la superestructura n°5 se obtuvieron registros que el acero de postensión se llevó al 100% de su capacidad luego de 18 horas de colado el concreto de las vigas, con registros de resistencia a esta edad para el concreto de 250 kg/cm², sin embargo, en los planos del proyecto se especifica que para empezar con este procedimiento es necesario alcanzar 350 kg/cm² de resistencia como mínimo. Se consultó por este procedimiento al consultor estructural por medio del oficio **EIC-Lanamme-1286-2023**, en respuesta se recibió el oficio **CSPRV-2024-242**, explicando que solo se tensa el cable n°3 y que no se alcanza todo esfuerzo de tensión en la planta, además el profesional encargado de los diseños indica que el procedimiento sugerido no afecta a los elementos.



Figura 31. Proceso de tesado de ducto inferior de vigas de superestructura. Fuente: LanammeUCR (2023)



Es criterio del equipo auditor que el procedimiento de tesado debe de estar bien descrito en los planos o especificaciones estructurales del proyecto, para poder tener un control adecuado en el momento de este proceso constructivo, de ser permitido cambios por parte del ingeniero estructural es importante que queden registrados y autorizados por este profesional.

6. Recubrimiento con epóxico

En la parte inferior de la viga se registró la aplicación de un epóxico en los primeros 50 mm del acero desde la cara inferior hasta los aros tal y como se muestra en la **Figura 32**. Este aspecto fue informado a la Administración mediante el oficio **EIC-Lanamme-1286-2023**, indicando específicamente que, este detalle no se encontraba especificado en planos y se describe que esta modificación pudo haber ocasionado que los refuerzos tuvieran longitudes de desarrollo y anclajes mayores en el concreto según se describe en el inciso 5.10 de AASHTO LFRD, Bridge Design Specifications, 8th edition, 2017. En el oficio **CSPRV-2024-242** el consultor de diseño estructural indica que este recubrimiento fue realizado como medida preventiva ante la corrosión futura que pueda enfrentar el acero en el futuro además que no se compromete el comportamiento estructural de los elementos.



Figura 32. Proceso de tesado de ducto inferior de vigas de superestructura. Fuente: LanammeUCR (2023)



Es importante mencionar que todos los puntos citados anteriormente, se tratan con mayor profundidad en los oficios **CSPRV-2024-243**, **CSPRV-2024-242** y **UNOPS-90413-20240109-003-DF**, anexados al oficio **POE-02-2024-0002**, sin embargo, es criterio del equipo auditor que, los cambios presentados deben quedar en registros enumerados en los planos finales, para así lograr trazabilidad de los mismos, adicionalmente debe levantarse una lista de modificaciones, con firmas de los profesionales, como responsables directos de los cambios.

B. Control de calidad en el taller de prefabricados

Durante la visita realizada se determinó que el curado de las vigas prefabricadas es el mismo que se aplica a los cilindros elaborados para el control de calidad para la falla a 7 días, no obstante, se identificó que los demás especímenes eran sumergidos en una pileta con agua mientras las vigas se mantuvieron al aire libre y sin curado como se muestra en la Figura 33.

El inciso 552.16 del CR-2020 se indica que *“que las superficies se mantendrán húmedas después de que los encofrados hayan sido removidos”* y también en la subsección (b) se indica el método de cura en el cual se indica *“se mantendrá la superficie de concreto hidráulico continuamente mojada, empozándola, rociándola o cubriéndola con algún material adecuado”*, el mismo documento indica que se debe mantener estos curados durante al menos 7 días después del desencofrado de los elementos.

Lo mencionado anteriormente, se hizo del conocimiento durante la visita realizada por parte del equipo auditor y la Administración al plantel de fabricación, además se logró determinar que las prácticas de cura eran insuficientes para los primeros días de estar coladas las vigas, esto se determinó prestando atención al proceso durante al menos unos 15 minutos en el plantel, así como por medio de entrevistas a personal del plantel, quienes indicaron que no se curaban los elementos durante las horas nocturnas.



El oficio CSPRV-2024-242 indica que se encuentran de acuerdo con asegurar el curado del concreto, pues es fundamental para la garantía de un concreto hidráulico de calidad, además de que si no se lleva este procedimiento de manera adecuada es probable que no se alcancen las propiedades óptimas en su estado endurecido.

Adicionalmente, por medio del Memorando EIC-Lanamme-105-2024 se le indicó a la Administración que los elementos no contaban con el adecuado curado, lo que fue constatado por el equipo auditor en la gira realizada. El proceso de curado debe cumplir, según lo indicado en el CR-2020, sección 552.16 que indica lo siguiente: “las superficies se mantendrán húmedas después de que los encofrados hayan sido removidos”. Adicionalmente, en el subíndice (b) se indica, para el método de curado con agua, que “se mantendrá la superficie de concreto hidráulico continuamente mojada, empozándola, rociándola o cubriéndola con algún material adecuado”. Por último, el CR-2020 también indica, en el mismo inciso, que “Se deberá curar todo el concreto hidráulico ininterrumpidamente durante por lo menos 7 días”.

Figura 33. Vigas sin el curado necesario, Fecha: 8 de noviembre de 2023. Fuente LanammeUCR



Por otra parte, cabe destacar que los cilindros de control de resistencia también se deben mantener bajo las mismas condiciones de curado que se establecen para los elementos prefabricados como se establece en la sección 5.3.6 del ACI 301S-10, los cuales según la visita realizada por esta auditoría no se llevaron a cabo en su totalidad esto debido a que se documentó algunos especímenes reservados en la pileta de cura tal y como se muestra en la Figura 34



Figura 34. Cilindros de concreto en pileta de curado. Fecha: 8 de noviembre de 2023. Fuente: LanammeUCR



Es criterio del equipo auditor que a este tipo de situaciones se les debe dar especial importancia, ya que podrían afectar la resistencia final de los elementos prefabricados que a la postre podrían incidir en el desempeño de la estructura durante su puesta en funcionamiento y toda la vida útil proyectada.

C. Prácticas de vibrado en los elementos

El sistema utilizado por el contratista para el vibrado fue el de formaletas con el sistema integrado lo cual es una buena práctica para el desarrollo de esta actividad, así mismo, el empleo de vibradores manuales, se detectó una mala utilización en la inserción del equipo en la estructura que no fue como se indica en el ACI 309R-05 como se indica a continuación:

“El vibrador debe sistemáticamente insertarse verticalmente a una distancia uniforme en toda el área de colocación. La distancia entre inserciones debe ser aproximadamente 1.5 veces el radio de influencia, y debe ser de tal modo que el área que se vea afectada por el vibrador se traslape algunos centímetros al área adyacente recién vibrada.”

ACI 309R, 2005

En sitio y como se muestra en la Figura 35 el equipo auditor logro observar que no se cumplía con lo estipulado en el ACI 309R-05 ya que se insertaba el equipo de vibración con cierta inclinación, adicionalmente se constató que se movía el equipo dentro de la masa de concreto.



Figura 35. Uso incorrecto del vibrador manual, Fecha 8 de noviembre de 2023, Fuente: LanammeUCR.



Es criterio del equipo auditor que prestar atención a estos detalles puede asegurar una correcta densificación del concreto que permita asegurar la calidad del material utilizado, un vibrado inadecuado puede generar deficiencias en el acabado de los elementos de concreto, tal como se indica en la siguiente sección.

D. Nidos de piedra en las estructuras

Finalmente, para algunas de las estructuras como la mostrada en la Figura 36 (Viga 4 de superestructura 5) se logró evidenciar algunas deficiencias en el acabado de las estructuras en el momento del desmolde de las mismas, la supervisión del proyecto en el oficio CSPRV-2024-242 indica que los daños serían atendidos con morteros expandibles tal y como fue observado en otras estructuras, no obstante, es criterio del equipo auditor que como oportunidades de mejora se pudo realizar un mejor vibrado o añadir mejores aditivos que ayuden a la fluidez del concreto.



Figura 36. Nidos de piedra en estructuras coladas. Fecha 8 de noviembre de 2023. Fuente: LanammeUCR (la viga 4 de la superestructura 5)



E. Óxido en elementos de anclaje y placas de apoyo

Durante la visita realizada se corroboró que los elementos de anclaje y placas para el tensado de los cables se encontraban con signos de corrosión. Esto fue notificado en el sitio a la Administración del proyecto y adicionalmente indicado por el PIE en el informe **EIC-Lanamme-INF-1716-2023** para hacer prevención de posibles afectaciones del óxido en las estructuras.

La Supervisión del proyecto en el oficio **CSPRV-2024-242** indica que los puntos con corrosión no representan algún daño para las estructuras, no obstante, siempre es recomendable la limpieza de los elementos previo a las colocaciones de concreto para así evitar daños prematuros. Adicionalmente en el documento **CSPRV-2024-243** la Supervisión remarca que se llevará a cabo una limpieza para los elementos con partes expuestas, así mismo a pesar de la evidente corrosión que presentan, el profesional encargado de la supervisión indicó en el oficio que no existen problemas en la parte estructural para los elementos tipo viga.

Figura 37. Placas y cables con corrosión evidente. Fecha 8 de noviembre de 2023. Fuente: LanammeUCR





Figura 38. Acero de presfuerzo con corrosión en la viga N°1. Fecha 8 de noviembre de 2023. Fuente: LanammeUCR



Es criterio del equipo auditor que estos defectos pueden causar problemas con la durabilidad del acero además de presentar incumplimiento con la sección 553.04 del CR-2020 que indica lo siguiente: *Usar acero de preesfuerzo que esté **brillante y libre de corrosión**, suciedad, grasa, cera, herrumbre, aceite o cualquier otro material extraño que pueda impedir que el acero y el concreto se adhieran. No se debe usar acero de refuerzo que haya sufrido algún daño o esté picado.*



CONCLUSIONES

SOBRE LOS DOCUMENTOS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS

- La justificación para la elección de los coeficientes de drenaje elegidos por parte del diseñador para los materiales de base estabilizada y subbase granular es adecuada según lo expuesto con el fin de dar trazabilidad a los resultados del diseño de pavimentos.
- Se utiliza un valor de módulo elástico que a criterio del LanammeUCR es bajo para la carpeta asfáltica el cual resulta en un coeficiente estructural menor.
- En el documento A) *Memoria y Anexos en el Anexo 5* en donde se muestra el diseño estructural de pavimentos del proyecto en consideración, no especifica el tipo de mezcla a utilizar (A, B, C o D, según sección 402 del CR-2020) y no considera especificaciones para pruebas de fatiga y deformación permanente esto considerando la magnitud del proyecto ejecutado.
- El número estructural de diseño supera en 57,7 % el número estructural requerido, situación que se puede explicar por el valor de módulo y coeficiente estructural utilizados para la mezcla asfáltica el cual provoca un sobre diseño de la carpeta de rodamiento.
- No se incluye en el análisis del desempeño, la evaluación del fenómeno de deformación permanente ni fatiga en la carpeta asfáltica, estos son enviados posteriormente como anexo del documento POE-09-2023-0268 a pesar de ser parte esencial del diseño de pavimentos.

SOBRE LOS DOCUMENTOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL

- Según las listas de evaluación de los tres procedimientos de revisión llevados a cabo por el Programa de Ingeniería Estructural de LanammeUCR no se cumple en su totalidad los criterios específicos revisados de acuerdo con la normativa de Diseño de Puentes AASHTO LRFD 2017, Anexo 5.
- En los apéndices se hace referencia a una normativa desactualizada de AASHTO LRFD 2007, cuando lo indicado en planos e introducción de la memoria se menciona a la normativa AASHTO LRFD 2017, según la respuesta del contratista con el documento UNOPS-90413-20230316-025-DF, se aplicó la normativa del año 2017 y se solicitó corregir la memoria de cálculo y corroborar que efectivamente se utilizaron las ecuaciones según el contrato, como se denota en el memorándum de respuesta MEMO-UP- 0009-2023.



- Faltan varias revisiones solicitadas por la normativa AASHTO LRFD, lo cual impide una revisión completa de los elementos existentes y propuestos para el proyecto en cuestión.
- La información suministrada en la memoria de cálculo carece de claridad para el equipo PIE, por lo cual esto dificultó la revisión del documento y se presentan inconsistencias con respecto a la normativa referenciada.

SOBRE LA CALIDAD DEL CONCRETO

- Se evidenció una alta variabilidad en los resultados de flujo y de asentamiento obtenidos por la Supervisión y por LanammeUCR.
- Los valores de temperatura y contenidos de aire de las muestras de concreto analizadas tienen una tendencia a mantenerse dentro de los límites establecidos por el contratista a excepción de la temperatura del concreto empleado en elementos de tipo losa donde tres de las muestras obtuvieron resultados por fuera de los límites establecidos.
- Para los diferentes diseños de mezcla analizados, los resultados de resistencia de las muestras de concreto se encuentran por encima de la resistencia a la compresión mínima requerida a los 28 días.
- Se presentó una anomalía en la toma de muestras de concreto fresco para los elementos de cimentaciones donde no se tomó esta dentro de la porción media del camión mezclador, por lo que se registró como un ensayo no acreditado.

SOBRE LA CALIDAD DEL ACERO

- La totalidad de los especímenes ensayados de varillas de acero corrugado y torones, cumplen con las características de geometría y masa especificadas en la norma.
- En cuanto a parámetros referentes a la corrugación de las varillas de acero, la totalidad de las muestras cumplen con lo especificado en la norma correspondiente.
- Con respecto a los torones, la totalidad de las muestras cumplen con todos los parámetros referentes a características mecánicas del elemento. Por otro lado, únicamente una de las muestras de varillas presentó deficiencias tanto en el esfuerzo de fluencia como en el porcentaje de elongación.

SOBRE LA FIBRA DE CARBONO

- Los valores de resistencia a la tracción no cumplieron con la especificación para las probetas falladas, sin embargo, se alcanzó el mínimo establecido en el módulo elástico.



SOBRE EL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA

- Se evidenció un error en el reporte de los resultados de desempeño para el proyecto indicando resultados de otro proyecto.
- Los valores reportados de volumetría y desempeño del informe CD-ITP-580-2024-05-C03 cumplen con lo establecido en las disposiciones del CR-2020.
- Se corrigen los resultados de desempeño de los ensayos de fatiga y deformación con equipo APA en el informe CD-ITP-580-2024-05-C03 justificando la corrección como un error en la confección por parte del consultor de calidad del proyecto y del contratista.

SOBRE LAS PRACTICAS CONSTRUCTIVAS

- Se evidenciaron procesos de cura al concreto sobre los elementos estructurales deficientes pudiendo provocar en estos que el concreto no alcanzara las resistencias esperadas.
- La cura de los cilindros de calidad debe ser la misma llevada a cabo en las estructuras esto según la normativa del ACI 301S-10 lo cual no se cumplió para los cilindros que se fallaron a los 28 días la cual podría comprometer los resultados de los cilindros con la edad de falla antes mencionada.
- El contratista lleva a cabo un proceso de vibración adecuado para las estructuras de concreto coladas en taller, pero se evidenciaron oportunidades de mejora con respecto al procedimiento de vibrado normal.
- Se detectó óxido en los detalles de acero lo cual podría generar problemas en la durabilidad de estos elementos, sin embargo, la supervisión asegura que no representa algo perjudicial para la capacidad estructural de los elementos.

RECOMENDACIONES

SOBRE LOS DOCUMENTOS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS

- Se recomienda utilizarlos factores camión estimados por el LanammeUCR en el informe LM-PI-UGM-INF-02-2020.
- Se debe valorar el uso de mezclas asfálticas modificadas con polímeros, las cuales pueden presentar un mejor desempeño ante los fenómenos de fatiga y deformación permanente, en especial para una ruta de alto tránsito como la del proyecto.



- Se recomienda a la Unidad Ejecutora, solicitar al Consultor, que en el diseño de pavimentos se haga una descripción más detallada del tipo de mezcla a utilizar. Se debe indicar el tipo de mezcla a utilizar (A, B, C o D, según sección 402 del CR-2020), sin embargo, el diseñador mediante el oficio UNOPS-90413-20230605-080-DF enviado por la Administración, indica que la mezcla es tipo Superpave clasificación D, para futuros proyectos es importante la indicación del tipo mezcla a colocar esto para prevenir posibles errores de presupuesto y también asegurar que la calidad del material empleado vaya en función al tránsito diseñado.
- Se recomienda incluir en el análisis de desempeño de las estructuras de pavimentos seleccionadas, la evaluación del fenómeno de deformación permanente en la carpeta asfáltica de manera que se garantice el cumplimiento de estas ante este mecanismo de falla.
- Se recomienda la revisión del módulo de 400 000 psi utilizado para la mezcla asfáltica, ya que este valor influye en la definición del espesor de mezcla asfáltica a colocar.

SOBRE LOS DOCUMENTOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL

- Es recomendable mantener las versiones de los planos con las correcciones hechas además de un inventario de cambios para poder dar trazabilidad a los mismos en las memorias de cálculo y adjuntarlos con las justificaciones correspondientes dependiendo si fueron por temas de construcción o de espacio geométrico en los elementos.
- En consideración como una oportunidad de mejora para futuras presentaciones de memorias de cálculo es el de justificar los factores de importancia para las estructuras con el fin de demostrar una trazabilidad en la elección de estos.

SOBRE LA CALIDAD DEL CONCRETO

- Realizar un diseño previo de dónde se debe ubicar el laboratorio para la toma de muestra de concreto fresco para acatar la norma tal y como se establece y evitar la variabilidad por este motivo en los resultados.
- Establecer para futuros proyectos mecanismos para reducir la variabilidad del asentamiento del concreto y garantizar que este parámetro se encuentre dentro de un rango aceptable, de manera que no se afecte la trabajabilidad del concreto ni su acabado.

SOBRE LA CALIDAD DEL ACERO

- Se recomienda la implementación de los ensayos de control de calidad de los torones de acero para la revisión de condiciones físico-mecánicas.



SOBRE LA FIBRA DE CARBONO

- Implementar el ensayo de resistencia a la tracción según la norma ASTM D3039 como control de calidad de la fibra de carbono para verificar los parámetros indicados en la ficha técnica del material, además valorar la inclusión de otros ensayos para revisar la calidad del proceso constructivo.
- Se debe mantener una constante observación del comportamiento de la fibra de carbono en cuanto el proyecto se encuentre en operación para evitar un deterioro prematuro en el mismo.
- Se recomienda realizar un cálculo estructural revisando la capacidad estructural del material de fibra carbono con base a los resultados arrojados por el laboratorio del LanammeUCR.

SOBRE EL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA

- Se recomienda a la Administración elaborar un procedimiento de revisión para la documentación recibida en el proyecto con el fin de establecer parámetros de aceptación o rechazo para los diseños presentados por parte del contratista.

SOBRE LAS PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS

- Establecer un riguroso seguimiento por parte de la supervisión a las estructuras que se encuentran en proceso de curado y mantener el control de los procedimientos utilizados para la elaboración de elementos estructurales colados en planta.
- Se recomienda para futuros proyectos establecer una identificación y también un inventario de cambios en los planos originales causados por los planos de taller presentados para indicar la trazabilidad de los cambios efectuados en las estructuras.



REFERENCIAS

- American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO. (2017). *AASHTO LRFD Bridge Construction Specifications. 4th Edition*. Washington D.C.: AASHTO.
- American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO. (2017). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications. 8th Edition*. Washington D.C.
- American Concrete Institute (ACI). (2010). *Especificaciones para Concreto Estructural ACI 301S-10*. American Concrete Institute.
- American Standard Testing Materials (ASTM). (2017). *C172 Standard Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete*. West Conshohocken PA.
- American Standard Testing Materials (ASTM). (2017). *D3039 Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials*. West Conshohocken PA.
- American Standard Testing Materials (ASTM). (2024). *A416 Standard Specification for Low-Relaxation, Seven-Wire Steel Strand for Prestressed Concrete*. West Conshohocken PA.
- American Standard Testing Materials (ASTM). (2024). *A716 Standard Specification for Deformed and Plain Low-Alloy Steel Bars for Concrete Reinforcement*. West Conshohocken PA.
- Castro, M. (2004). *Structural design of asphalt pavement on concrete bridges*. Canada: Canadian Journal of Civil Engineering.
- MOPT. (2010). *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010*. San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
- MOPT. (2020). *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2020*. San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.



EQUIPO AUDITOR

Preparado por:
Ing. Alejandro Guasch García.
Auditora Técnica

Revisado por:
Ing. Francisco Fonseca Chaves
Auditor Técnico

Revisión Legal:
Lic. Giovanni Sancho Sanz Asesor
Legal LanammeUCR

Revisado y aprobado por:
Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.
Coordinadora Unidad de Auditoría
Técnica

Aprobado por:
Ing. Guillermo González Beltrán,
PhD. a.i.
Director General LanammeUCR



ANEXO A

En el siguiente enlace se adjuntan los documentos

- Oficio POE-10-2024-0397, firmado el 26 de noviembre del 2024, descargo al Informe preliminar EIC-Lanamme-INF-0293-2024.
- Análisis del descargo al informe en versión preliminar EIC-Lanamme-INF-0293-2024, elaborado por la Unidad de Auditoría Técnica.



ANEXO B

Proceso de valoración de los resultados de la auditoría realizada.

El Equipo Auditor considera todos los resultados de la auditoría incluidos en este informe como relevantes y considera que existe el riesgo potencial de que se materialice lo alertado en cada uno de ellos. No obstante, con el objetivo de brindar una herramienta para que las instituciones a las cuales el LanammeUCR debe informar sus resultados, según lo establecido en el artículo 6 de la Ley 8114, puedan priorizar la atención de las recomendaciones que surgen de los análisis desarrollados en el presente informe, se presenta la siguiente valoración de los resultados de la auditoría según su impacto, urgencia y carácter contractual.

El Equipo Auditor categorizó el impacto, la urgencia de atención de las recomendaciones y el carácter contractual según lo establecido en la Tabla B.1 para cada resultado de la auditoría de forma independiente.

El impacto corresponde a la afectación, según el criterio del Equipo Auditor, que el resultado de la auditoría encontrado generó en la calidad de la obra. La urgencia corresponde al tiempo de atención sugerido de las recomendaciones emitidas por el LanammeUCR. El carácter contractual denota si el resultado de la auditoría se basa en una cláusula de carácter contractual o si su respaldo técnico no necesariamente tiene un carácter contractual para el proyecto. También valora si su incumplimiento es parcial o total.

Tabla B.1. Valoración de los resultados de la auditoría según su impacto, urgencia y cumplimiento contractual

Categoría		Valoración
Impacto	Bajo	1
	Medio	3
	Alto	5
Urgencia ¹	Largo plazo	1
	Mediano plazo	3
	Corto plazo	5
Carácter contractual	No contractual	1
	Incumplimiento contractual parcial	3
	Incumplimiento contractual total	5

¹El corto plazo se considera un plazo menor a un año desde la emisión del informe. El mediano plazo se entiende por un plazo comprendido entre 1 y 5 años. El largo plazo se entiende por un plazo mayor a 5 años.

Posteriormente, se obtuvo el promedio de las valorizaciones obtenidas según cada categoría y se determinó la prioridad de atención sugerida para las partes interesadas según lo establecido en la Tabla B.2.

Tabla B.2. Prioridad de atención sugerida según la valoración de los resultados de la auditoría realizada por el Equipo Auditor

Prioridad de atención sugerida	Rango de valoración
Baja	1 – 2
Media	2 – 3
Alta	3 - 4
Muy alta	4 - 5

Los resultados de la auditoría positivos no se incluyen en esta valoración ya que no requieren atención inmediata por parte de la Administración ni de las instituciones establecidas en el Artículo 6 de la Ley 8114 y sus reformas. En la Tabla B.3, se muestra la valoración de los resultados de la auditoría de este



informe. También se muestra la prioridad de atención sugerida, según la escala de colores mostrada en la Tabla B.2.

Tabla B.3. *Valoración de los resultados de la auditoría y priorización de atención sugerida*

Aspecto	No	Hallazgo/Observación	Cumplimiento Contractual	Impacto	Urgencia	Promedio
Gestión de la Intervención	Observación 1	Se evidencian oportunidades de mejora en los planos constructivos y las especificaciones técnicas del proyecto.				
	Hallazgo 1	Se evidencian oportunidades de mejora en los planos constructivos y las especificaciones técnicas del proyecto.				
Evaluación de los materiales	Hallazgo 2	Se evidencio el cumplimiento de especificaciones técnicas para concreto, mortero y pintura.				