



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica LanammeUCR

Informe en versión final EIC-Lanamme-INF-0227-2024

Informe de Auditoría Técnica

Evaluación de la gestión de calidad de los materiales para puentes y prácticas constructivas realizadas en el proyecto: Rehabilitación y Ampliación de Ruta Nacional No. 32, Carretera Braulio Carrillo, Sección Intersección Ruta Nacional No. 4 (Cruce a Sarapiquí)-Limón.

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

Junio, 2024





1. Informe en versión final EIC-Lanamme-INF-0227-2024	2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: Evaluación de la gestión de calidad de los materiales para puentes y prácticas constructivas utilizadas en el proyecto: Rehabilitación y Ampliación de Ruta Nacional No. 32, Carretera Braulio Carrillo, Sección Intersección Ruta Nacional No. 4 (Cruce a Sarapiquí)-Limón.	4. Fecha del Informe Junio, 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 <p>El Informe de Auditoría Técnica EIC-Lanamme-INF-0227-2024 recopiló hallazgos y observaciones sobre la auditoría externa ejecutada en el proyecto “Rehabilitación y Ampliación de Ruta Nacional No. 32, Carretera Braulio Carrillo, Sección Intersección Ruta Nacional No. 4 (Cruce a Sarapiquí)-Limón”, específicamente relacionados con la evaluación y la gestión de la calidad de los materiales utilizados para la construcción de puentes como el concreto, el acero y los apoyos elastoméricos, así como las prácticas constructivas utilizadas en el periodo comprendido entre enero 2020 y octubre 2023.</p> <p>En primer lugar, sobre la memoria de cálculo del puente sobre el río Chirripó se identificó que el diseño estructural cumple en un 73% con los requerimientos aplicables que establece el Apéndice A5 de la norma AASHTO LRFD. Asimismo, la mayoría de las observaciones se relacionan con la omisión parcial o total de información y se detectaron algunos casos donde se aplicó la normativa de forma incompleta o incorrecta, principalmente en lo relacionado con los estados límites de diseño, la aplicación de modificadores de carga y el diseño de elementos importantes como las vigas diafragma. Las observaciones indicadas evidenciaron la ausencia de un sistema de control y aseguramiento de la calidad, tanto por parte del diseñador -para garantizar la calidad del contenido de las memorias de cálculo-, como de la Administración -para la aprobación de estas-.</p> <p>En específico sobre la calidad de los apoyos elastoméricos utilizados en los puentes peatonales y pasos vehiculares se evidenció una serie de no conformidades con respecto a los requisitos de ensayo para las pruebas Creep y Shear Bond. Además, en los informes emitidos para los apoyos fabricados se determinó que no cuentan con detalles sobre las velocidades de aplicación de deformación, ni las características físicas de los especímenes con insertos. Por otro lado, se identificaron incumplimientos en el requisito de módulo de cortante en los apoyos con consecutivos del 1 al 10; sin embargo, estos no se utilizaron en puentes peatonales con luces mayores a 16 metros. Adicionalmente, se identificaron algunos apoyos que no cumplieron con el requisito de elongación mínima del 450% y no se aportaron resultados de las pruebas de resistencia al calor y deformación remanente por compresión.</p>	



Por su parte, el concreto muestreado evidenció una alta dispersión en los resultados de asentamiento del concreto. Se identificó que el 17% de las muestras evaluadas por la Supervisión presentaron un valor de asentamiento superior a los 200 mm, mientras que las muestreadas por el LanammeUCR sobrepasaban ese límite en un 37% de las muestras. En cuanto a los valores de temperatura y de resistencia a la compresión mínima requerida a los 28 días para los diferentes diseños de concreto, se determinó que las muestras de concreto analizadas tienen una tendencia a mantenerse dentro de los límites establecidos en el CR-2010 y en planos.

En cuanto a la calidad del acero muestreado, se evaluaron los resultados de propiedades mecánicas como el esfuerzo de fluencia, esfuerzo máximo de tensión y porcentaje de elongación, de igual manera, en la evaluación de las propiedades físicas, como el ángulo de inclinación de las corrugaciones y resistencia al doblado, se determinó que, las muestras de barras de acero de distintas designaciones obtenidas por el LanammeUCR satisfacen los requisitos establecidos en la norma ASTM A706.

Sobre las prácticas constructivas utilizadas para los puentes, se identificaron reparaciones irregulares de rocas en las escolleras de los puentes sobre los ríos Toro, Escondido y Cuba, lo cual puede favorecer el arrastre de material y la socavación de ese elemento. Por otro lado, se identificó socavación al pie de las escolleras de los puentes sobre los ríos Dos Novillos y Guacimito, lo cual podría conllevar a una pérdida continua del material de relleno, causando inestabilidad y desplazamientos en la estructura de los bastiones. Además, se identificaron algunos rellenos con presencia de cárcavas en el puente sobre el río Rojo, río Cuba, río Destierro y en dos intercambios del proyecto lo cual aumenta la susceptibilidad a la erosión y podría provocar efectos en el relleno debido a asentamiento y pérdida de capacidad de soporte ante la ausencia de medidas efectivas de control por parte del Contratista según lo establecido en el CR-2010.

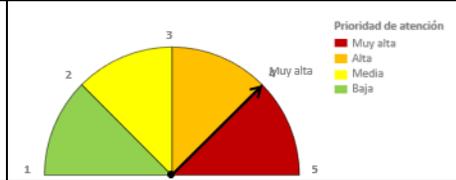


8. Valoración de los resultados

Resultado	Prioridad de atención
<p>Observación No. 1. Se evidenciaron algunas deficiencias en la memoria de cálculo del puente nuevo sobre el río Chirripó relacionadas principalmente con la aplicación de la normativa de diseño AASHTO LRFD.</p>	
<p>Hallazgo No. 1. Se evidenciaron algunas inconsistencias en la ejecución de los ensayos de control de calidad y en la documentación de calidad de los apoyos elastoméricos utilizados en los puentes peatonales y pasos vehiculares del proyecto</p>	
<p>Hallazgo No. 2. Se evidenció que la mayoría de muestras de concreto tomadas por el LanammeUCR y por la Supervisión tienen una resistencia superior a la resistencia mínima establecida en el diseño, además, los parámetros de contenido de aire, asentamiento y temperatura se mantienen dentro de los rangos establecidos.</p>	
<p>Hallazgo No. 3. Se determinó que las muestras de barras de acero de distintas designaciones obtenidas por el LanammeUCR satisfacen los requisitos mecánicos y físicos de ángulo de corrugaciones y resistencia al doblez que se establecen en la norma ASTM A706.</p>	
<p>Hallazgo No. 4. Se identificó que existe susceptibilidad en las escolleras de algunos puentes, al arrastre de material y socavación de las escolleras ante la acción erosiva en las laderas y el cauce del río.</p>	
<p>Hallazgo No. 5. Se identificaron algunos rellenos con presencia de cárcavas y susceptibilidad a la erosión ante la ausencia de medidas efectivas de control de la erosión por parte del Contratista según lo establece la sección 157 del CR-2010.</p>	
<p>Hallazgo No. 6. Se evidenciaron deterioros y ausencia de juntas de expansión en algunos puentes del proyecto.</p>	
<p>Hallazgo No. 7. Se evidenciaron algunas prácticas constructivas relacionadas con la construcción de los puentes del proyecto. Entre ellas la colocación y vibrado de concreto en algunas sobre losas, las condiciones de algunas juntas en los puentes del proyecto y las barreras de protección.</p>	



Hallazgo No. 8. Se evidenciaron algunas prácticas constructivas relacionadas con la construcción de los puentes del proyecto. Entre ellas la colocación y vibrado de concreto en algunas sobre losas, las condiciones de algunas juntas en los puentes del proyecto y las barreras de protección.



9. Palabras clave

Auditoría Técnica, Ruta 32, Apoyo Elastomérico, Concreto, Acero, Calidad.

10. Nivel de seguridad:

Ninguna

11. Núm. de páginas

93



INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

Evaluación de la gestión de calidad de los materiales para puentes y prácticas constructivas utilizadas en el proyecto: Rehabilitación y Ampliación de Ruta Nacional No. 32, Carretera Braulio Carrillo, Sección Intersección Ruta Nacional No. 4 (Cruce a Sarapiquí)-Limón.

Departamento encargado del proyecto: Unidad Ejecutora Ruta 32, CONAVI

Supervisión del proyecto: Consorcio Supervisor RN32 CACISA-Camacho Fernández

Laboratorio de verificación de calidad: CACISA (hasta el 8 de octubre del 2023) – UNOPS (a partir del 17 de noviembre del 2023)

Empresa contratista: CHEC China Harbour Engineering Company

Laboratorio de control de calidad: OJM Consultores de Calidad y Laboratorios.

Monto original del contrato: US \$ 465.593.387,06

Plazo original de ejecución: 42 meses

Plazo actual del proyecto: 108 meses (mayo, 2024)

Fecha de inicio del diseño: 14 de diciembre del 2016

Fecha de inicio de la construcción: 20 de noviembre del 2017

Proyecto: Rehabilitación y Ampliación de Ruta Nacional No. 32, Carretera Braulio Carrillo, Sección Intersección Ruta Nacional No. 4 (Cruce a Sarapiquí)-Limón.

Longitud del proyecto: 107,24 km

Director General LanammeUCR:

Ing. Rolando Castillo Barahona, Ph.D.

Asesoría Legal:

Lic. Nidia Segura Jiménez

Lic. Giovanni Sancho Sanz

Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica LanammeUCR:

Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.

Auditores:

Ing. Francisco Fonseca Chaves, Auditor Técnico Líder

Ing. Sergio Guerrero Aguilera, Auditor Técnico Adjunto

Ing. Víctor Cervantes Calvo, Auditor Técnico Adjunto

Ing. Álvaro Cerdas Murillo, Auditor Técnico Adjunto (ya no labora en la institución)



TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	12
2. OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS	12
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA	13
4. ALCANCE DEL INFORME	13
5. ANTECEDENTES	14
6. METODOLOGÍA	18
7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	20
8. AUDIENCIA PRELIMINAR EIC-LANAMME-INF-0227-2024.....	21
9. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA.....	22
Sobre la memoria de cálculo.....	22
Observación No. 1. Se evidenciaron algunas deficiencias en la memoria de cálculo del puente nuevo sobre el río Chirripó relacionadas principalmente con la aplicación de la normativa de diseño AASHTO LRFD.....	22
Sobre la calidad de los materiales.....	27
Hallazgo No. 1. Se evidenciaron algunas inconsistencias en la ejecución de los ensayos de control de calidad y en la documentación de calidad de los apoyos elastoméricos utilizados en los puentes peatonales y pasos vehiculares del proyecto.	27
Hallazgo No. 2. Se evidenció que la mayoría de muestras de concreto tomadas por el LanammeUCR y por la Supervisión cumplen con la resistencia mínima establecida en el diseño, además, los parámetros de contenido de aire, asentamiento y temperatura se mantienen dentro de los rangos establecidos.	32
Hallazgo No. 3. Se determinó que las muestras de barras de acero de distintas designaciones obtenidas por el LanammeUCR satisfacen los requisitos mecánicos y físicos de ángulo de corrugaciones y resistencia al doblaje que se establecen en la norma ASTM A706.	41
Sobre deterioros en las estructuras de puentes	45
Hallazgo No. 4. Se identificó que existe susceptibilidad en las escolleras de algunos puentes al arrastre de material y socavación de las escolleras ante la acción erosiva en las laderas y el cauce del río.....	45
Hallazgo No. 5. Se identificaron algunos rellenos con presencia de cárcavas y susceptibilidad a la erosión ante la ausencia de medidas efectivas de control de la erosión por parte del Contratista según lo establece la sección 157 del CR-2010.....	54
Sobre prácticas constructivas en las estructuras de puentes	64
Hallazgo No. 6. Se evidenciaron deterioros y ausencia de juntas de expansión en algunos puentes del proyecto.....	64
Hallazgo No. 7. Se evidenciaron deterioros prematuros en las condiciones de algunas juntas y losas de aproximación en los puentes del proyecto.....	71



Hallazgo No. 8. Se evidenciaron algunas prácticas constructivas inadecuadas relacionadas con la colocación y vibrado de concreto en algunas sobre losas de los puentes y las barreras de protección. 75

10. CONCLUSIONES 85

Sobre la memoria de cálculo estructural 85

Sobre los apoyos elastoméricos 85

Sobre la calidad del concreto 86

Sobre la calidad del acero 86

Sobre las escolleras 86

Sobre las cárcavas en rellenos de estructuras mayores 87

Sobre los deterioros en las losas de aproximación 87

Sobre las practicas constructivas 87

11. RECOMENDACIONES 87

Sobre la memoria de cálculo estructural 87

Sobre los apoyos elastoméricos 87

Sobre la calidad del concreto 88

Sobre la calidad del acero 88

Sobre las escolleras 88

Sobre las cárcavas en rellenos de estructuras mayores 88

Sobre los deterioros en la losa de aproximación 88

Sobre las prácticas constructivas 88

12. REFERENCIAS 90

13. ANEXO A 93



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO DE AMPLIACIÓN DE LA RN NO. 32	21
FIGURA 2. FRAGMENTO DE LISTA DE VERIFICACIÓN DE CALIDAD DE LA MEMORIA DE CÁLCULO DEL PUENTE NUEVO SOBRE EL RÍO CHIRRIPO	24
FIGURA 3. RESULTADOS DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO DE DIFERENTES RESISTENCIAS PARA LAS MUESTRAS OBTENIDAS POR LA SUPERVISIÓN. FUENTE: INFORMES DE VERIFICACIÓN, CACISA. PERIODO: ENERO 2020 - JUNIO 2023	34
FIGURA 4. RESULTADOS DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO DE DIFERENTES RESISTENCIAS PARA LAS MUESTRAS OBTENIDAS POR EL LANAMMEUCR. PERIODO: ENERO 2020 - JUNIO 2023	35
FIGURA 5. RESULTADOS DE TEMPERATURA DEL CONCRETO DE DIFERENTES RESISTENCIAS PARA LAS MUESTRAS OBTENIDAS POR LA SUPERVISIÓN. FUENTE: INFORMES DE VERIFICACIÓN, CACISA. PERIODO: ENERO 2020 - JUNIO 2023	36
FIGURA 6. RESULTADOS DE TEMPERATURA DEL CONCRETO DE DIFERENTES RESISTENCIAS PARA LAS MUESTRAS OBTENIDAS POR EL LANAMMEUCR. PERIODO: ENERO 2020 - JUNIO 2023	37
FIGURA 7. RESULTADOS DE RESISTENCIA DEL CONCRETO DE DIFERENTES RESISTENCIAS DE DISEÑO PARA LAS MUESTRAS OBTENIDAS POR LA SUPERVISIÓN. FUENTE: INFORMES DE VERIFICACIÓN, CACISA. PERIODO: ENERO 2020 - JUNIO 2023	39
FIGURA 8. RESULTADOS DE RESISTENCIA DEL CONCRETO DE DIFERENTES RESISTENCIAS PARA LAS MUESTRAS OBTENIDAS POR EL LANAMMEUCR. PERIODO: ENERO 2020 - JUNIO 2023	39
FIGURA 9. REMOCIÓN DEL CONCRETO EN JUNTA DE EXPANSIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO QUEBRADA CALDERÓN. FECHA: 07 DE FEBRERO DEL 2023	40
FIGURA 10. RESULTADOS DE ESFUERZO DE FLUENCIA PARA BARRAS DE ACERO DE DIFERENTES DESIGNACIONES PARA LAS MUESTRAS OBTENIDAS POR EL LANAMMEUCR. PERIODO: ENERO 2020 - JUNIO 2023	42
FIGURA 11. RESULTADOS DE ESFUERZO MÁXIMO DE TENSIÓN PARA BARRAS DE ACERO DE DIFERENTES DESIGNACIONES PARA LAS MUESTRAS OBTENIDAS POR EL LANAMMEUCR. PERIODO: ENERO 2020 - JUNIO 2023	43
FIGURA 12. RESULTADOS DEL PORCENTAJE DE ELONGACIÓN PARA BARRAS DE ACERO DE DIFERENTES DESIGNACIONES PARA LAS MUESTRAS OBTENIDAS POR EL LANAMMEUCR. PERIODO: ENERO 2020 - JUNIO 2023	43
FIGURA 13. RESULTADOS DEL PROMEDIO DEL ÁNGULO DE INCLINACIÓN PARA BARRAS DE ACERO DE DIFERENTES DESIGNACIONES PARA LAS MUESTRAS OBTENIDAS POR EL LANAMMEUCR. PERIODO: ENERO 2020 - JUNIO 2023	44
FIGURA 14. ARREGLO DE ROCAS EN PIE DE ESCOLLERA EN PUENTE SOBRE EL RÍO TORO. FUENTE: EIC-LANAMME-INF-0299-2023	45
FIGURA 15. ARREGLO DE ROCAS EN FONDO DE CAUCE DE ESCOLLERA EN PUENTE SOBRE EL RÍO TORO. FECHA: 08 DE JUNIO DEL 2023	46
FIGURA 16. ARREGLO DE ROCAS EN PIE DE ESCOLLERA EN PILA 1 PUENTE SOBRE EL RÍO CUBA. FUENTE: EIC-LANAMME-INF-0299-2023	46
FIGURA 17. ARREGLO DE ROCAS EN PIE DE ESCOLLERA EN PILA 1 PUENTE SOBRE EL RÍO CUBA. FUENTE: PLANOS DE DISEÑO	47
FIGURA 18. ZONA CON PÉRDIDA DE MATERIAL EN ESCOLLERA DEL PUENTE SOBRE EL RÍO ESCONDIDO BASTIÓN 1. FECHA: 22 DE FEBRERO DEL 2023	47
FIGURA 19. ZONA DE ESCOLLERA EN PUENTE SOBRE EL RÍO DOS NOVILLOS CON APARENTE SOCAVACIÓN EN PIE DE ESCOLLERA	48
FIGURA 20. AFECTACIÓN POR SOCAVACIÓN EN PUENTE SOBRE EL RÍO DOS NOVILLOS. FUENTE: LM-EIC-D-0501-2021	49



FIGURA 21. EJECUCIÓN DE TRABAJOS DE PROTECCIÓN ANTE SOCAVACIÓN EN PUENTE SOBRE EL RÍO DOS NOVILLOS. FUENTE: LM-EIC-D-0709-2021..... 49

FIGURA 22. EROSIÓN EN PIE DE ESCOLLERA DEL BASTIÓN 2 DEL PUENTE SOBRE EL RÍO GUACIMITO..... 50

FIGURA 23. ARREGLO DE ROCAS EN PIE DE ESCOLLERA DEL PUENTE SOBRE EL RÍO GUACIMITO..... 51

FIGURA 24. ARREGLO DE ROCAS EN PIE DE ESCOLLERA DEL PUENTE SOBRE EL RÍO ESCONDIDO..... 51

FIGURA 25. ZONA DE ESCOLLERA EN PUENTE SOBRE EL RÍO DOS NOVILLOS CON SOCAVACIÓN EMPEORADA EN PIE DE ESCOLLERA. 53

FIGURA 26. FORMACIÓN DE CÁRCAVAS EN RELLENO DE APROXIMACIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO ROJO BASTIÓN 2..... 54

FIGURA 27. PRESENCIA DE MATERIALES EXTERNOS EN EL RELLENO DE APROXIMACIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO ROJO BASTIÓN 2. FECHA: 15/03/2023 55

FIGURA 28. RECONFORMACIÓN DEL TALUD DE RELLENO DE APROXIMACIÓN EN PUENTE SOBRE EL RÍO ROJO BASTIÓN 2. FECHA: 26/04/2023..... 55

FIGURA 29. PRESENCIA DE CONCRETO EN ZONA DE RELLENO DE APROXIMACIÓN EN PUENTE SOBRE EL RÍO ROJO BASTIÓN 2. FECHA: 26/04/2023..... 56

FIGURA 30. FORMACIÓN DE CÁRCAVAS EN EL RELLENO DEL BASTIÓN 1 SENTIDO SAN JOSÉ-LIMÓN PUENTE SOBRE EL RÍO CUBA. 57

FIGURA 31. FORMACIÓN DE CÁRCAVAS EN EL RELLENO SENTIDO LIMÓN- SAN JOSÉ INTERCAMBIO GUÁPILES. 59

FIGURA 32. EROSIÓN EN RELLENO DE APROXIMACIÓN Y SEDIMENTACIÓN DE PARTÍCULAS EN DRENAJE. FECHA: 26/04/2023..... 60

FIGURA 33. CONDICIÓN DE ATENCIÓN EN RELLENO DEL INTERCAMBIO EN EL ESTACIONAMIENTO 62+880. FUENTE: OFICIO CSRN32-0420-2023..... 61

FIGURA 34. CÁRCAVAS EN MATERIAL DEBIDO A ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL ESTACIONAMIENTO 84+280. FECHA: 20 DE JULIO DE 2022 61

FIGURA 35. CÁRCAVAS EN MATERIAL DE RELLENO EN PUENTE SOBRE EL RÍO DESTIERRO. FECHA: 19 DE JULIO DE 2023..... 62

FIGURA 36. CONDICIÓN DE ATENCIÓN EN RELLENO DEL INTERCAMBIO EN EL ESTACIONAMIENTO 55+500. FUENTE: OFICIO CSRN32-0420-2023..... 62

FIGURA 37. JUNTA DE EXPANSIÓN SEGÚN PLANOS ENTRE EL VANO 2 Y 3 DE LA REHABILITACIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO DESTIERRO. FUENTE: PLANOS DE REHABILITACIÓN PUENTE SOBRE EL RÍO DESTIERRO 65

FIGURA 38. JUNTA DE EXPANSIÓN SEGÚN PLANOS ENTRE EL VANO 2 Y 3 DE LA REHABILITACIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO DESTIERRO. FUENTE: PLANOS DE REHABILITACIÓN PUENTE SOBRE EL RÍO DESTIERRO 65

FIGURA 39. DETALLE DE JUNTA DE EXPANSIÓN D160 PUENTE SOBRE EL RÍO DESTIERRO. FUENTE: PLANOS DE REHABILITACIÓN PUENTE SOBRE EL RÍO DESTIERRO..... 67

FIGURA 40. ZONA DE JUNTA DE EXPANSIÓN ENTRE VANO 1 Y 2 EN PUENTE SOBRE EL RÍO DESTIERRO..... 68

FIGURA 41. DETALLE DE JUNTA DE EXPANSIÓN ENTRE VANO 1 Y 2 DEL PUENTE SOBRE EL RÍO DESTIERRO. FUENTE: PLANOS DE REHABILITACIÓN PUENTE SOBRE EL RÍO DESTIERRO..... 68

FIGURA 42. CONDICIÓN DE AGRIETAMIENTO EN LOSA DEL PUENTE SOBRE EL RÍO GUÁCIMO. 70

FIGURA 43. DETALLE DE PLANOS PARA JUNTA DEL PUENTE SOBRE EL RÍO GUÁCIMO. 70

FIGURA 44. DETERIORO EN LOSA DE APROXIMACIÓN DEL PUENTE SOBRE QUEBRADA CALDERÓN..... 72

FIGURA 45. DETERIORO EN LOSA DE APROXIMACIÓN DEL PUENTE SOBRE QUEBRADA CALDERÓN. FECHA: 10 DE ENERO DEL 2024 72

FIGURA 46. DETERIORO EN LOSA DE APROXIMACIÓN DEL PUENTE SOBRE RÍO CUBA. FECHA: 14 DE 73

FIGURA 47. DETERIORO EN LOSA DE APROXIMACIÓN DEL PUENTE SOBRE RÍO ROJO . FECHA: 14 DE 73

FIGURA 48. DETERIORO EN LOSA DE APROXIMACIÓN DEL PUENTE SOBRE RÍO SAN MIGUEL. FECHA: 25 DE..... 74

FIGURA 49. COLOCACIÓN DE CONCRETO EN SOBRE LOSA DEL PUENTE SOBRE EL RÍO DANTA EST. 57+341. FECHA: 08 DE JUNIO DEL 2022 76



FIGURA 50. VIBRADO DEL CONCRETO PARA SOBRELOSA DEL PUENTE SOBRE EL RÍO DANTA EST. 57+341. FECHA: 08 DE JUNIO DEL 2022 77

FIGURA 51. INSERCIÓN DE FORMA HORIZONTAL DE DISPOSITIVO VIBRADOR DEL CONCRETO EN COLOCACIÓN DE CONCRETO DEL PUENTE SOBRE EL RÍO DOS NOVILLOS..... 78

FIGURA 52. ZONAS DEL CONCRETO CON APARENTE EXCESO DE AGUA POR DURACIÓN EXTENSA DEL VIBRADO 79

FIGURA 53. CONCRETO SIN PROTECCIÓN PARA SOBRELOSA DEL PUENTE SOBRE EL RÍO DANTA EST. 57+341.80

FIGURA 54. CONCRETO ENDURECIDO SIN PROTECCIÓN PARA SOBRELOSA DEL PUENTE SOBRE EL RÍO DANTA EST. 57+341. FECHA. 09 DE JUNIO DEL 2022 80

FIGURA 55. ALMACENAMIENTO DE ACERO DIRECTAMENTE APOYADO SOBRE EL TERRENO. 81

FIGURA 56. CONDICIÓN DE INSTALACIÓN DE BARRERAS SEMIRRÍGIDAS. EST: 121+450 AL 123+450. FECHA: 9 DE MAYO, 2023. 83

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. RESUMEN DE OFICIOS ENVIADOS A LA ADMINISTRACIÓN DURANTE EL PROCESO DE AUDITORÍA* 15

TABLA 2. COMPONENTES Y ELEMENTOS ESTRUCTURALES CONSIDERADOS EN LA REVISIÓN DE LA MEMORIA DE CÁLCULO 23

TABLA 3. RESUMEN VALORES OBTENIDOS PARA EL PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO DE LOS ELEMENTOS 26

TABLA 4. LISTADO DE NO CONFORMIDADES DETERMINADAS A PARTIR DE LA TESTIFICACIÓN DE LOS ENSAYOS 28

TABLA 5. LISTADO DE OBSERVACIONES DETERMINADAS A PARTIR DE LA TESTIFICACIÓN DE LOS ENSAYOS 29

TABLA 6. RESULTADOS DE CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO DE DIFERENTES RESISTENCIAS PARA LAS MUESTRAS OBTENIDAS POR LA SUPERVISIÓN. FUENTE: INFORMES DE VERIFICACIÓN, CACISA. PERIODO: ENERO 2020 - JUNIO 2023 37



INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

Evaluación de la gestión de calidad de los materiales para puentes y prácticas constructivas realizadas en el proyecto: Rehabilitación y Ampliación de Ruta Nacional No. 32, Carretera Braulio Carrillo, Sección Intersección Ruta Nacional No. 4 (Cruce a Sarapiquí)-Limón.

1. 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 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)

2. OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS

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

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: **“Rehabilitación y Ampliación de Ruta Nacional No. 32, Carretera Braulio Carrillo, Sección Intersección Ruta Nacional No. 4 (Cruce a Sarapiquí)-Limón”**, 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, el acero y los apoyos elastoméricos, 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.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

- Evaluar y revisar la memoria de cálculo estructural para los elementos de los puentes ubicados en el proyecto para determinar conformidad con las especificaciones establecidas en el Contrato del proyecto y las buenas prácticas de la ingeniería.
- Evaluar el cumplimiento de las especificaciones de los materiales utilizados para la construcción de los puentes a partir de muestreos puntuales realizados por el LanammeUCR, de conformidad a la normativa establecida en el Contrato del proyecto y las buenas prácticas de la ingeniería.
- Informar a la Administración sobre los resultados de ensayo que se realicen a los materiales analizados para la construcción de los puentes (concreto, acero y apoyos elastoméricos).
- Evaluar y analizar los resultados de ensayos de calidad de Verificación de Calidad del proyecto para determinar conformidad con las especificaciones establecidas en el Contrato del proyecto y las buenas prácticas de la ingeniería.
- Evaluar la gestión de la Administración en el proceso de ejecución del proyecto relacionado con la calidad de los materiales, según las disposiciones contractuales y las buenas prácticas de ingeniería.

4. 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 46 meses (enero 2020 – octubre 2023) de la Auditoría relacionados con la evaluación y gestión de la calidad de los diferentes materiales utilizados en el proceso de construcción de los puentes como el concreto, el acero y los apoyos elastoméricos.

La evaluación de la calidad de estos materiales se realizó mediante diferentes muestreos realizados en el plazo de ejecución del proyecto de manera aleatoria y de conformidad con la normativa establecida en el Contrato del proyecto.

Aunado a lo anterior se destaca que, durante 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 evaluación de la gestión del proyecto, se consideró el proceso de documentación y recopilación de la información y oficios remitidos por parte de la Administración y la Supervisión del proyecto.

Respecto a la calidad de los materiales, en los hallazgos y observaciones se consideraron todas las evidencias recopiladas por el equipo auditor, con base en los resultados obtenidos, tanto por el laboratorio de verificación, como por el LanammeUCR para el concreto, acero y apoyos elastoméricos, así como la revisión de los diseños de materiales y especificaciones contempladas a nivel contractual.



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, pues esta labor es responsabilidad exclusiva de la Administración.

5. ANTECEDENTES

El proyecto auditado corresponde a la “Ampliación de la Ruta 32, sección: Intersección Ruta Nacional No. 4 (Cruce de Sarapiquí)-Limón”, la cual se encuentra a cargo de la Unidad Ejecutora Ruta Nacional No. 32 (UE32) del Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI). Este proyecto forma parte de la Ley No. 9293: Aprobación del financiamiento al proyecto rehabilitación y extensión de la Ruta Nacional No. 32 sección cruce Ruta 4-Limón, en la cual se facultó oficialmente al CONAVI a formalizar el contrato comercial con la empresa China Harbour Engineering Company Ltd. (CHEC) como la empresa designada para la elaboración de diseños y la construcción de las obras. Se debe destacar que, el 18 de febrero del 2013 el CONAVI y la empresa CHEC firmaron el Memorándum de acuerdo, que luego se oficializaría mediante la firma del Contrato entre ambas partes el 03 de junio del 2013.

Para este proyecto en específico, el Contratista a cargo de las labores de diseño y de construcción de las obras en su totalidad, corresponde a la empresa China Harbour Engineering Company Ltd. (CHEC), sin embargo, el proyecto fue dividido en tres sectores principales denominados Rama 1 (49+500 al 110+400), Rama 2 (110+400 al 135+200) y Rama 3, este último fue posteriormente subcontratado a dos empresas distintas por parte del Contratista CHEC (Constructora Hernán Solís 135+200 al 144+465 y Constructora MECO 144+465 al 153+500) así como el tramo comprendido entre el 99+880 al 110+400 a Constructora MECO. Por su parte, las empresas CACISA¹ y Camacho Fernández Ingenieros Consultores conforman el consorcio supervisor del proyecto en apoyo a la Unidad Ejecutora. Sin embargo, el periodo de supervisión terminó el 08 de octubre del 2023, y posteriormente a partir del 17 de noviembre del 2023, se da la contratación de los servicios de supervisión de la Oficina de las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos (UNOPS). Por lo tanto, es importante aclarar que en este informe no se aborda la gestión como supervisora de UNOPS, debido a que esta auditoría concluyó en el mes de octubre 2023.

Asimismo, se destaca que, como parte del proceso de Auditoría Técnica, el equipo auditor ha emitido y enviado a las entidades establecidas en la Ley 8114, los siguientes informes:

- LM-INF-IC-D-0014-20: “Análisis de los estudios previos y la calidad de los materiales del Proyecto Ampliación de la Ruta 32, sección: Intersección Ruta Nacional No4 (Cruce de Sarapiquí)- Limón”, abarca el periodo comprendido entre junio 2018 y setiembre 2020, 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

¹ La empresa Cacisa finalizó la prestación de servicios de supervisión el 08 de octubre de 2023



ensayo.(informe disponible en:

<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/2201>)

- EIC-Lanamme- INF-0509-2022: “Prácticas constructivas, desempeño y seguridad vial de trabajos ejecutados del proyecto: Ampliación de la Ruta 32, sección: Intersección Ruta Nacional No. 4 (Cruce de Sarapiquí)-Limón” abarca el periodo comprendido entre setiembre del 2020 y agosto del 2022 durante la etapa constructiva del proyecto y se enfoca principalmente en las prácticas constructivas, riesgos a la seguridad vial y desempeño de algunos tramos de pavimento concluidos a nivel de segunda capa asfáltica (r informe disponible en <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/2415>)
- EIC-Lanamme-INF-0107-2023: “Evaluación de la gestión de calidad de los materiales para pavimentos utilizados en el proyecto: Rehabilitación y Ampliación de Ruta Nacional No. 32, Carretera Braulio Carrillo, Sección Intersección Ruta Nacional No. 4 (Cruce a Sarapiquí)-Limón.” se abarcan los meses de enero 2020 a agosto de 2022. En este informe se centró en los resultados de calidad de los materiales del pavimento a saber, base estabilizada con cemento, mezcla asfáltica en caliente y ligante asfáltico. (informe disponible en: <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/2522>)

Por otro lado, el presente informe EIC-Lanamme-INF-0227-2024 contempla los meses comprendidos entre enero 2020 y junio 2022 durante la etapa constructiva del proyecto. Este se enfoca en hallazgos y observaciones específicamente relacionados con la evaluación y la gestión de la calidad de los materiales utilizados para la construcción de la estructura de pavimentos como la base estabilizada con cemento, el ligante asfáltico y la mezcla asfáltica.

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 46 meses que duró el desarrollo del presente proceso, se emitieron y enviaron a la Administración aproximadamente 27 oficios y notas informe relacionadas con el tema de puentes 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 UE32; 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
LM-IC-D-0477-20	19/6/2020	Solicitud de información en conjunto con solicitud de diseños estructurales finales de los puentes nuevos sobre río Madre y río Blanco	UE-DRA-RN32-009-2020-1053 (179)
LM-IC-D-0536-2020	30/6/2020	Solicitud de aclaración de consideraciones de seguridad vial, movilidad y puentes peatonales	UE-DRA-RN32-002-2021-0887
LM-IC-D-0818-2020	18/9/2020	Solicitud de información en conjunto con solicitud de diseños estructurales de los puentes por rehabilitar y algunos de los puentes nuevos.	UE-DRA-RN32-009-2020-1939 (179)



Oficio / Nota Informe	Fecha de emisión	Asunto	Oficio de respuesta de la administración
LM-IC-D-0016-2021	7/1/2021	Se solicitan planos de puentes nuevos y para rehabilitación de los existentes	UE-DRA-RN32-009-2021-141 (171)
LM-IC-D-0154-2021	1/3/2021	Resultado de ensayos de mezcla asfáltica y solicitud de información (planos de puentes y resultados de ensayos sobre apoyos elastoméricos)	UE-DRA-RN32-009-2021-0679 (179)
LM-IC-D-0181-21	5/3/2021	Respuestas a consultas planteadas por la Comisión de la Provisión de Limón, dentro de las respuestas se habla sobre el costo aproximado de la reconstrucción de los puentes	No requiere respuesta
LM-EIC-D-0323-2021	14/4/2021	Resultados de ensayos de mezcla asfáltica y ligante asfáltico modificado. Se reitera la solicitud de las pruebas sobre las almohadillas elastoméricas y los planos de diversos puentes del proyecto.	UE-DRA-RN32-009-2021-0764 (179)
LM-EIC-D-0366-2021	29/4/2021	Resultados de ensayos de mezcla asfáltica y ligante asfáltico modificado. Además. Se solicita nuevamente los planos de diversos puentes del proyecto.	UE-DRA-RN32-009-2021-0894 (179)
LM-EIC-0501-2021	15/6/2021	Observaciones de medidas de protección contra la socavación en puente sobre Río Dos Novillos, uso de traba y resultados de asfalto.	UE-DRA-RN32-009-2022-092 (179)
LM-EIC-D-0709-2021	27/8/2021	Se informa sobre las observaciones realizadas de los trabajos que se realizan para atender la socavación en el puente sobre el río Dos Novillos y la colocación de base estabilizada en el proyecto.	UE-DRA-RN32-009-2022-094 (179)
LM-EIC-D-0589-2021	14/7/2021	Respuesta consulta sobre singularidades en el proyecto "Rehabilitación y Ampliación de la Ruta Nacional N°32"	No requiere respuesta
LM-EIC-0643-2021	4/8/2021	Se informa sobre la compactación de MAC con lluvia y manejo de aguas pluviales durante la construcción cerca de puentes. Además, se solicita información sobre planos actualizados del diseño geométrico.	UE-DRA-RN32-009-2022-016 (171)
EIC-Lanamme-831-2021	4/10/2021	Se informa sobre aspectos de la colada de la losa de concreto del puente sobre el río Reventazón y el proceso de compactación de la mezcla asfáltica en el estacionamiento 114+500.	UE-DRA-RN32-009-2021-1950 (179)
EIC-Lanamme-56-2022	20/1/2022	Se informa sobre aspectos relacionados con discontinuidades en facilidades para usuarios vulnerables entre Pocora de Guácimo y Francia de Siquirres. Se revisaron los planos del puente nuevo sobre el Río Destierro.	No requiere respuesta
EIC-Lanamme-178-2022	1/4/2022	Solicitud de información y observaciones sobre trabajos de colocación de base estabilizada/mezcla asfáltica entre 24-25/02/2022 y 17-18/03/2022. Solicitud de información para muestreo de almohadillas elastoméricas de neopreno.	UE-DRA-RN32-009-2022-0817 (179)



Oficio / Nota Informe	Fecha de emisión	Asunto	Oficio de respuesta de la administración
EIC-Lanamme-411-2022	30/5/2022	Remisión de informes de resultados de ensayos de mezcla asfáltica y ligante asfáltica y respuesta al oficio UE-DRA-RN32-009-2022-0817 (179) se convoca a reunión para analizar los resultados de los ensayos a las almohadillas de neopreno.	UE-DRA-RN32-009-2022-0992 (179)
EIC-Lanamme-512-2022	17/6/2022	Remisión de informes de resultados de ensayos de mezcla asfáltica y ligante asfáltica y observaciones de gira del 08-09/06/2022. Se emiten observaciones sobre el colado de la sobrelosa en el puente sobre río Danta	UE-DRA-RN32-009-2022-1099 (179)
EIC-Lanamme-577-2022	11/7/2022	Remisión de informes de resultados de ensayos de mezcla asfáltica y ligante asfáltico y atención al oficio UE-DRA-RN32-009-2022-0992 (179). Se emiten observaciones sobre las condiciones de los puentes sobre río Rosa y río Madre.	UE-DRA-RN32-009-2022-1234 (179)
EIC-Lanamme-613-2022	19/7/2022	Se informa sobre observaciones de la gira de 12 y 13 de julio de 2022 y remisión de informes de laboratorio. Se emiten observaciones sobre el estado de la losa del puente sobre la Quebrada Calderón.	UE-DRA-RN32-009-2022-1370 (179)
EIC-Lanamme-639-2022	8/8/2022	Atención al oficio UE-DRA-RN32-009-2022-1234 (179) y se emiten observaciones sobre el estado del puente sobre el río Madre.	UE-DRA-RN32-009-2022-1434 (179)
EIC-Lanamme-731-2022	24/8/2022	Respuesta a oficio UE-DRA-RN32-002-2022-1345 y solicitud de informes de ensayos a las almohadillas de neopreno	UE-DRA-RN32-009-2022-1611 (179)
EIC-Lanamme-782-2022	21/9/2022	Atención a oficio UE-DRA-RN32-009-2022-1370 (179) y observaciones de la gira realizada el 06-07/09/2022. Se emiten observaciones sobre juntas de expansión en el puente sobre el río Destierro	UE-DRA-RN32-009-2022-1735 (179)
EIC-Lanamme-1002-2022	24/11/2022	Consulta sobre estado de puentes y solicitud de información. Se emiten observaciones sobre el deterioro en las losas de aproximación de algunos puentes.	UE-DRA-RN32-009-2022-2153 (177) / UE-DRA-RN32-009-2022-2205 (179)
EIC-Lanamme-60-2023	3/2/2023	Solicitud de información, remisión de información sobre apoyos elastoméricos y atención de oficio UE-DRA-RN32-009-2022-2205 (179). Se emiten observaciones sobre deterioros en losas de aproximación y juntas de puentes.	UE32-DRA-09-2023-0098 (0397) / UE32-DRA-09-2023-0116 (0397) / UE32-DRA-09-2023-0181 (0397)
EIC-Lanamme-174-2023	13/3/2023	Atención sobre solicitud de información relacionada con el informe LM-INF-IC-D-014-20. Se indica la realización de nuevos estudios hidrológicos para los puentes sobre los ríos Aguas Claras y San Miguel.	No requiere respuesta
EIC-Lanamme-162-2023	30/3/2023	Se informa sobre observaciones giras del 07-22/02/2023 y 07-14/03/2023. Se emiten observaciones sobre el estado y las prácticas constructivas desarrolladas en múltiples puentes a lo largo del proyecto.	UE32-DRA-09-2023-0328 (0341) / UE32-DRA-09-2023-0334 (0397) / UE32-DRA-09-2023-0428 (0397)



Oficio / Nota Informe	Fecha de emisión	Asunto	Oficio de respuesta de la administración
EIC-Lanamme-353-2023	5/5/2023	Remisión informe EIC-Lanamme-INF-0299-2023 y observaciones sobre puentes en construcción	UE32-DRA-09-2023-0456 (0397) / UE32-DRA-09-2023-0507 (0397)
EIC-Lanamme-689-2023	8/8/2023	Se informa sobre observaciones visita técnica del 19 de julio de 2023, seguimiento a oficios UE-DRA-09-2023-0428(0397), UE-DRA-09-2023-0507(0397), UE-DRA-09-2023-0532(0397) y UE-DRA-09-2023-0554(0397) y solicitud de información	UE32-DRA-01-2023-0785 (0397)
EIC-Lanamme-747-2023	18/08/2023	Remisión de informe de inspección de la construcción de puentes del Proyecto Ampliación de la Ruta Nacional N.º 32	UE32-DRA-09-2023-0855 (0397)
EIC-Lanamme-750-2023	18/08/2023	Se informa sobre observaciones visita técnica del 19 de julio de 2023, se continúa con el seguimiento a oficios UE-DRA-09-2023-0428(0397), UE-DRA-09-2023-0507(0397), UE-DRA-09-2023-0532(0397) y UE-DRA-09-2023-0554(0397) y solicitud de información	UE32-DRA-01-2023-0841 (0397)
EIC-Lanamme-909-2023	04/10/2023	Respuesta a oficio UE32-DRA-09-2023-0855 (0397)	UE32-DRA-09-2023-1038 (0397)
EIC-Lanamme-1207-2023	4/12/2023	Respuesta a oficio UE32-DRA-09-2023-1038 (0397). y observaciones de gira de 24 de octubre de 2023	UE32-DRA-09-2024-0053 (0397)

*Este resumen incluye oficios de distintos temas que son considerados para este y otros informes de auditoría realizados en el proyecto.

6. 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 definidos por 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 se comunicó a la Unidad Ejecutora por medio del oficio LM-AT-137-17 del 8 de noviembre del 2017, donde se convocó a las partes involucradas a una reunión el 21 de noviembre del 2017, 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 durante la ejecución del proyecto, por parte de la verificación de la calidad de los



materiales y de los laboratorios del LanammeUCR. Se destaca que durante el lapso que comprende esta auditoría se realizaron 43 muestreos de concreto, 73 muestras de barras de acero. Además, se realizaron más de 67 visitas técnicas al proyecto.

En relación con los criterios utilizados en la ejecución del estudio para la auditoría, estos corresponden a la normativa técnica específica 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).
- El código de construcción.²
- 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).
- Estudio de Impacto Ambiental
- Manual de construcción para caminos, carreteras y puentes (MC-2012).²
- 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
- Manual de diseño estándar para la construcción de carreteras, caminos y puentes de Costa Rica (DE-2010) o última versión aplicable.²
- 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.

² 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.



Finalmente, se reitera que, se emitieron notas informes cuando el equipo auditor identificó una evidencia, que se consideró necesario alertar oportunamente a la Administración, de previo a la emisión de este informe final. En cada nota informe emitida, se le brindó un plazo de días hábiles para que la Administración, se refiriera al contenido de la nota. Una vez analizadas las respuestas de la Administración, se procedió a la confección de este informe, incluyendo los aspectos analizados que a criterio del equipo auditor se consideró pertinentes.

7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

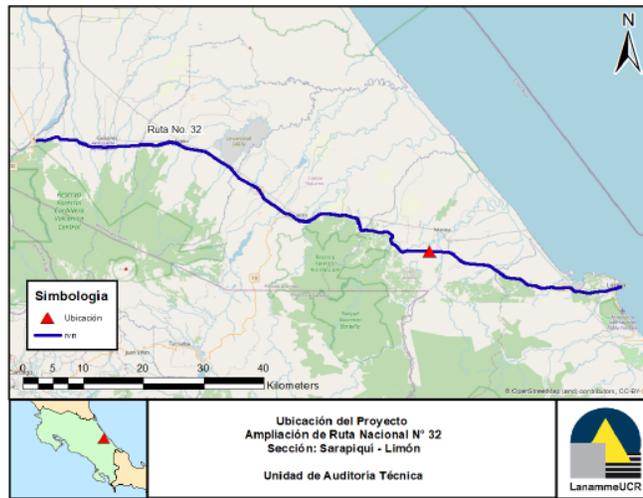
El objeto del contrato es realizar la ampliación de la calzada y la rehabilitación del pavimento existente en la Ruta Nacional N°32, en la sección comprendida entre: Intersección Ruta Nacional N°4 (Cruce de Sarapiquí) - Limón (Figura 1). El proyecto tiene una longitud de 107,24 km e incluye las siguientes actividades:

- 107,24 kilómetros de ampliación a cuatro carriles sobre la base de siete secciones transversales típicas, incluyendo ciclovías y aceras
- 5 intersecciones de dos niveles
- 36 puentes nuevos y los existentes a ser rehabilitados
- 23 puentes peatonales
- 176 bahías para autobuses
- 18 accesos a calles existentes
- 26 kilómetros de marginales de 4 metros de ancho

Las obras fueron desarrolladas a partir de las actividades y procesos constructivos como: movimiento de tierras, muros de concreto, elementos estructurales, obras de protección geotécnicas, topografía, obras de drenaje, pavimentos, señalización vial e iluminación, mismos que fueron auditados por el LanammeUCR y que dan sustento al presente Informe.



Figura 1. Localización del proyecto de ampliación de la RN No. 32



8. AUDIENCIA PRELIMINAR EIC-LANAMME-INF-0227-2024

Como parte de los procedimientos de auditoría técnica, mediante el oficio EIC-Lanamme-181-2024 del 19 de febrero de 2024, se envió el presente informe en versión preliminar (identificado como EIC-Lanamme-INF-0227-2024) 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, plazo que finalizó el 12 de marzo de 2024.

Adicionalmente, por medio de una plataforma virtual, el día viernes 29 de febrero de 2024, se realizó con el auditado la presentación oral de los resultados del informe preliminar con el fin de comentar los aspectos contenidos en el mismo. A esta actividad asistieron los siguientes participantes:

- | | |
|--------------------------|---|
| Juan Diego Salas | Ingeniero Unidad Ejecutora |
| Alejandro Rodríguez | Ingeniero estructural Unidad Ejecutora |
| Jorge Sánchez | Ingeniero Unidad Ejecutora |
| Greivin Jiménez | Gerente Unidad Ejecutora |
| David Barrantes | Dirección Ejecutiva CONAVI |
| Wendy Sequeira Rojas | Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica LanammeUCR |
| Francisco Fonseca Chaves | Auditor técnico LanammeUCR |
| Sergio Guerrero Aguilera | Auditor técnico LanammeUCR |
| Víctor Cervantes Calvo | Auditor técnico LanammeUCR |

Como descargo al informe en versión preliminar EIC-LANAMME-INF-0227-2024, el jueves 21 de marzo del 2024, se recibe vía correo electrónico el oficio UE32-DRA-01-2024-0233 (0397),



remitido por la Unidad Ejecutora, en el que se adjunta el oficio de referencia 24024-240308-UNOPS-JSR-093 (de fecha 08 de marzo de 2024), donde la Supervisora brinda descargo al informe.

Por tanto, en cumplimiento de los procedimientos de auditoría técnica, una vez analizado el documento en mención (ver Anexo A) y considerando la evidencia presentada, se procede a emitir el informe EIC-Lanamme-INF-0227-2024 en su versión final, para ser enviado a las instituciones que indica la Ley No. 8114 y sus reformas.

9. 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.

SOBRE LA MEMORIA DE CÁLCULO

OBSERVACIÓN No. 1. SE EVIDENCIARON ALGUNAS DEFICIENCIAS EN LA MEMORIA DE CÁLCULO DEL PUENTE NUEVO SOBRE EL RÍO CHIRRIPÓ RELACIONADAS PRINCIPALMENTE CON LA APLICACIÓN DE LA NORMATIVA DE DISEÑO AASHTO LRFD.

Para la revisión documental que se realizó en el proceso de fiscalización que ejecuta la UAT del LanammeUCR se contó con el apoyo del Programa de Ingeniería Estructural (PIE) del



LanammeUCR, lo que permitió realizar una revisión del contenido de la memoria de cálculo del nuevo puente sobre el río Chirripó en el proyecto.

El puente sobre el río Chirripó consiste en una estructura de dos carriles con trece tramos de superestructura de vigas cajón, con dos bastiones tipo cabezal y 12 pilas intermedias tipo columnas dobles.

Como antecedente a la revisión de la memoria de cálculo, se destaca que mediante el informe LM-INF-IC-D-0014-20, el equipo auditor, había emitido una observación sobre debilidades en las memorias de cálculo estructural de los informes de evaluación de los puentes existentes, donde se destacaron algunas deficiencias en la normativa de referencia y en los estados límite analizados para diferentes estructuras.

Respecto a la revisión del puente sobre el río Chirripó, esta se enfocó principalmente en la aplicación correcta y completa de la normativa para diseño estructural que se especifica en los documentos contractuales para el diseño de los elementos del puente que se muestran en la Tabla 1, además, se destaca que los documentos contractuales se revisaron para determinar si se indican los lineamientos o requisitos mínimos con los que deben cumplir el diseño estructural y las memorias de cálculo. Los resultados de la verificación realizada por el PIE se presentaron mediante el informe EIC-Lanamme-0454-2022 del 6 de mayo del 2022.

Tabla 2. Componentes y elementos estructurales considerados en la revisión de la memoria de cálculo

Lista de verificación	Componente del puente	Elemento	Tipo
Diseño del tablero (AASHTO A5.3)	Superestructura (Tablero)	Tablero	Concreto reforzado
	Seguridad vial	Barreras vehiculares	
Diseño de vigas principales (AASHTO A5.3)	Superestructura (vigas de concreto presforzado)	Elementos principales	Vigas cajón
		Elementos secundarios	Diafragmas
Diseño de la subestructura (AASHTO A5.5)	Subestructura	Cuerpo de pilas	Columna doble
		Cuerpo de bastiones	Cabezal sobre pilotes
		Cabezal de pilas y bastiones	Concreto reforzado
		Cimentaciones	Pilotes

La normativa de diseño estructural que se especifica en el contrato corresponde a la norma AASHTO LRFD Bridge Design Specifications edición 2010 o última versión. Sin embargo, la versión de la norma a la que se hace referencia en la memoria de cálculo corresponde a la séptima edición del año 2014. Por lo tanto, para realizar esta revisión, se utilizó como referencia el Apéndice A5 de la norma en su séptima edición (AASHTO LRFD 2014) el cual muestra el proceso y las consideraciones mínimas para el diseño de puentes de concreto reforzado y presforzado.



Con base en lo que se establece en el Apéndice A5, se desarrollaron listas de inspección para cada uno de los componentes que se muestran en la Tabla 2, con el objetivo de evaluar de manera sistemática el uso de la normativa para el diseño estructural.

A partir de lo anterior, se debe aclarar que el procedimiento que se siguió para la revisión de las memorias de cálculo consistió en una revisión de los criterios indicados en la normativa, donde se evaluó si estas cumplían en su totalidad, se cumplía parcialmente o no se cumplían, de manera que tal y como se aprecia en la Figura 2, se utilizó un formulario donde se indicaron los criterios, el grado de cumplimiento y el puntaje obtenido.

Figura 2. Fragmento de lista de verificación de calidad de la memoria de cálculo del puente nuevo sobre el río Chirripó

DISEÑO DEL TABLERO Y BARRERAS VEHICULARES [AASHTO A5.3]				
Ítem AASHTO	Criterio	Cumplimiento	Comentarios	Puntaje obtenido
C.				
Diseño convencional de un tablero de concreto reforzado:				
1	¿Se definen todas las cargas permanentes de diseño (DC)? [3.5.1]	Si		1
5	¿Se realiza un método aproximado para el análisis estructural del tablero (método de franjas)? [4.6.2.1]	Si		1
	¿Se verifica la aplicabilidad del método aproximado implementado en el análisis? [4.6.2.1]	No	No se evidencia que se haya comprobado la aplicabilidad del método aproximado de franjas para el diseño del tablero	0
6	¿Se verifica la carga viva vehicular aplicable según el caso de estudio? [3.6.1.3.3]	Parcialmente	Se utilizan los momentos de carga viva vehicular del Tabla A4-1, aunque no se verifican el cumplimiento de los requisitos para la utilización de los datos.	0,5
	¿Se determinan los anchos de franjas equivalentes para aplicar la distribución de la carga viva vehicular? [4.6.2.1.5]	Si		1
7	¿Se calcula el acero de refuerzo de distribución requerido en la dirección longitudinal del tablero? [9.7.3.2]	Si		1
8	¿Se aplican los casos de carga necesarios para el diseño del voladizo del tablero? [A13.4.1]	Parcialmente	No se evidencia la revisión para el estado límite de resistencia I considerando la carga viva de diseño en el voladizo o una justificación de por qué no se incluyó esta revisión.	0,5
	¿Está definido el tipo de barrera vehicular, las propiedades geométricas y las fuerzas de diseño? [13.7.2] [A13.2]	Si		1
	¿Se calcula la resistencia nominal de la barrera vehicular a las cargas transversales, las cuales son transmitidas al voladizo? [A13.3.1]	Si		1
	¿Se consideran los criterios para aplicar la carga viva de diseño al voladizo del tablero? [3.6.1.3.1] [3.6.1.3.4]	No	No se evidencia en la memoria la aplicación de la carga viva vehicular de diseño en el voladizo del tablero	0

En relación con cada aspecto examinado de la memoria de cálculo (descrito en la Tabla 2) se detalla a continuación:

Sobre el tablero y las barreras vehiculares

En relación con el tablero y las barreras vehiculares la revisión se realizó respecto al contenido del Apéndice A.5.3, a partir de la cual se identificó lo siguiente:

- No se observó evidencia dentro de la memoria de cálculo. de que se hayan verificado los requisitos especificados en la norma para la aplicabilidad del método aproximado de franjas que se utilizó para el diseño del tablero.
- En la memoria de cálculo se indica el uso de los valores de momentos de la Tabla A4-1 del apéndice A4 de la norma AASHTO LRFD 2014. Sin embargo, en la memoria no se observó evidencia de que se hayan verificado los requerimientos mínimos que indica la norma para poder utilizar los valores de momentos tabulados.



- El voladizo del tablero se diseñó para el estado límite de Evento Extremo II, sin embargo, no se observó dentro de la memoria de cálculo. la revisión para el estado límite de Resistencia I, la cual debió considerarse según los lineamientos de la normativa, o al menos brindar una justificación de por qué, no se incluyó esta revisión dentro de la memoria.
- No se identificó en la memoria de cálculo, que se haya revisado la capacidad a cortante del acero de refuerzo en el plano de contacto entre el tablero y la barrera vehicular.

Sobre las vigas principales y diafragmas

Al igual que en el caso anterior, las vigas principales y diafragmas se revisaron con base en el Apéndice A.5.3, a partir de la revisión se indicó que no hay evidencia dentro de la memoria de cálculo de que se hayan:

- definido y aplicado modificadores de carga, ni se brinda una justificación de por qué, no se utilizaron.
- revisado los límites de esfuerzos en los tendones del acero presfuerzo que se establecen en la normativa según el tipo de tendón.
- revisado el espaciamiento del acero de refuerzo colocado en las vigas de tal manera que se cumpla con los criterios para control de agrietamiento.
- revisado la transferencia longitudinal a cortante entre las distintas partes de la sección transversal de las vigas tipo cajón (alas y alma).
- realizada la revisión del acero de refuerzo requerido para las zonas de anclaje de los tendones de postensado en los extremos de las vigas.
- considerado el criterio de acero de refuerzo transversal dentro de la viga para el confinamiento de los ductos de acero de postensado.
- revisado el diseño de las vigas diafragmas, el cual debió incluirse en la memoria de cálculo ya que se muestran en los planos del puente, en puntos intermedios y extremos de cada tramo de superestructura.

Sobre los bastiones pilas y cimentaciones

En este caso, la revisión de la subestructura se realizó con base en el Apéndice A.5.5 de la norma AASHTO, lo cual permitió identificar lo siguiente:

- En la memoria de cálculo de los bastiones, no se hace referencia a las fórmulas utilizadas para obtener los valores de presiones laterales del suelo del relleno detrás de los bastiones.
- No hay evidencia de que se haya verificado la resistencia soportante del concreto, o del acero de refuerzo por punzonamiento en la zona de la viga cabezal de las pilas y bastiones donde van instalados los dispositivos de apoyos.
- En la memoria de cálculo no se observó evidencia de que se haya considerado el posible efecto de socavación del material alrededor de las cimentaciones de las pilas que se encuentran en el lecho del cauce del río.



- No hay evidencia en la memoria de cálculo de que se haya revisado la transferencia longitudinal a cortante del plano entre los pilotes y la viga de amarre que conecta la parte superior de los pilotes.

Sobre los resultados de la revisión

Con base en los formularios desarrollados para cada elemento examinado de la memoria, se obtuvieron los porcentajes de cumplimiento de los criterios considerados, se presenta en la Tabla 3 un resumen de los valores obtenidos:

Tabla 3. Resumen valores obtenidos para el porcentaje de cumplimiento de los elementos

Elementos	Porcentaje de cumplimiento
Diseño del tablero y barreras vehiculares	80%
Diseño de vigas principales y diafragmas	67%
Diseño de la subestructura	75%
Valor promedio	74%

De manera que, con base en la revisión sistemática de la memoria de diseño, se identificaron algunas inconsistencias en la memoria de cálculo del puente sobre el río Chirripó, donde se determinó que esta cumple en un 74% con los requisitos establecidos en el apéndice 5 de la normativa AASHTO LRFD 2014.

Es criterio del equipo auditor que según las revisiones realizadas por el PIE existen omisiones de algunos estados límite para los componentes del puente y ausencia de información en algunos aspectos que no permiten dar trazabilidad a los supuestos considerados por el encargado del diseño, lo cual puede ocasionar que los resultados obtenidos no se apeguen a la realidad de la estructura analizada.

Sobre esta revisión se destaca que el puente nuevo sobre el río Chirripó se encuentra actualmente en funcionamiento, donde se utiliza un carril por sentido de circulación mientras se concluyen con las actividades de rehabilitación del puente existente. Sin embargo, se destaca que las observaciones mencionadas anteriormente, evidencian la ausencia de un sistema de control y aseguramiento de la calidad en la documentación aportada por parte del Contratista de los diseños, de manera que, estas observaciones representan oportunidades de mejora a la Administración en futuros proyectos, en aras de mejorar el contenido y trazabilidad de los documentos de diseño.

Con base en lo mencionado anteriormente la Unidad Ejecutora respondió por medio del oficio UE32-DRA-01-2024-0233 (0397) que se encuentran conformes con la aplicación del Apéndice A5 de la norma AASHTO LRFD para revisar las memorias de cálculo estructurales de los proyectos venideros.

Finalmente, se debe resaltar que el equipo auditor comprende que no existe un reglamento o especificación contractual para definir un procedimiento de revisión de las memorias de cálculo, sin embargo, la propuesta de revisión del Programa de Ingeniería Estructural (PIE) se fundamenta en los requisitos establecidos en el AASHTO LRFD 2014 y en las buenas prácticas



de la ingeniería y, por lo cual estas, constituyen una herramienta que permitiría agilizar el proceso de revisión documental por parte de la Administración, y que, por su relevancia deben ser considerados en futuros proyectos, para así evaluar las memorias de cálculo estructural de acuerdo con los requisitos establecidos en el AASTHO LRFD 2014.

SOBRE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES

HALLAZGO No. 1. SE EVIDENCIARON ALGUNAS INCONSISTENCIAS EN LA EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD Y EN LA DOCUMENTACIÓN DE CALIDAD DE LOS APOYOS ELASTOMÉRICOS UTILIZADOS EN LOS PUENTES PEATONALES Y PASOS VEHICULARES DEL PROYECTO.

Como parte del plan de fiscalización que se realiza en el proyecto, el equipo auditor hizo una revisión de los procesos de control de calidad que se ejecutaron en los apoyos elastoméricos que fueron fabricados para el proyecto, en Costa Rica, estos ensayos fueron ejecutados en la empresa conocida como Hulera Costarricense y se contó con el apoyo de un experto técnico del laboratorio de estructuras del LanammeUCR. Asimismo, se contó con el apoyo del Programa de Ingeniería Estructural (PIE) del LanammeUCR, para la revisión de los requerimientos de diseño y la documentación de calidad de los apoyos elastoméricos de los pasos superiores vehiculares y puentes peatonales del proyecto. Sobre lo identificado por ambas revisiones se detalla a continuación:

Sobre la ejecución de los ensayos de calidad;

Como antecedente a la revisión realizada, el equipo auditor consultó mediante el oficio EIC-Lanamme-178-2022 del 01 de abril del 2022, sobre la disponibilidad de realizar muestreos de los apoyos elastoméricos que se utilizarán en los puentes, pasos a desnivel o pasos peatonales por construir en el proyecto. Tema que fue objeto de una reunión en la cual los representantes de la UERN32, indicaron que estos apoyos serían fabricados por la Hulera Costarricense.

Para la revisión de los ensayos de calidad ejecutados, a los apoyos elastoméricos producidos en la empresa Hulera Costarricense, se contó con el apoyo de un experto técnico del Área de Laboratorios de Infraestructura Civil del LanammeUCR, con el cual se realizaron visitas al laboratorio de calidad del fabricante, los días 13 y 20 de junio del 2022, con la finalidad de atestiguar los ensayos de comprobación de calidad que se realizarían sobre las muestras de los apoyos.

En estas visitas, se pudo testificar la ejecución de los ensayos de Creep y Shear Bond para apoyos, sin insertos de placas de acero de 200x300x330 mm, y para apoyos con insertos de placas de acero del tipo GYZ 300X63mm.

Posteriormente, la UE32 mediante el oficio UE-DRA-RN32-009-2022-1611 (179) del 13 de setiembre del 2022 remitió el informe O-10-137-2022; emitido por el consultor de calidad del Contratista, sobre el control de calidad efectuado en las fechas de las visitas realizadas por el equipo auditor, según la revisión de ese documento (certificado O-10-137-2022) y de las visitas realizadas, el experto técnico del LanammeUCR, emitió el informe RC-024-085 del 27



de enero del 2023, el cual fue remitido a la Unidad Ejecutora adjunto al oficio EIC-Lanamme-60-2023 (del 03 de febrero del 2023).

De acuerdo con el criterio del experto técnico, el personal técnico del laboratorio de control de calidad del fabricante demuestra gran dominio en la preparación de las probetas y un control metrológico riguroso para el equipamiento utilizado en la ejecución de los ensayos, sin embargo, fueron identificadas una serie de no conformidades y oportunidades de mejora que se enlistan en las Tablas 4 y 5.

Tabla 4. Listado de No Conformidades determinadas a partir de la testificación de los ensayos

No Conformidad	Observación
<p><u>El laboratorio no utiliza la versión vigente de la norma de ensayo de referencia.</u></p>	<p>En el reporte de resultados con fecha 27/6/2022 presentado en el informe O-10-137-2022 Remisión Segunda Entrega Apoyos Elastoméricos HC (FD) (002), se indica que la normativa aplicada en la ejecución del ensayo es AASHTO M251-06, en su versión 2016 y el ensayo específico que se realiza, se detalla en el anexo A2 de la norma M251-06. No obstante, se evidencia que existe una versión de esa norma actualizada al año 2020, donde dicho ensayo se presenta en el anexo B1.</p>
<p><u>El laboratorio no utiliza probetas con las dimensiones estándar, incumpliendo con las especificaciones solicitadas por la norma ASSHTO M251-06 en la ejecución de los ensayos de Creep y Shear Bond.</u></p>	<p>Durante la testificación de los ensayos se constata que las dimensiones de los especímenes de ensayo utilizadas son de 26 x 26 x 31 mm (último valor corresponde a la altura) para los apoyos que no llevan insertos y probetas de 35 x 35 x 42 mm (último valor corresponde a la altura) para aquellos que sí llevan insertos. Sin embargo, según se indica en el apartado B1.3.1 de la norma ASSHTO M251-06, el espécimen estándar debe tener dimensiones de 51 mm x 51 mm y la relación de la altura con respecto al ancho o largo debe ser de entre 0,75 a 1,25. Al consultarle al técnico de laboratorio, este indicó que se utilizan probetas reducidas debido a que la capacidad de la máquina no es suficiente para realizar el ensayo con el tamaño estándar. No obstante, se evidencia que las muestras utilizadas cumplen con la relación de altura.</p>
<p><u>Para una de las probetas ensayadas el laboratorio no asegura que el ensayo de Shear Bond se ejecute realizando de previo la relajación de esfuerzo de 6 – h, tal como está establecido, incumpliendo con el apartado B1.6.1. de la norma ASSHTO M251-06.</u></p>	<p>De acuerdo con el apartado B1.6.1. de la norma AASHTO M 251-06, previo al ensayo, el espécimen debe pasar por un periodo de relajación de esfuerzo de 6 horas. Durante el ensayo Shear Bond, la probeta extraída del apoyo identificada como GYZ300X63 (con insertos de placas de acero), no alcanzó el nivel de deformación del 150%, debido a una limitación de capacidad de carga del equipo utilizado, lo que obligó a suspender el ensayo, y continuarlo el día siguiente en otro equipo, omitiendo el periodo de relajación solicitado por las especificaciones.</p>



Tabla 5. Listado de Observaciones determinadas a partir de la testificación de los ensayos

Oportunidad de mejora	Observación
1	El laboratorio de control de calidad, puede considerar incluir en el reporte de resultados, un cuadro donde indique para aquellas probetas que contienen insertos, el número de placas presentes y el espesor, así como el cálculo del espesor equivalente, luego de restar los espesores de placas insertas.
2	Según se establece en la norma ASSHTO M251-06, en la realización de los ensayos de Creep y Shear Bond, se requiere deformar las probetas a diferentes velocidades. Estas velocidades se calculan considerando aspectos dimensionales de las probetas. Por ende, el laboratorio podría considerar incluir en el reporte de resultados el detalle de todas las velocidades utilizadas en cada uno de los ensayos, ya que en el reporte de resultados únicamente indican la velocidad utilizada en el último ciclo de carga del ensayo de Creep.

Adicionalmente, se destaca que, sobre las no conformidades indicadas anteriormente, el Gestor del proyecto emitió su respuesta mediante el oficio CSRN32-0148-2023 del 15 de febrero del 2023, donde indicó que el uso de una normativa anterior a la vigente se debe principalmente a procesos de documentación interna relacionados con la implementación de la norma ISO 9001, pero que para las evaluaciones que se realizarán en el año 2023 se implementaría la actualización de la normativa vigente.

Además, destacan que el uso de probetas que no son acordes a las dimensiones estándar establecidas por la norma se debió a la capacidad del equipo de fuerza utilizado, sin embargo, se debe comprender que a pesar de que las probetas respetaron las proporciones geométricas estas no satisfacen las dimensiones establecidas por lo que existe una diferencia con el proceso establecido en la normativa.

Sobre esto, se debe considerar que las no conformidades detectadas y las oportunidades de mejora mencionadas anteriormente pueden tener un efecto en los resultados de control de calidad obtenidos, de modo que se puede afectar la durabilidad y desempeño de las obras que se ejecutan, además, se debe considerar que el uso de las versiones actualizadas de la normativa de referencia permite la evaluación de la calidad de los materiales con los estándares actualizados para satisfacer los requisitos de desempeño y durabilidad que se establecen en las etapas de diseño.

Sobre los requisitos en planos y la documentación de calidad de los apoyos

Por otro lado, se realizó una revisión de la documentación de calidad y de los requisitos de diseño establecidos en planos para los apoyos elastoméricos utilizados en los pasos superiores vehiculares y puentes peatonales del proyecto, para esto se contó con el apoyo del Programa de Ingeniería Estructural del LanameUCR, quienes realizaron una revisión de los certificados oficios O-10-057-2022, O-105-2022 y O-10-137-2022, además, se verificó el cumplimiento de



los requerimientos para apoyos elastoméricos que se especifican en los planos estructurales del proyecto, específicamente en lo que respecta a las propiedades de los materiales y ensayos al producto terminado.

La revisión documental realizada se presentó mediante el informe EIC-Lanamme-INF-0050-2023, que fue remitido a la Unidad Ejecutora en el oficio EIC-Lanamme-60-2023 del 03 de febrero del 2023. Se destaca, además, que la revisión contempló la siguiente normativa aplicable a apoyos elastoméricas en puentes:

- AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 7th Edition (2024)
- CR-2010
- AASHTO M 251-06 (2020)
- ASTM D4014

En concreto se destaca que, la norma ASTM D4014, se revisó debido a que, en los certificados del fabricante de los apoyos, se hace referencia a esta, sin embargo, la normativa nacional mediante el CR-2010 hace referencia a la norma AASHTO M 251-06, por lo que únicamente se consideró esta última. Sin embargo, cabe destacar que, la norma ASTM D4014 presenta un alcance similar al de la norma AASHTO M 251-06, con algunas diferencias en el procedimiento y en el criterio de aceptación.

Ahora bien, respecto a la revisión de los requerimientos establecidos en los planos estructurales, se identificaron algunas diferencias entre lo especificado en los planos estructurales y los requerimientos de la norma de referencia, en específico se destaca lo siguiente:

- El requerimiento de esfuerzo a la ruptura mínimo de 17 MPa que se especificó para los pasos superiores vehiculares e intercambios es más estricto que el que se indica en la norma AASHTO M251-06, el cual corresponde a 15,5 MPa.
- El requerimiento de elongación a la ruptura mínima de 350% es menos estricto que el que se indica en la norma AASHTO M251-06 para elastómeros de hule natural con dureza de 60 shore A. En el caso del método general de la sección 4.1.1 de AASHTO M251-06, la elongación mínima requerida es de 450% y en el caso del método alternativo del Apéndice X.1 de AASHTO M251-06, la elongación mínima requerida es de 400%.
- En planos no se especificó directamente el cumplimiento de la normativa AASHTO M251-06, sin embargo, si especifican el cumplimiento del CR-2010 el cual hace referencia a la norma AASHTO M251-06.
- En los planos estructurales de los puentes peatonales, se indica que el grado mínimo del elastómero debe ser grado 3, el cual no es aplicable en Costa Rica, ya que ese grado, se utiliza en apoyos que serán sometidos a temperaturas bajo cero que persistan por hasta dos semanas.

Debido a las diferencias encontradas, se realizaron revisiones de ambos requisitos tanto en los planos estructurales como en la norma, en cuanto a los requerimientos de los planos se identificó lo siguiente en la documentación de calidad aportada por la UE32:



1. Existen algunas diferencias entre los requerimientos que fueron especificados en los planos estructurales del proyecto con respecto a los requerimientos de la norma AASHTO M 251-06. Específicamente, el requerimiento de esfuerzo a la ruptura (resistencia a la tensión) es más estricto en los planos estructurales que en la norma, mientras que el requerimiento de elongación a la ruptura (elongación última) es menos estricto.
2. Se cumple con todos los requerimientos específicos de los materiales para apoyos elastoméricos que se especificaron en los planos estructurales, con la excepción del módulo de cortante. Algunos de los apoyos a colocar en los puentes peatonales no alcanzaron el valor mínimo especificado de módulo de cortante, lo cual restringe su uso a los puentes peatonales con tramos de menor longitud.
3. Para los apoyos de 250x250x30 mm con consecutivos del 1-10, que incumplieron con el valor mínimo del módulo de cortante, podrán ser utilizados siempre y cuando no se coloquen en los puentes peatonales que presentan los tramos de mayor longitud (20 m), en específico para los puentes ubicados K87+690, K95+956, K97+252, K84+197, K132+213, K152+615, K152+972 y K155+451.
4. En el caso de los apoyos 200x300x30 mm (a colocarse en las rampas de los puentes peatonales) que incumplieron con el valor mínimo de cortante, igualmente se permite su uso en cualquier puente peatonal debido a que en todos los casos las solicitaciones de carga son bajas.

Por su parte, para los requisitos establecidos en el CR-2010 y consecuentemente en la norma AASHTO M251-06, con base en la revisión de documentación de calidad se identificó lo siguiente:

1. Todos los apoyos elastoméricos, tanto de los pasos superiores vehiculares e intercambios, como de los puentes peatonales, cumplen con los requerimientos de los ensayos al producto terminado que establece la norma AASHTO M 251-06, específicamente los siguientes: ensayo de compresión a 100% de la carga de diseño, ensayo de compresión a 150% de la carga de diseño, ensayo de flujo plástico y resistencia a la adherencia.
2. Si se considera el método general que establece la norma AASHTO M 251-06, todos los apoyos cumplen satisfactoriamente con el requerimiento de resistencia a la tensión. Sin embargo, algunos apoyos no cumplen los requerimientos de elongación última y módulo de cortante, ya que no alcanzaron el valor mínimo permitido por la norma para estas propiedades.
3. Si se considera el método alternativo que establece la norma AASHTO M 251-06 (aplicable únicamente a apoyos especificados por dureza y diseñados por el Método A, según la sección 14.7.6 de la especificación AASHTO LRFD), todos los apoyos cumplen satisfactoriamente con los requerimientos de dureza, resistencia a la tensión y elongación última. Sin embargo, la documentación aportada por el fabricante no incluye información con respecto al ensayo de resistencia al calor según ASTM D573 ni el ensayo de deformación remanente por compresión según ASTM D395, los cuales también son ensayos requeridos por el método alternativo de AASHTO M 251-06.



4. No fue posible comprobar la aplicabilidad del método alternativo para los apoyos de los pasos superiores vehiculares e intercambios, pues las memorias de cálculo de estas estructuras, no son claras con respecto a, cuál fue el método considerado para el diseño de los apoyos (Método A o Método B).

Los resultados de elongación de los apoyos se ubicaron en el rango de 412% a 493%, por lo cual cumplen con el valor especificado.

Sobre estas observaciones, se destaca que en la respuesta del Gestor se indica que los apoyos con consecutivos 1 al 10 que no alcanzaron el requisito del módulo de cortante, no fueron colocados en puentes con luces mayores a 16 metros, con lo cual se cumple con una de las observaciones realizadas mediante el informe EIC-Lanamme-INF-0050-2023.

En relación con los ensayos requeridos por el método alternativo de resistencia al calor según ASTM D573 y de deformación remanente por compresión según ASTM D395, se destaca que la Supervisión indicó que los apoyos pueden ser diseñados por el Método A o por el método alternativo del Apéndice X1 y que en la versión de la norma estos corresponden a pruebas opcionales.

Sin embargo, esto corresponde a un error de interpretación ya que, estas no son pruebas opcionales del método alternativo, sino que, el método alternativo como tal corresponde a un conjunto de pruebas opcionales que pueden ser implementadas para el diseño de los apoyos, por lo que si se utiliza este método se deben evaluar las distintas propiedades que se definen en la normativa utilizada, dentro de las cuales se incluyen las pruebas de resistencia al calor y de compresión.

HALLAZGO No. 2. SE EVIDENCIÓ QUE LA MAYORÍA DE MUESTRAS DE CONCRETO TOMADAS POR EL LANAMMEUCR Y POR LA SUPERVISIÓN CUMPLEN CON LA RESISTENCIA MÍNIMA ESTABLECIDA EN EL DISEÑO, ADEMÁS, LOS PARÁMETROS DE CONTENIDO DE AIRE, ASENTAMIENTO Y TEMPERATURA SE MANTIENEN DENTRO DE LOS RANGOS ESTABLECIDOS.

Durante el plazo de ejecución de la auditoría que se realiza en el proyecto, se han ejecutado diferentes muestreos del concreto utilizado principalmente para estructuras mayores y accesorios, razón por la cual para el presente análisis se toman en consideración los diferentes resultados obtenidos tanto por el LanammeUCR en el proceso de fiscalización, como por el Gestor del Proyecto como parte del estudio y verificación de calidad, que se lleva a cabo sobre el material.

Específicamente, se tomaron en consideración los resultados obtenidos en el plazo entre enero 2020 y junio 2023. 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 la trabajabilidad, así como la durabilidad del concreto, por lo cual se presentan los resultados de esos parámetros en este análisis.

Por otro lado, es importante mencionar que, al igual que otros materiales, la producción y colocación de concreto en el proyecto se encuentra dividida en varios sectores en función del



contratista y subcontratista que ejecute las obras y la ubicación de la planta de producción. Además, se destaca que existen diferentes solicitudes de resistencia, por lo cual, para el presente análisis se consideran distintos diseños de concreto, con diversas fuentes de agregado, varios porcentajes de dosificación y tipos de cemento diferentes. Sin embargo, en términos de requisitos contractuales para los parámetros de asentamiento, contenido de aire y temperatura se deben satisfacer los mismos requisitos.

Adicionalmente, para este proyecto en particular se debe mencionar que no se aplica la evaluación estadística de los resultados de resistencia según la sección 107.05 del manual CR-2010 tal y como se establece en la sección 552 del mismo manual, sino que, tal y como se establece en el apartado 7.5 del Contrato se sigue lo siguiente:

“Si, como resultado de un examen, inspección, medición o prueba, cualquiera de los diseños, materiales y obras se consideran defectuosos o de otra forma no acordes al Contrato, el Gerente de Proyecto podrá rechazarlos mediante notificación al Contratista con la justificación correspondiente. En ese caso, el Contratista subsanará el defecto en el plazo otorgado por la Gerencia de Proyecto y se asegurará que el elemento rechazado se ajuste al Contrato.”

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

Asentamiento del concreto

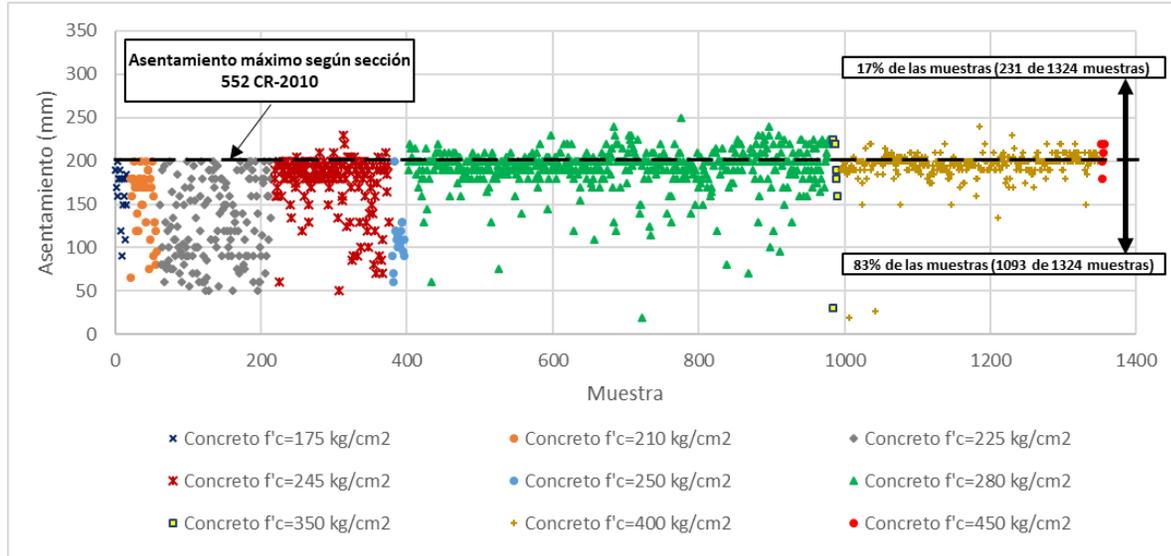
Uno de los parámetros de evaluación de la consistencia y fluidez de la mezcla de concreto corresponde a la medición del asentamiento. En la especificación establecida en el CR-2010 se tienen diferentes requisitos para este parámetro en función de la resistencia del concreto, sin embargo, como valor máximo se establece un requisito de 200 mm para aquellos concretos con aditivos reductores de agua.

Asimismo, se debe comprender 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.

En relación con los resultados, se muestra en la Figura 3 los datos obtenidos por la Supervisora para el periodo de análisis, donde se identificaron resultados para 1324 muestras de concretos con resistencias de 175 kg/cm², 210 kg/cm², 225 kg/cm², 245 kg/cm², 250 kg/cm², 280 kg/cm², 350 kg/cm², 400 kg/cm² y 450 kg/cm².



Figura 3. Resultados de asentamiento del concreto de diferentes resistencias para las muestras obtenidas por la Supervisión. Fuente: Informes de verificación, CACISA. Periodo: enero 2020 - junio 2023

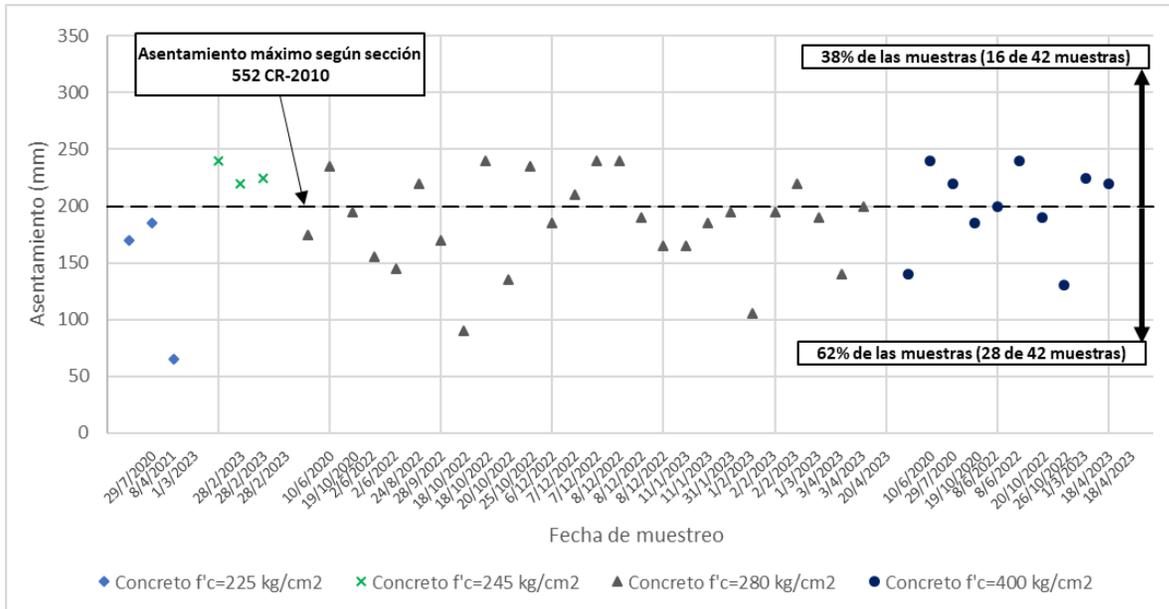


En este caso, se identificó que el 17% de las muestras evaluadas por la Supervisión presentaron un valor de asentamiento superior a los 200 mm, lo que corresponde a 231 muestras de las 1324 muestras evaluadas, siendo el concreto de resistencia de 280 kg/cm² fue el que presentó la mayor cantidad de resultados por encima de la especificación con un 60% (138 de 231 muestras).

Por su parte, el equipo auditor solicitó muestreos en diferentes puntos del proyecto, lo que permitió evaluar el parámetro de asentamiento en 43 muestras de concretos con resistencias de 225 kg/cm², 245 kg/cm², 280 kg/cm² y 400 kg/cm², los resultados se pueden observar en la Figura 4.



Figura 4. Resultados de asentamiento del concreto de diferentes resistencias para las muestras obtenidas por el LanammeUCR. Periodo: enero 2020 - junio 2023



Para las muestras del LanammeUCR se determinó que para el 38% de las muestras (16 de 42 muestreos) se obtuvo un valor de asentamiento que sobrepasa los 200 mm, siendo que al igual que para las muestras de la Supervisión, el concreto de resistencia de 280 kg/cm² fue el que presentó la mayor cantidad de incumplimientos con 8 de 26 muestras con resultados por encima de la especificación.

Sobre los resultados tanto de la Supervisión como del LanammeUCR se destaca que existe una alta variabilidad en los resultados del concreto, sobre lo cual, se debe comprender que el asentamiento adecuado mejora la trabajabilidad y asegura que el concreto se pueda verter, colocar y compactar fácilmente en los encofrados sin provocar segregación, lo que permite una distribución homogénea de la mezcla en estructuras complejas. Además, permite una mejor adherencia entre el concreto y el acero de refuerzo. Sin embargo, valores elevados (superiores a 200 mm) pueden afectar la resistencia y durabilidad del material.

Lo anterior toma especial relevancia al considerar que para el proyecto se requiere en ocasiones el transporte del concreto desde largas distancias, por lo que el tiempo de colocación es limitado, debido a lo cual se debe garantizar que el concreto llegue a su destino con las propiedades óptimas para su uso.

Debido a la alta variabilidad en los resultados de asentamiento es criterio del equipo auditor que para futuros proyectos, sería recomendable establecer mecanismos para reducir la variabilidad de este ensayo. Por lo tanto, se busca garantizar que este parámetro se encuentre dentro de un rango aceptable, de manera que no se afecte la trabajabilidad del concreto ni su acabado, pues algunos de los valores obtenidos son menores a 120 mm, lo cual puede provocar que el concreto seco, presente dificultad para trabajarlo.



Temperatura del concreto

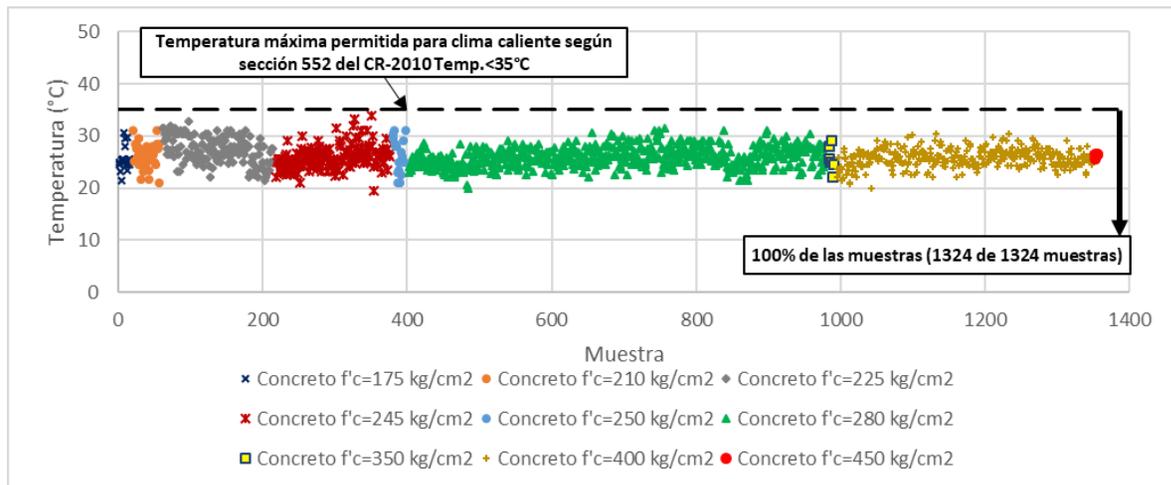
En relación con las condiciones del concreto, otro parámetro que debe evaluarse es la temperatura de la mezcla previo a su colocación en sitio y previo al moldeo de los especímenes para la evaluación de la resistencia.

En este parámetro, los resultados obtenidos en las pruebas, se compararon con la temperatura de colocación máxima permitida por el CR-2010 en la sección 552: Concreto estructural, la cual establece que para proyectos donde predomine una condición de clima caliente, la temperatura de la mezcla no podrá superar los 35°C.

En este sentido cabe destacar que, la temperatura del concreto puede afectar el tiempo de fraguado, así como la interacción en la matriz agregado-cemento provocando un efecto sobre la resistencia del material. La verificación de la temperatura permite tener un control sobre este aspecto y en caso de ser necesario tomar medidas correctivas para prevenir el uso de mezclas de concreto inadecuadas en el proyecto.

Sobre los resultados, en la Figura 5 se muestran los datos obtenidos por la Supervisión, donde se destaca que ninguna de las muestras presentó una temperatura superior al máximo establecido contractualmente. En este caso se evaluaron 1324 muestras en el periodo que abarca este análisis.

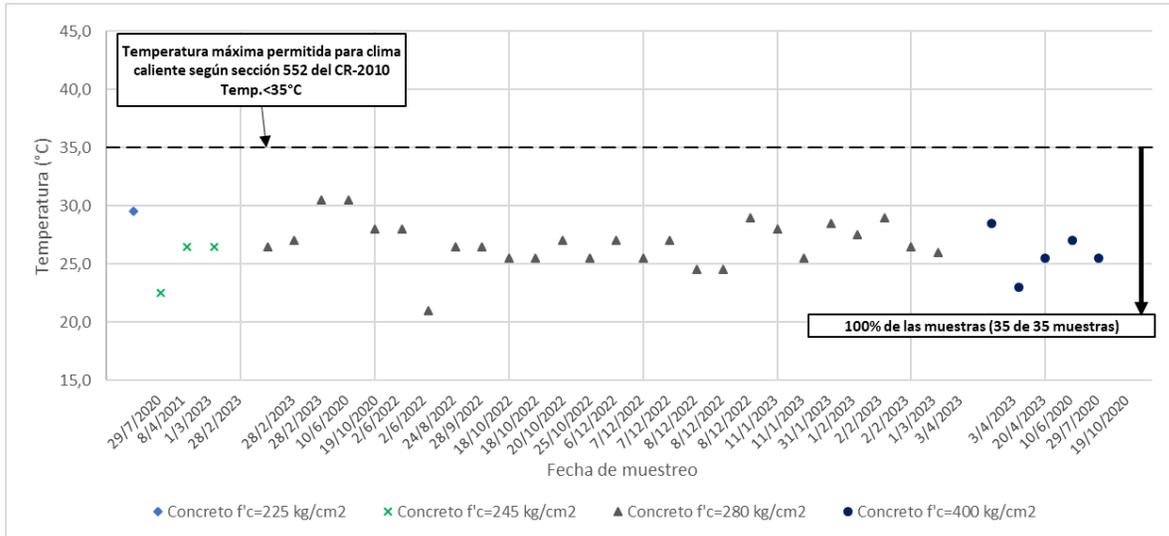
Figura 5. Resultados de temperatura del concreto de diferentes resistencias para las muestras obtenidas por la Supervisión. Fuente: Informes de verificación, CACISA. Periodo: enero 2020 - junio 2023



En el caso de los datos del LanammeUCR, se evaluaron 35 muestras para la medición de temperatura, al igual que los resultados de la Supervisión, ninguna muestra supera el valor máximo permitido por la especificación tal y como se aprecia en la Figura 6.



Figura 6. Resultados de temperatura del concreto de diferentes resistencias para las muestras obtenidas por el LanammeUCR. Periodo: enero 2020 - junio 2023



De manera que, los resultados obtenidos tanto por la Supervisión como por el LanammeUCR reflejan que se ha realizado un control adecuado de la temperatura del concreto previo a su colocación en sitio.

Contenido de aire del concreto

El contenido de aire es otro parámetro para evaluar la condición de la mezcla de concreto, sin embargo, este suele evaluarse con una frecuencia menor en comparación a la temperatura y asentamiento.

Los resultados de la medición se evaluaron con lo especificado en el CR-2010, en el cual se establece un contenido de aire máximo de 6% para aquellos diseños de concreto que contemplan aditivos inclusores de aire.

En el caso de los resultados de la Supervisión, se puede identificar en la Tabla 6 que se evaluaron 21 muestras de concreto con resistencias de 245 kg/cm², 280 kg/cm² y 400 kg/cm², se destaca que en ningún caso el contenido de aire supera el 6% mencionado anteriormente.

Tabla 6. Resultados de contenido de aire del concreto de diferentes resistencias para las muestras obtenidas por la Supervisión. Fuente: Informes de verificación, CACISA. Periodo: enero 2020 - junio 2023

Número de muestra	Elemento	Fecha de muestreo	Contenido de aire	Resistencia esperada (kg/cm ²)
1986-2021	Sello de drenaje de cordón y caño, Lado Der, Km 87+560 a 87+660	27/9/2021	2,2	245
0377-2022	Cuneta DS-B, Km 104+860 a 104+940, Lado Der, Zona Meco	9/2/2022	2,9	
021- 2020	Puente Rio Chirripó Ménsula, Aletones y Parapetos B-1	3/1/2020	1,9	280
163- 2020	Pilote P2-1, Puente Siquirres	22/1/2020	2,7	



Número de muestra	Elemento	Fecha de muestreo	Contenido de aire	Resistencia esperada (kg/cm ²)	
252- 2020	Encepado Pila 5, Puente Rio Pacuare	3/2/2020	2,2		
259- 2020	Pilote B1-3, Puente Rio Siquirres	4/2/2020	2,1		
620 -2020	Pilote P-3, Puente peatonal, Km 82-669, Lado Izq	7/3/2020	2,1		
764-2020	Pilote P1, Km 82+669, Puente peatonal	21/3/2020	2,0		
1399-2020	Pilote P2-3, Puente Destierro	17/6/2020	2,2		
1517-2020	Pilote B2-2, Puente Rio Destierro	8/7/2020	2,3		
1519-2020	Pilote P7, Paso peatonal, Km 72+925	8/7/2020	2,1		
1578-2020	Pilote paso peatonal P5/P9, Km 72+975, Lado Der	15/7/2020	2,2		
1898-2020	Pilote B1-3, Puente Rio Destierro	23/8/2020	1,5		
1968-2020	Puente Rio Destierro, Pilote P1-2	1/9/2020	1,7		
2060-2020	Pilote P1-5, Puente Destierro	11/9/2020	2,5		
1967-2021	Baranda tipo New Jersey, Km 74+370 a 74+390	23/9/2021	1,0		
0376-2022	Pilote B2-5, PSV Km 95+212	9/2/2022	1,2		
086- 2020	Viga Cajón V1-3, Guácimo	12/1/2020	1,7		400
1684-2020	Viga Cajón V3-3 Toro Amarillo	29/7/2020	1,2		
1801-2020	Viga Cajón V7-3 Toro Amarillo	12/8/2020	1,0		
0384-2022	Sobre losa de Puente Pacuare tercera luz	10/2/2022	2,3		

Sobre este parámetro se destaca que la inclusión de aire en el concreto permite mejorar la trabajabilidad y permite mejorar la durabilidad, sin embargo, se debe comprender que existe una relación inversa entre este parámetro y la resistencia a la compresión del material, de acuerdo con el Manual Técnico CP-1 (2017) del ACI al incrementar el contenido de aire se pueden presentar reducciones de la resistencia entre un 3%-5% de la resistencia de diseño por cada 1% de incremento respecto al valor de diseño.

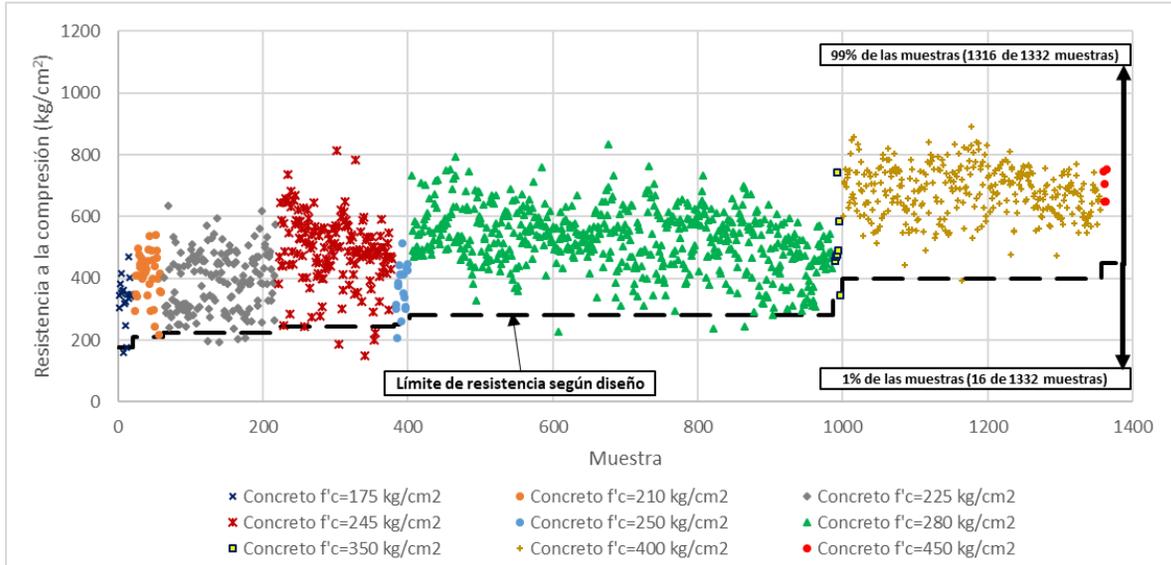
Resistencia a la compresión del concreto

Finalmente, se presenta en esta sección los resultados de la resistencia a la compresión del concreto. En el caso de los datos de la Supervisión se identificaron un total de 1332 muestras en el periodo de análisis que comprende este estudio, con concretos de resistencias de 175 kg/cm², 210 kg/cm², 225 kg/cm², 245 kg/cm², 250 kg/cm², 280 kg/cm², 350 kg/cm², 400 kg/cm² y 450 kg/cm² de acuerdo con los informes de verificación de la calidad.

En la Figura 7 se presentan los datos de Supervisión donde se identificaron únicamente 16 de 1332 muestras con una resistencia inferior a la establecida según diseño, lo cual equivale aproximadamente al 1% de las muestras evaluadas.

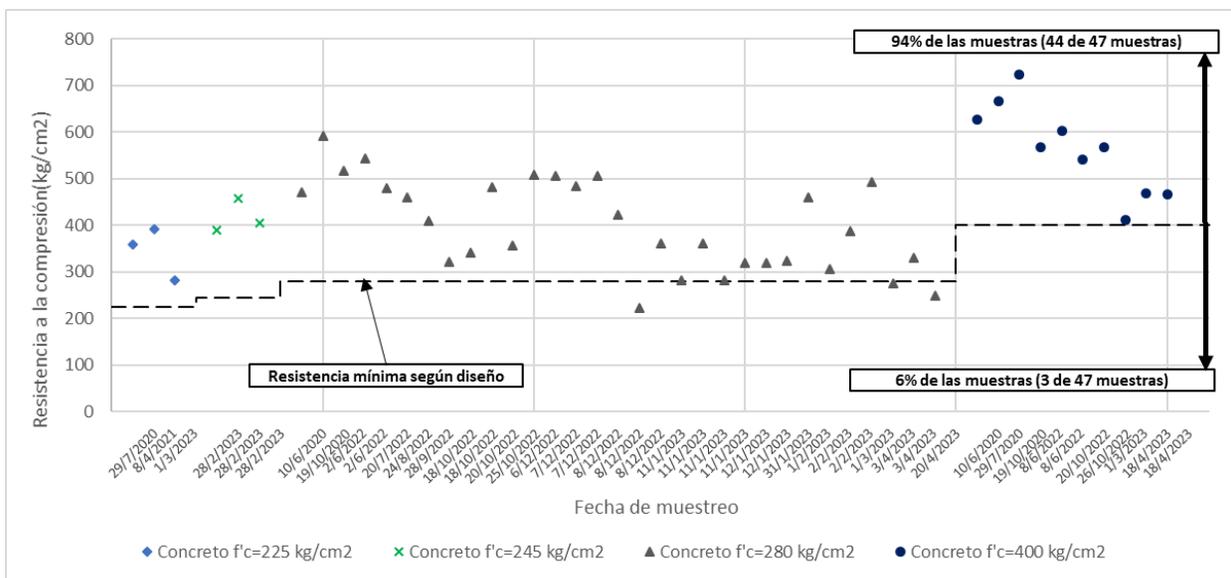


Figura 7. Resultados de resistencia del concreto de diferentes resistencias de diseño para las muestras obtenidas por la Supervisión. Fuente: Informes de verificación, CACISA. Periodo: enero 2020 - junio 2023



Por su parte, los resultados obtenidos por el LanammeUCR se presentan en la Figura 8, donde se puede apreciar que el 94% de los datos (44 de 47 muestras) satisface el requisito de resistencia, siendo que únicamente las muestras del 8/12/2022 (concreto del bastión de la rehabilitación del puente sobre el río Madre), 3/4/2023 (concreto de barrera New Jersey) y 20/4/2023 (concreto del acceso al puente peatonal en 144+470 LD) presentaron una resistencia inferior a los 280 kg/cm² requeridos por el diseño.

Figura 8. Resultados de resistencia del concreto de diferentes resistencias para las muestras obtenidas por el LanammeUCR. Periodo: enero 2020 - junio 2023





De manera que, los resultados de resistencia tanto del LanammeUCR como de la Supervisión evidencian un adecuado control en la producción del concreto al existir pocas muestras con incumplimientos de resistencia a la compresión, por lo que existe una tendencia del material a presentar resistencias superiores al mínimo requerido. Ahora bien, en específico para esos incumplimientos se destaca que el equipo auditor ha evidenciado en las visitas técnicas que cuando se presentan estos casos, la Supervisión notifica al Contratista y este realiza la remoción del concreto (Figura 9), sin embargo, el equipo auditor desconoce si se ha removido el concreto en todos los casos donde se obtuvo una resistencia menor.

Figura 9. Remoción del concreto en junta de expansión del puente sobre el río Quebrada Calderón.
Fecha: 07 de febrero del 2023



Ante los resultados recopilados por el equipo auditor sobre la calidad del concreto, la Unidad Ejecutora respondió por medio del oficio UE32-DRA-01-2024-0233 (0397) del 21 de marzo de 2024 que la mayoría de los parámetros satisfacen los criterios contractuales. Asimismo, en el caso de aquellos con alta variabilidad como el asentamiento o las recomendaciones sobre el contenido de aire serán tomadas en cuenta y posteriormente remitidas a la Administración.

Finalmente, se aclara 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, razón por la cual, todos los resultados de calidad relacionados con el concreto se han remitido oportunamente mediante distintos oficios a la UE32 para su respectiva consideración y análisis.



HALLAZGO No. 3. SE DETERMINÓ QUE LAS MUESTRAS DE BARRAS DE ACERO DE DISTINTAS DESIGNACIONES OBTENIDAS POR EL LANAMMEUCR SATISFACEN LOS REQUISITOS MECÁNICOS Y FÍSICOS DE ÁNGULO DE CORRUGACIONES Y RESISTENCIA AL DOBLEZ QUE SE ESTABLECEN EN LA NORMA ASTM A706.

Con el objetivo de evaluar la calidad de los materiales utilizados para la construcción de estructuras mayores, el LanammeUCR procedió a realizar diferentes muestreos de barras de acero utilizadas como refuerzo del concreto tanto en el sector denominado Rama 1 como en el sector de Rama 2. Lo anterior con el objetivo de determinar si las varillas de refuerzo cumplen con los parámetros establecidos en la norma ASTM A706. En específico se evaluaron los resultados de propiedades mecánicas como el esfuerzo de fluencia, esfuerzo máximo de tensión y porcentaje de elongación, al igual que, las propiedades físicas como el ángulo de inclinación de las corrugaciones y resistencia al dobléz.

Se destaca además que, si bien existen diferentes lotes de producción y diferentes plantas de armadura, a nivel contractual las muestras de acero deben cumplir con los requisitos establecidos en la normativa independientemente del centro de producción donde se tomó la muestra.

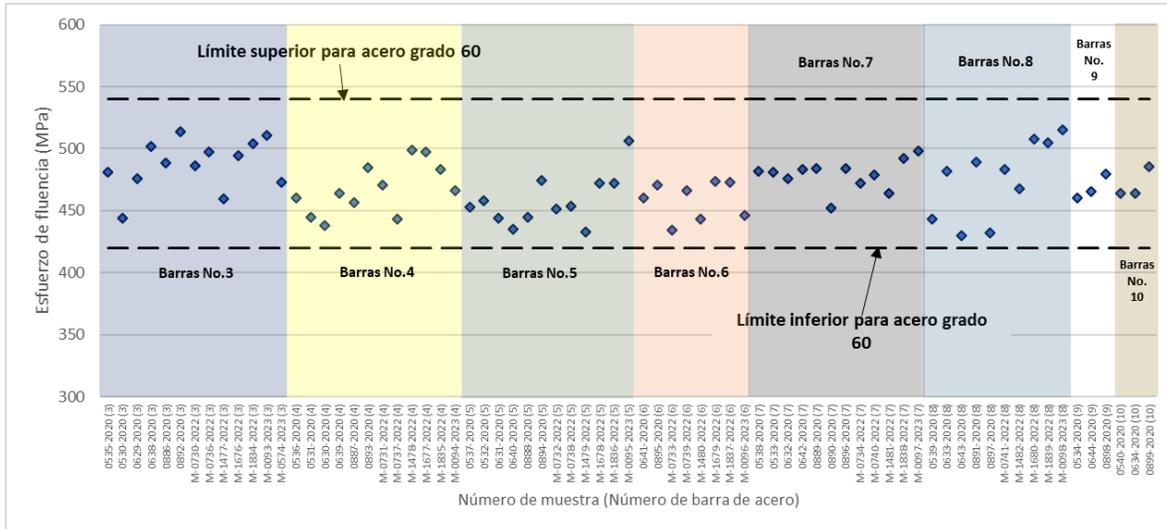
En específico se realizaron 73 muestreos de barras con designaciones No.3, No.4, No.5, No.6, No.7, No.8, No.9 y No.10 en el periodo entre enero 2020 y junio 2023. Los resultados obtenidos se detallan a continuación.

Esfuerzo de fluencia del acero

En relación con el esfuerzo de fluencia, se evaluaron los requisitos indicados en la norma ASTM A706, donde se establece un rango de esfuerzo entre 420 MPa y 540 MPa para el acero de grado 60, los resultados de las 73 muestras evaluadas se muestran agrupados por número de barra en la Figura 10. Como se observa la totalidad de las muestras evaluadas cumplen con este requisito.



Figura 10. Resultados de esfuerzo de fluencia para barras de acero de diferentes designaciones para las muestras obtenidas por el LanammeUCR. Periodo: enero 2020 - junio 2023



Se debe destacar que, el esfuerzo de fluencia representa el punto donde el acero experimenta deformaciones permanentes, lo cual constituye un parámetro de referencia durante el diseño estructural, en este caso, se puede observar que todos los resultados obtenidos por el LanammeUCR se encuentran dentro de los límites especificados por la normativa.

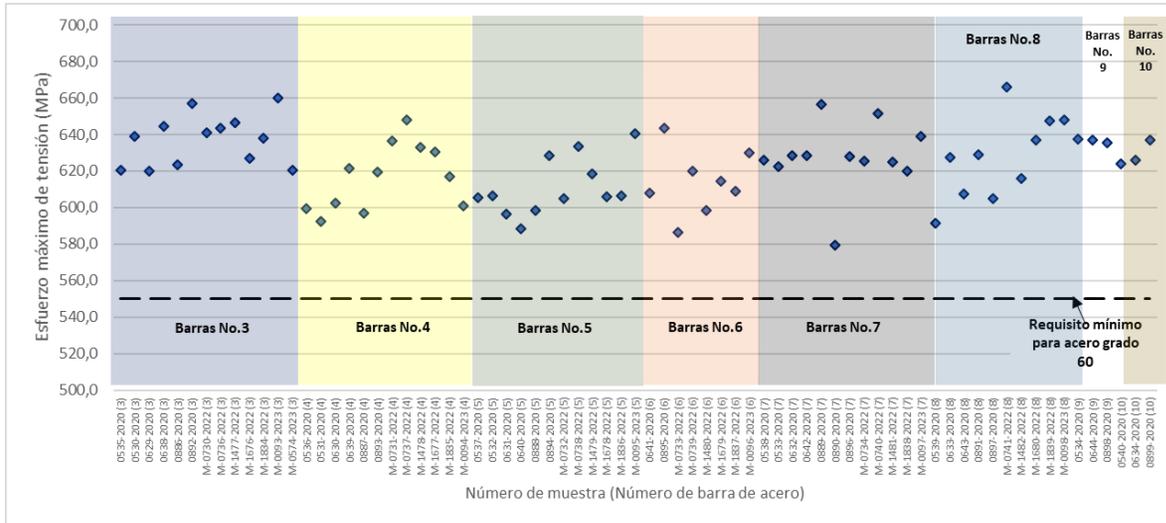
Esfuerzo máximo de tensión del acero

Otro parámetro de referencia para el acero que se considera durante la fase del diseño estructural corresponde al esfuerzo máximo de tensión, la evaluación de este parámetro durante la etapa constructiva permite determinar inconsistencias entre los valores que se asumen por el diseñador y la condición real del material en sitio.

En específico para el acero grado 60, la norma ASTM A706 establece un valor mínimo para el esfuerzo máximo de tensión de 550 MPa. Los resultados de las 73 muestras evaluadas se observan agrupados por número de barra en la Figura 11, donde se destaca que todas las muestras satisfacen el requisito establecido.



Figura 11. Resultados de esfuerzo máximo de tensión para barras de acero de diferentes designaciones para las muestras obtenidas por el LanammeUCR. Periodo: enero 2020 - junio 2023

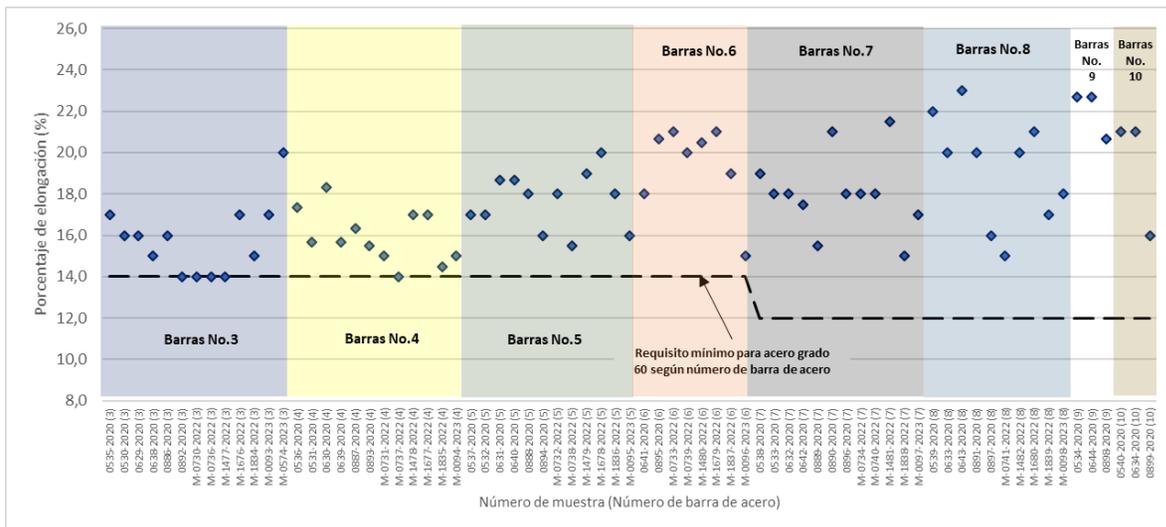


Porcentaje de elongación del acero

En cuanto al porcentaje de elongación, este representa la capacidad del acero para deformarse previo a la falla. Los requisitos de la normativa se dividen en función de la designación de las barras de acero, donde a partir de las varillas No.7 se requiere un porcentaje de elongación mínimo de 12% mientras que para las barras No.3, No.4, No.5 y No. 6 el requisito es del 14%.

Los resultados obtenidos por el LanammeUCR se pueden observar en la Figura 12, donde se aprecia que todas las muestras satisfacen el requisito establecido por la norma, se destacan algunas probetas de las barras No.3 y No.4 que presentaron un resultado justo en el límite de la especificación, sin embargo, las muestras cumplen con el requisito establecido.

Figura 12. Resultados del porcentaje de elongación para barras de acero de diferentes designaciones para las muestras obtenidas por el LanammeUCR. Periodo: enero 2020 - junio 2023





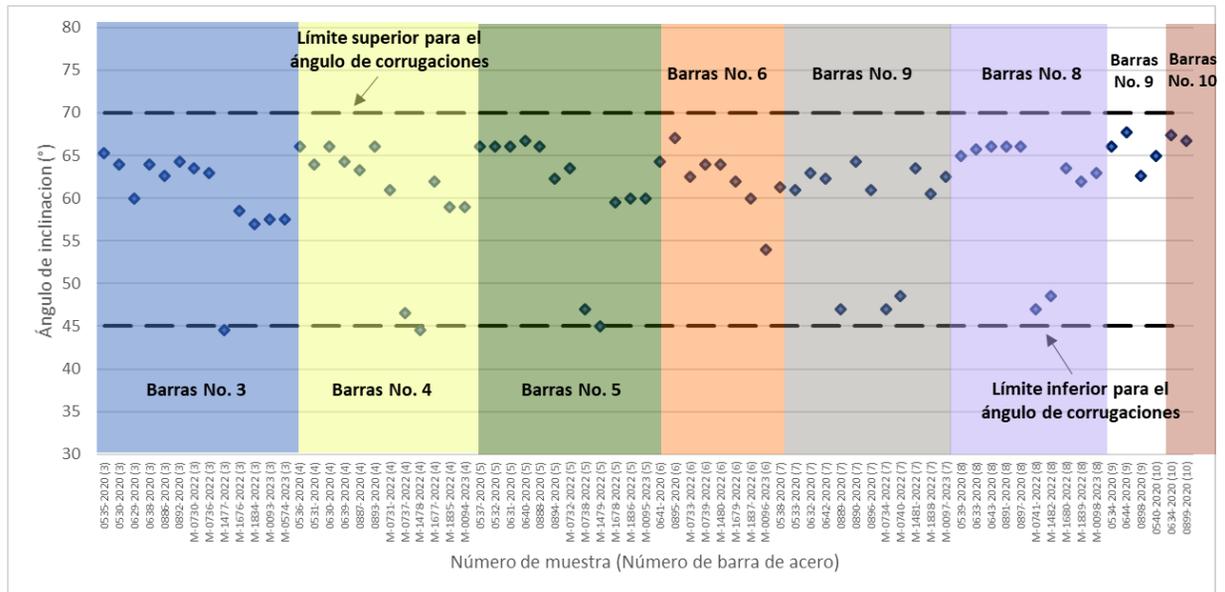
Ángulo de inclinación de corrugaciones y resistencia al doblé

Finalmente se ejecutaron pruebas de medición del ángulo de inclinación de las corrugaciones y de la prueba de doblé, con el objetivo de evaluar las propiedades físicas de las barras de acero.

Se destaca que la prueba de doblé únicamente se aplicó a las barras con designación No.3, No.4, No.5, No.6, No.7 y No.8, donde se determinó que ninguna de las probetas ensayadas presentó fisuras visibles durante el desarrollo de la prueba en conformidad con el apartado 10 de la norma A706.

Por otro lado, sobre la medición del ángulo de inclinación, se muestran en la Figura 13 los resultados obtenidos por el LanammeUCR, donde se puede identificar que la totalidad de las muestras evaluadas satisface el rango entre 45° y 70° establecido en el apartado 7 de la norma ASTM A706.

Figura 13. Resultados del promedio del ángulo de inclinación para barras de acero de diferentes designaciones para las muestras obtenidas por el LanammeUCR. Periodo: enero 2020 - junio 2023



Por lo tanto, los resultados del LanammeUCR evidencian que las muestras de las barras de acero de refuerzo utilizadas en el proyecto satisfacen los requisitos de la normativa ASTM A706.

Finalmente, se destaca que, estos ensayos se realizan como un insumo para la Administración durante la ejecución del proyecto, por lo cual, los resultados fueron remitidos oportunamente mediante distintos oficios a la UE32 para su respectiva consideración y análisis durante el lapso que comprende este análisis.



SOBRE DETERIOROS EN LAS ESTRUCTURAS DE PUENTES

HALLAZGO No. 4. SE IDENTIFICÓ QUE EXISTE SUSCEPTIBILIDAD EN LAS ESCOLLERAS DE ALGUNOS PUENTES AL ARRASTRE DE MATERIAL Y SOCAVACIÓN DE LAS ESCOLLERAS ANTE LA ACCIÓN EROSIVA EN LAS LADERAS Y EL CAUCE DEL RÍO.

El día 22 de febrero del 2023 se realizó una visita al proyecto con personal técnico del Programa de Ingeniería Geotécnica (PIG), en específico se visitaron los puentes sobre los ríos Toro, Rojo, Cuba, Escondido, Dos Novillos y Guacimito, a partir de lo cual se generaron algunas observaciones sobre el estado de algunas de las escolleras construidas en la rivera de estos ríos.

Esas observaciones se recopilaron mediante el informe EIC-Lanamme-INF-0299-2023, el cual se remitió a la Unidad Ejecutora en el oficio EIC-Lanamme-353-2023 del 05 de mayo del 2023 a continuación se detallan las observaciones relacionadas con la condición de las escolleras.

Respecto al puente sobre el río Toro, se observó la colocación de concreto ciclópeo como parte de la escollera, sin embargo, al pie de ese elemento se evidenció la colocación de un arreglo irregular de rocas sin aparente entramamiento entre las mismas, lo cual puede provocar efectos erosivos sobre ese elemento de la estructura, tal y como se evidencia en la siguiente figura.

Figura 14. Arreglo de rocas en pie de escollera en puente sobre el río Toro. Fuente: EIC-Lanamme-INF-0299-2023



Posteriormente, en la visita del 08 de junio del 2023, el equipo auditor evidenció que se habían colocado rocas en el fondo del cauce como medida de control de la velocidad del flujo (Figura15), sin embargo, no se evidenciaron modificaciones en el arreglo irregular mostrado en la Figura 14.



Figura 15. Arreglo de rocas en fondo de cauce de escollera en puente sobre el río Toro. Fecha: 08 de junio del 2023



Asimismo, en el caso de la Pila 1 del puente sobre el río Cuba se evidenció la existencia de un material colocado con una disposición aleatoria de las rocas sin que se fomente el entramamiento de partículas de roca para evitar la pérdida de material, esto se aprecia en la Figura 16.

Figura 16. Arreglo de rocas en pie de escollera en pila 1 puente sobre el río Cuba. Fuente: EIC-Lanamme-INF-0299-2023



(a)

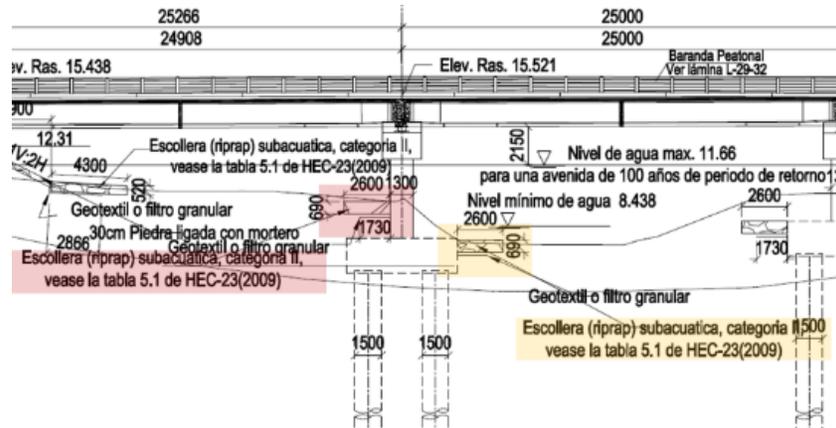


(b)

Sobre este elemento, se puede evidenciar en los planos de intervención que para esta estructura se propone el uso de una escollera subacuática categoría II según la tabla 5.1 de la circular HEC-23 (Figura 17), por lo que al consultar la referencia descrita se establece como menor tamaño de roca posible según las distintas categorías un tamaño de 5,5 pulgadas, no obstante, con base en la visita realizada y como se evidencia en la Figura 17 existen rocas de

menor tamaño. Razón por la cual, con fundamento en lo indicado en el informe EIC-Lanamme-INF-0299-2023 y en lo observado durante las visitas realizadas, es criterio del equipo auditor que estas zonas son susceptibles al arrastre de material por la acción del agua, generando una reducción del efecto de protección sobre la estructura de la pila.

Figura 17. Arreglo de rocas en pie de escollera en pila 1 puente sobre el río Cuba. Fuente: Planos de diseño.



Adicionalmente, para el puente sobre el río Escondido, se identifica una condición similar al pie de la escollera donde predomina un arreglo irregular con la presencia de agregados de menor tamaño en algunas zonas y de mayor tamaño en otras, sobre esta estructura se reitera el criterio expresado anteriormente, donde incluso se destaca que la situación observada evidencia que ya se ha generado el desprendimiento de algunos elementos al pie de la escollera (Figura 18).

Figura 18. Zona con pérdida de material en escollera del puente sobre el río Escondido bastión 1. Fecha: 22 de febrero del 2023



Por otro lado, en el puente sobre el río Dos Novillos, se evidenció una afectación mayor en el pie de la escollera en el bastión 2 para el puente en el sentido Limón-San José, donde se destaca la colocación de una protección en la margen derecha mediante un concreto ciclópeo o escollera con mortero encima de la que había sido construida para el puente existente, esto se evidencia en la siguiente figura:



Figura 19. Zona de escollera en puente sobre el río Dos Novillos con aparente socavación en pie de escollera.



(a) Marzo, 2023



(b) Febrero 2023

Como antecedente a esta condición, se destaca que mediante el oficio LM-EIC-D-0501-2021 del 15 de junio del 2021, se alertó a la Unidad Ejecutora sobre la socavación existente en ese sector, donde se destacó que la antigua escollera había sido dañada por la acción erosiva del río. Además, se alertó que las condiciones que fueron evidenciadas en ese momento permitían la continua pérdida del material de relleno, lo que podría haber causado inestabilidad y



desplazamientos en la estructura del bastión, lo cual podría afectar la estructura del puente y la transitabilidad de los vehículos por el mismo, en la Figura 20 se aprecia la condición que fue advertida.

Figura 20. Afectación por socavación en puente sobre el río Dos Novillos. Fuente: LM-EIC-D-0501-2021



Posteriormente, mediante el oficio LM-EIC-D-0709-2021 del 27 de agosto del 2021, el equipo auditor destacó que se habían evidenciado trabajos de intervención en esa zona para contrarrestar los efectos de socavación (Figura 21), estos trabajos corresponden a la escollera con mortero colocada que se evidencia en la Figura 19a. No obstante, se debe resaltar que las intervenciones realizadas, no han tenido la efectividad esperada en el tanto que existen indicios de socavación ante la ausencia de una terminación al pie de la escollera por debajo del espejo de agua.

Figura 21. Ejecución de trabajos de protección ante socavación en puente sobre el río Dos Novillos. Fuente: LM-EIC-D-0709-2021



Por su parte, para el puente sobre el río Guacimito, se evidenció una condición de aparente socavación en el pie de la escollera con mortero similar a la identificada en el puente sobre el río Dos Novillos, como se puede corroborar en la Figura 22 donde se destaca que no se aprecia



la terminación de la escollera por debajo del nivel de espejo de agua, lo cual puede favorecer la erosión del material bajo el concreto ciclópeo.

Figura 22. Erosión en pie de escollera del bastión 2 del puente sobre el río Guacimito.



Sobre estas condiciones, en el informe EIC-Lanamme-INF-0299-2023, se recomienda realizar una cimentación adecuada de las escolleras, tomando en consideración el uso de estructuras similares a las recomendadas para carreteras en la “Guía para el proyecto y la ejecución de muros de escollera en obras de carretera”, la cual si bien no contempla el uso de escolleras como protección de laderas de ríos, puede valorarse el uso de esas propuestas para realizar un cierre al pie de la escollera similar por debajo del espejo de agua.

Por su parte, la Unidad Ejecutora remitió el oficio UE-DRA-09-2023-0507(0397) haciendo referencia al oficio del Gestor del Proyecto CSRN32-0420-2023 del 31 de mayo del 2023, en el cual se indicó para los puentes sobre los ríos Cuba, Escondido y Toro que estos se encuentran en etapa constructiva por lo que la condición evidenciada será modificada.

Sin embargo, se destaca que, a pesar de estar en proceso constructivo, en la zona del puente no existen diques provisorios para el control del flujo del río, de manera que, la condición evidenciada es susceptible a efectos erosivos y de arrastre de rocas por efecto de avenidas máximas del río ante precipitaciones de alta intensidad.

Además, sobre esto se reitera lo establecido en la sección 157 Control de la erosión del suelo, donde se indica que:

“Deben ejecutarse medidas de control, permanentes y temporales, para minimizar la erosión y sedimentación durante y después de la construcción de acuerdo con el plan de control de la erosión del proyecto, permisos del contrato, Sección 108 y esta Sección.” (El destacado no es del original)

Respecto al puente sobre el río Dos Novillos y el puente del río Guacimito el Gestor del proyecto adjuntó en el oficio CSRN32-0420-2023, las notas CSRN32-0289-2023 y CSRN32-0287-2023



del 12 de abril del 2023, en los cuales se solicita al Contratista implementar un plan de trabajo para atender la condición de socavación evidenciada en las Figuras 18 y 21.

Sobre esto se reitera que la sección 157 del CR-2010 establece la necesidad de implementar medidas de protección, además resalta lo siguiente sobre medidas correctivas en caso de ser necesario:

“Cuando las medidas y obras para el control de la erosión no funcionan satisfactoriamente, deben tomarse inmediatamente las acciones correctivas.”

Adicionalmente, la circular HEC-23 de la FHWA (2009) menciona lo siguiente:

*“Las contramedidas ante socavación incluyen obras de estabilización del río en un tramo del río aguas arriba y aguas abajo del cruce. **Las contramedidas deben instalarse durante la construcción de la carretera o reacondicionarse para resolver los problemas de socavación e inestabilidad a medida que se desarrollan en los cruces existentes.**”* (El destacado no es del original)

Posteriormente, en la visita realizada el 11 de octubre del 2023 se observó que se ha corregido la ausencia de material indicada para las escolleras del puente sobre el río Guacimito. La corrección identificada en esta visita puede apreciarse en la Figura 23.

Figura 23. Arreglo de rocas en pie de escollera del puente sobre el río Guacimito.



De igual manera, , en la misma visita del 11 de octubre del 2023 se identificó también una corrección en la ausencia del material en las escolleras del puente sobre el río Escondido, las cuales se aprecian en la Figura 24.

Figura 24. Arreglo de rocas en pie de escollera del puente sobre el río Escondido.



(a)

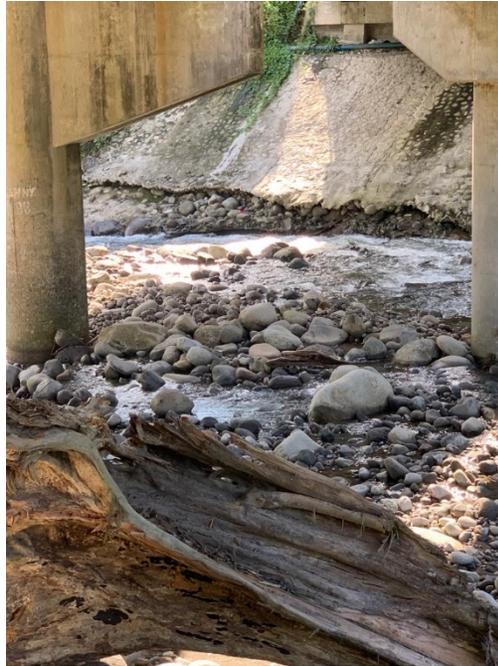


(b)

Cabe destacar que, en la visita del 11 de octubre del 2023 también se apreció cómo la condición de las escolleras del puente sobre el río Dos Novillos ha empeorado y no se evidenciaron acciones correctivas por parte del Contratista. La condición del sitio hasta la fecha de esta visita se aprecia en la Figura 25.



Figura 25. Zona de escollera en puente sobre el río Dos Novillos con socavación empeorada en pie de escollera.



(a)



(b)

Con base en los registros fotográficos expuestos anteriormente, la Unidad Ejecutora respondió por medio del oficio UE32-DRA-01-2024-0233 (0397) del 21 de marzo de 2024 que se tiene la intención de establecer comunicación con la UNOPS para asegurar que los asuntos pendientes sean adecuadamente resueltos. Sin embargo, a la fecha de emisión de este informe, no se tiene conocimiento de que se hayan aplicado medidas correctivas para atender los problemas en las escolleras del puente sobre el río Dos Novillos. Lo cual evidencia que para el caso



particular del puente sobre el río Dos Novillos, es necesario que el Contratista ejecute medidas correctivas para atender los problemas de socavación reflejados anteriormente.

HALLAZGO No. 5. SE IDENTIFICARON ALGUNOS RELLENOS CON PRESENCIA DE CÁRCAVAS Y SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSIÓN ANTE LA AUSENCIA DE MEDIDAS EFECTIVAS DE CONTROL DE LA EROSIÓN POR PARTE DEL CONTRATISTA SEGÚN LO ESTABLECE LA SECCIÓN 157 DEL CR-2010.

Como parte de las visitas realizadas el 22 de febrero de 2023, así como los días 14 y 15 de marzo del 2023, se evidenció en el relleno de aproximación del puente en construcción sobre el río Rojo, la formación de cárcavas producto de la escorrentía superficial del agua, favoreciendo la desintegración y arrastre del material que lo forma, en específico esto se evidenció para el relleno de aproximación para el bastión 2 del puente en el sentido Limón-San José, en el siguiente registro fotográfico se detalla la condición observada:

Figura 26. Formación de cárcavas en relleno de aproximación del puente sobre el río Rojo bastión 2



Fecha: Febrero, 2023



Fecha: Marzo, 2023

Asimismo, dentro del material de relleno se evidenció la presencia de materiales externos (como cilindros de concreto) que no corresponden al material granular utilizado, tal y como se evidencia en la Figura 27. Sobre esto, se debe destacar que en la sección 704.03 *Material de relleno* del CR-2010, se establece que se debe suministrar un material libre de lodo, raíces u otros materiales deletéreos con un tamaño máximo de partícula.



Figura 27. Presencia de materiales externos en el relleno de aproximación del puente sobre el río Rojo bastión 2. Fecha: 15/03/2023



Posteriormente, en la visita realizada por el equipo auditor el día 26 de abril del 2023 al puente sobre el río Rojo se evidenció que se había realizado una reconfiguración del relleno en ese punto tal y como se aprecia en la Figura 28, adicionalmente se identificó que en la zona donde se muestran las cárcavas en la Figura 27 se realizó la colocación de un material de concreto, no obstante, esto parece ser que corresponde más bien a la descarga del sobrante de un camión transportador de concreto, por lo que no se tiene certeza de su efectividad como medida de protección ante la erosión, además, como se aprecia en la Figura 29 incluso en la zona donde se encuentra el concreto también existen indicios de erosión y formación de cárcavas.

Figura 28. Reconfiguración del talud de relleno de aproximación en puente sobre el río Rojo Bastión 2. Fecha: 26/04/2023





Figura 29. Presencia de concreto en zona de relleno de aproximación en puente sobre el río Rojo Bastión 2. Fecha: 26/04/2023



(a)



(b)

Lo evidenciado en este relleno se remitió a la Unidad Ejecutora mediante el oficio EIC-Lanamme-0353-2023 del 05 de mayo del 2023, donde se indicó que la condición observada puede provocar una afectación de la estabilidad del relleno. Ante esto, la Unidad Ejecutora remitió el oficio UE-DRA-09-2023-0507(0397) haciendo referencia al oficio del Gestor del Proyecto CSRN32-0420-2023 del 31 de mayo del 2023, el cual indicó que esto se debe a que el proyecto aún se encuentra en etapa constructiva de manera que las cárcavas evidenciadas no corresponden al relleno final, por lo que esto deberá ser removido y reconformado.

No obstante, en la visita realizada el 19 de julio del 2023 se evidenció que en el puente ya se había realizado la colocación de la carpeta asfáltica, sin embargo, no se identificaron indicios de una remoción y reconformación del relleno de aproximación como lo indicó la Supervisión. Razón por la cual, se desconoce si ese relleno de aproximación fue removido y reconformado nuevamente previo incluso a la colocación de la losa de aproximación del puente.

Por su parte, en el puente sobre el río Cuba se evidenció la formación de cárcavas en la zona correspondiente a la escollera del bastión 1 del puente en el sentido San José-Limón, esto



debido a que existe una zona de la escollera que no cuenta con protección (sea mediante concreto ciclópeo u cualquier otro material), situación que favorece la erosión como consecuencia de la escorrentía superficial ante un manejo inadecuado de los flujos. En el siguiente registro fotográfico se aprecia la condición evidenciada:

Figura 30. Formación de cárcavas en el relleno del bastión 1 sentido San José-Limón puente sobre el río Cuba.



(a)



(b)



(c)



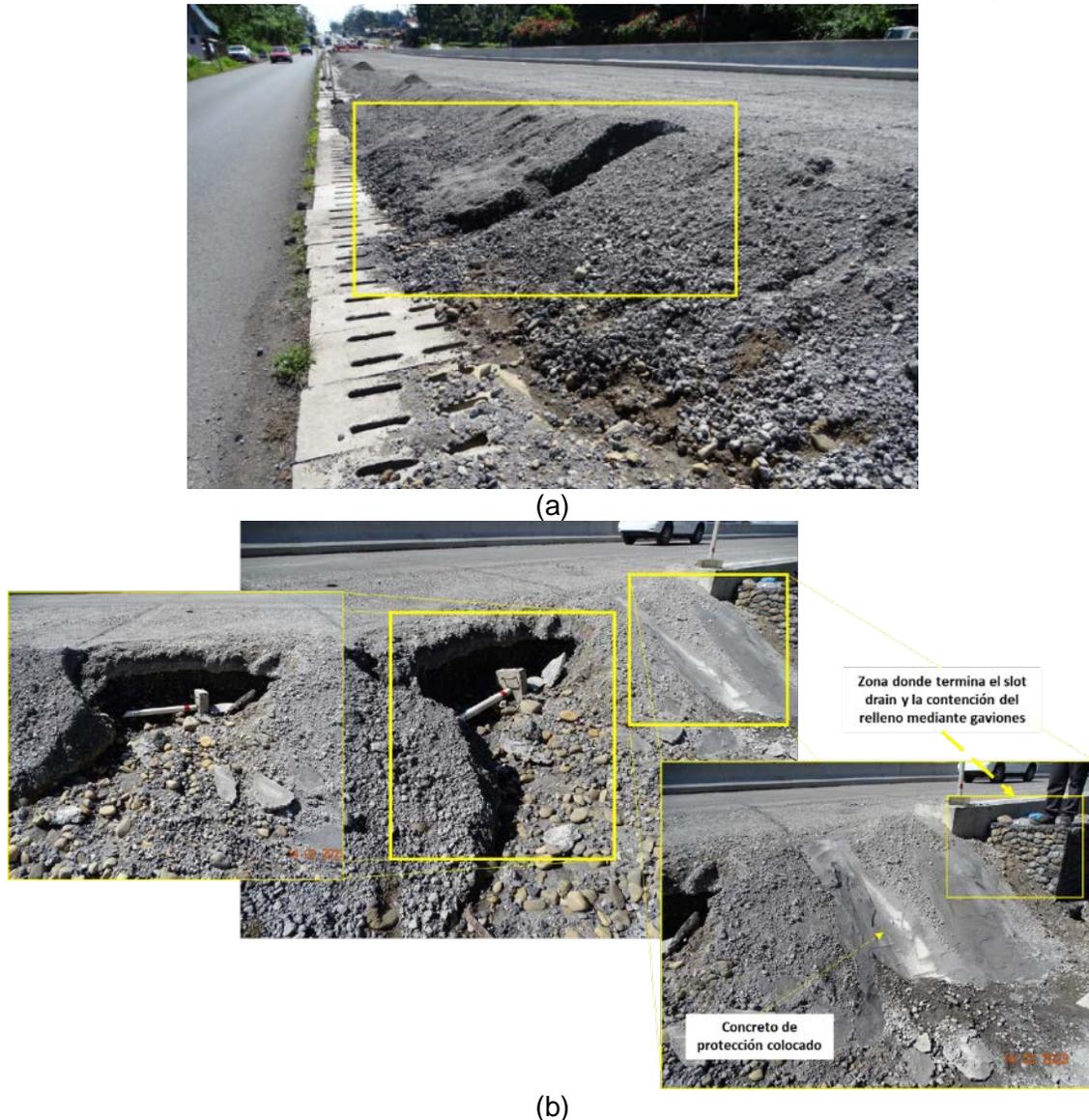
(d)

Esta condición se evidenció mediante el oficio EIC-Lanamme-0353-2023 del 05 de mayo del 2023, donde se adjuntó el informe EIC-Lanamme-INF-0299-2023 del Programa de Ingeniería Geotécnica (PIG) del LanammeUCR en el que se resalta que es recomendable realizar los manejos de agua de escorrentía superficial para minimizar los procesos erosivos.

El Gestor del proyecto indicó en el oficio CSRN32-0420-2023 que el puente sobre el río Cuba aún se encuentra en construcción por lo que falta la colocación de las capas de relleno de base granular y préstamo, sin embargo, se debe comprender que la colocación de estas capas no elimina la dirección del flujo de escorrentía superficial, por lo que la susceptibilidad a la erosión persiste en el punto indicado en la Figura 31.

Por otro lado, en la visita del 14 de marzo del 2023, se identificó en las obras del paso superior vehicular intercambio Guápiles en el kilómetro 62+880, específicamente en el relleno de aproximación del sentido Limón-San José la formación de una cárcava debido al manejo inadecuado de aguas de escorrentía superficial. Se destaca que, se evidenció que el Contratista realizó la colocación de concreto como medida de protección para la erosión generada, no obstante, como se observa en la Figura 32 en las zonas posteriores al concreto colocado también existen cárcavas en el relleno.

Figura 31. Formación de cárcavas en el relleno sentido Limón- San José intercambio Guápiles.



Posteriormente, durante la visita realizada el 26 de abril del 2023, se evidenció que se había ejecutado la colocación de concreto de revestimiento en la zona afectada que se muestra en la Figura 32b. No obstante, se identificó que también existen indicios de erosión en la zona que no está recubierta, lo cual provoca que haya presencia de material granular en la zona del drenaje existente, situación que genera un riesgo de obstrucción o reducción de capacidad de esos elementos ante la presencia del material sedimentado, tal y como se aprecia en la siguiente figura.

Figura 32. Erosión en relleno de aproximación y sedimentación de partículas en drenaje. Fecha: 26/04/2023



(a)



(b)

Sobre la condición en el relleno del intercambio en el kilómetro 62+880, la Supervisión indicó que el 16 de marzo del 2023 documentó la No Conformidad NC-733 indicando el estado de socavación en la base estabilizada entre el talud y la cuneta del intercambio, además, se indicó que el Contratista había realizado la colocación de concreto para solventar la situación, sin embargo se afirma que, debido al acabado que se muestra en la Figura 33, no se había colocado en todo el talud, por lo que la NC aún no se ha solventado.



Figura 33. Condición de atención en relleno del intercambio en el estacionamiento 62+880. Fuente: Oficio CSRN32-0420-2023



(a)



(b)

Por su parte, el día 19 de julio de 2022 el equipo auditor observó la presencia de diferentes cárcavas en el talud de acceso al puente sobre el río Destierro (Figura 34), producto de la pérdida y arrastre de material superficial debido a la escorrentía superficial que se produce durante eventos de lluvia, principalmente ante fuertes aguaceros, a consecuencia de la ausencia de medidas de protección del talud del relleno que evite esta erosión. Cabe mencionar, que dicha cárcava está descargando sus aguas casi en el frente de una vivienda que se encuentra al pie del talud. Se destaca que esta observación se remitió a la Unidad Ejecutora mediante el oficio EIC-Lanamme-634-2022 del 3 de agosto del 2022

Figura 34. Cárcavas en material debido a escorrentía superficial en el estacionamiento 84+280. Fecha: 20 de julio de 2022



La respuesta de la Unidad Ejecutora del proyecto se remitió al equipo auditor mediante el oficio UE-DRA-RN32-009-2022-1441 (179) del 23 de agosto del 2022, donde se indicó que el Gestor del proyecto ya había comunicado la condición al Contratista, sin embargo, se destacó que el proceso de intervención del Contratista ha sido deficiente e incluso que este último no ha ejecutado medidas paliativas. Sobre esto se enfatiza que incluso el equipo auditor identificó en



la visita del 19 de julio del 2023 que la condición de erosión permanece en el proyecto, tal y como se aprecia en la Figura 35.

Figura 35. Cárcavas en material de relleno en puente sobre el río Destierro. Fecha: 19 de julio de 2023



(a)



(b)

Por otro lado, en la visita del 19 de julio del 2023, el equipo auditor identificó la existencia de una cárcava y signos de erosión en el relleno del paso inferior vehicular del kilómetro 55+500, tal y como se puede apreciar en la Figura 36 no existe ninguna protección contra la erosión, donde, además, se destaca que existe una afectación incluso de la estructura de pavimentos. La condición evidenciada se remitió mediante el oficio EIC-Lanamme-689-2023.

Figura 36. Condición de atención en relleno del intercambio en el estacionamiento 55+500. Fuente: Oficio CSRN32-0420-2023



(a)



(b)



(c)

Sobre las condiciones evidenciadas se debe comprender que, la formación de estos deterioros favorece problemas de inestabilidad de los rellenos, además en el mediano y largo plazo pueden provocar efectos en el relleno debido a asentamientos y pérdida de capacidad de soporte, asimismo, la presencia de cárcavas puede potenciar efectos de tubificación y erosión interna.

Por su parte, el CR-2010 destaca en la sección 157 Control de la erosión del suelo lo siguiente:

“Deben ejecutarse medidas de control, permanentes y temporales, para minimizar la erosión y sedimentación durante y después de la construcción de acuerdo con el plan de control de la erosión del proyecto, permisos del contrato, Sección 108 y esta Sección.” (El destacado no es del original)

Lo cual refleja que es necesario realizar el control de la erosión pese a encontrarse en etapa constructiva, adicionalmente se destaca en esa misma sección del CR-2010 que para el control de la erosión se debe realizar lo siguiente:

“-Implementar controles temporales de la erosión en etapas progresivas, conforme progresa la construcción.”



- Construir obras temporales como drenajes en las laderas, canales de desvío y bermas de tierra para proteger áreas y pendientes perturbadas.

-Colocar recubrimientos temporales, u otras medidas aprobadas, para estabilizar el suelo en áreas alteradas, que vayan a permanecer expuestas por más de 30 días.

-Construir y mantener controles de la erosión en y alrededor de los apilamientos de suelo para prevenir la pérdida de material.” (El destacado no es del original)

No obstante, se destaca que para los sitios afectados en el puente sobre el río Rojo y en el puente sobre el río Cuba no se identificó el uso de ningún control temporal de erosión acorde a lo descrito en la sección 157. Adicionalmente, pese a que en el relleno del intercambio en el kilómetro 62+880 se identificó el uso de un recubrimiento temporal, este no tuvo la efectividad esperada al formarse una cárcava en la zona continua al recubrimiento, sobre esto es importante indicar que en la sección 157 se establece la necesidad de tomar acciones correctivas, tal y como se detalla a continuación:

“Cuando las medidas y obras para el control de la erosión no funcionan satisfactoriamente, deben tomarse inmediatamente las acciones correctivas.”

Con base en los registros fotográficos expuestos anteriormente, la Unidad Ejecutora respondió por medio del oficio UE32-DRA-01-2024-0233 (0397) del 21 de marzo de 2024 que se tiene la intención de establecer comunicación con la UNOPS para asegurar que los asuntos pendientes sean adecuadamente resueltos. Sin embargo, a la fecha de emisión de este informe, no se tiene conocimiento de que se hayan aplicado medidas correctivas para atender los problemas de cárcavas y susceptibilidad a la erosión.

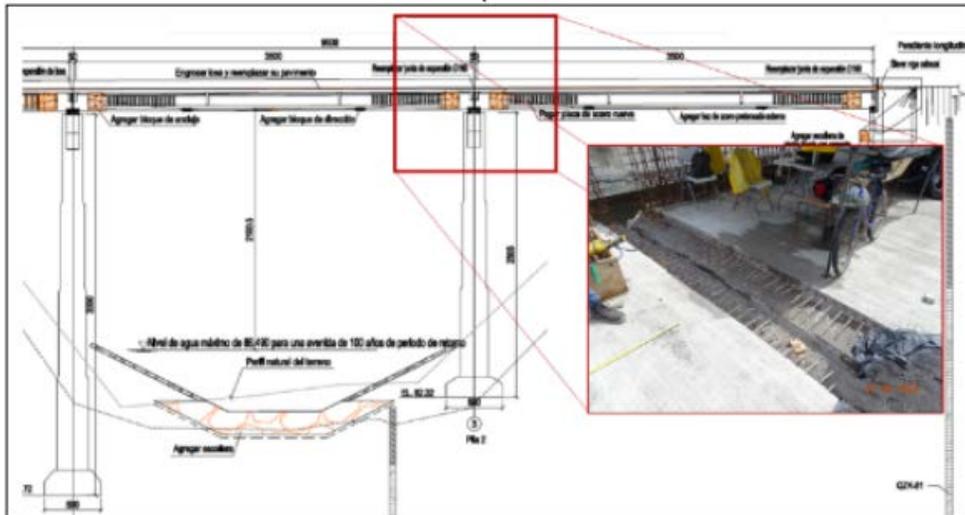
Por último, se destaca que lo expuesto anteriormente, refleja la necesidad de realizar estrategias de intervención por parte del Contratista con el objetivo de reducir la erosión tanto en las zonas afectadas como en otras secciones del proyecto susceptibles a ese fenómeno.

SOBRE PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS EN LAS ESTRUCTURAS DE PUENTES

HALLAZGO No. 6. SE EVIDENCIARON DETERIOROS Y AUSENCIA DE JUNTAS DE EXPANSIÓN EN ALGUNOS PUENTES DEL PROYECTO.

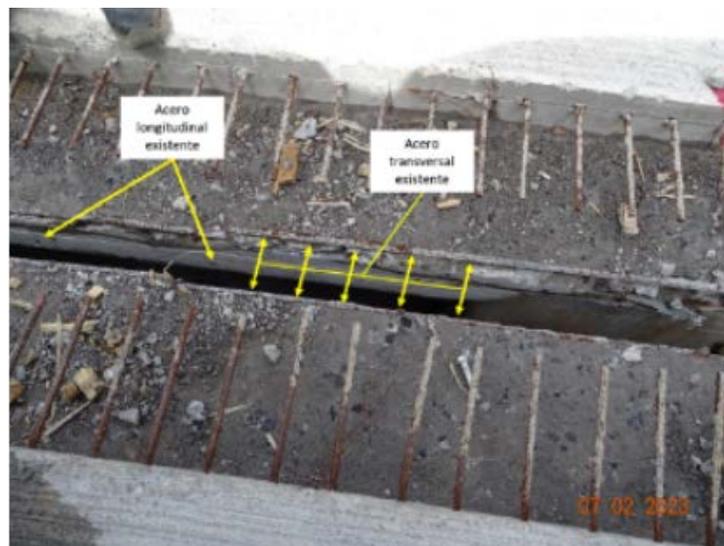
El equipo auditor visitó las obras de rehabilitación del puente sobre el río Destierro el día 7 de febrero de 2023, durante la visita se identificó que se habían realizado trabajos en la junta de expansión entre el vano 2 y 3 (Figura 37).

Figura 37. Junta de expansión según planos entre el vano 2 y 3 de la rehabilitación del puente sobre el río Destierro. Fuente: Planos de rehabilitación puente sobre el río Destierro



Además, se destaca que, se identificó la existencia de acero expuesto tanto longitudinal como transversal en la zona donde se realizó el corte del tablero existente para el reemplazo de la junta de expansión tal y como se evidencia en el siguiente registro fotográfico, el cual corresponde al acero presente en el tablero del puente por rehabilitar.

Figura 38. Junta de expansión según planos entre el vano 2 y 3 de la rehabilitación del puente sobre el río Destierro. Fuente: Planos de rehabilitación puente sobre el río Destierro



(a)



(b)



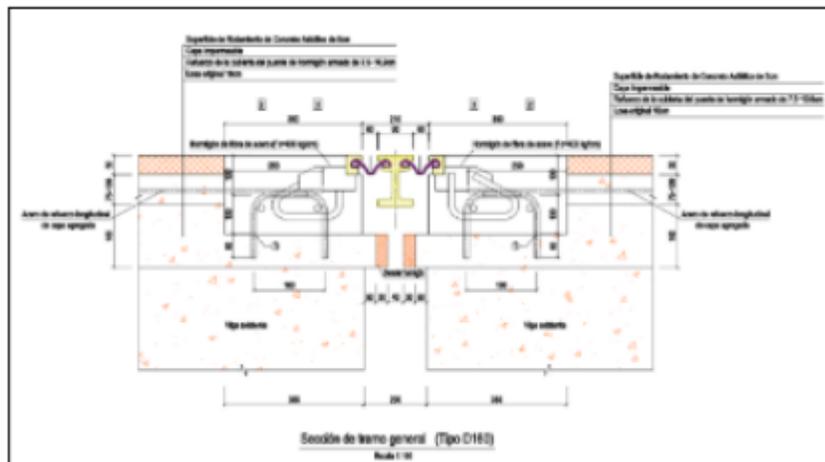
(c)



(d)

No obstante, al revisar el detalle de la junta de expansión en el plano, se pudo establecer que no se presentó ninguna instrucción sobre el tratamiento que se realizaría en esa zona respecto al acero existente; tampoco se incluyó en planos la presencia de ese acero en la zona de la junta de expansión.

Figura 39. Detalle de junta de expansión D160 puente sobre el río Destierro. Fuente: Planos de rehabilitación puente sobre el río Destierro



Cabe destacar que, la exposición del acero, sin protección alguna, identificado tanto transversalmente como longitudinalmente, favorece la formación de corrosión en dichos elementos. La corrosión del acero produce óxidos e hidróxidos de hierro, cuyo volumen es mucho mayor que el del original. Por lo tanto, si no se realiza un tratamiento adecuado, dicho aumento de volumen provoca tensiones radiales alrededor de las barras de armadura, y favorece posteriormente la aparición de fisuras radiales localizadas. Estas fisuras radiales se



pueden propagar a lo largo de la barra, provocando la formación de fisuras longitudinales paralelas a la barra o provocando el “descascamiento” del concreto.

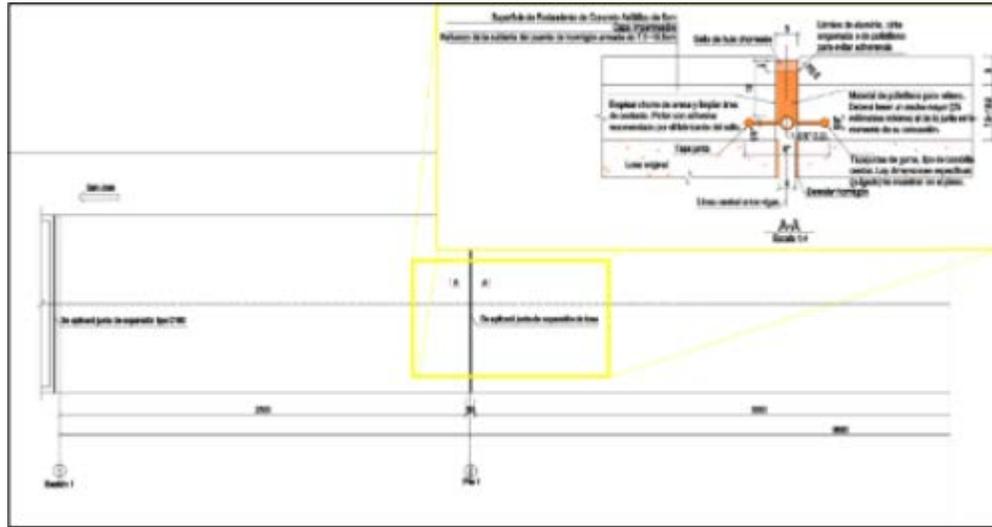
Por tal razón, mediante el oficio EIC-Lanamme-162-2023 del 30 de marzo del 2023 se recomendó a la Administración valorar la implementación de medidas que permitan garantizar el recubrimiento o protección del acero y reducir la posibilidad de exposición ante agentes externos como el oxígeno o la humedad que pueden potenciar la corrosión de las barras de refuerzo mencionadas anteriormente.

Por otro lado, se destaca que, durante la visita realizada por el equipo auditor el día 14 de marzo del 2023, se identificó que para la junta de expansión entre el vano 1 y el vano 2, se había realizado la colocación de concreto en la zona correspondiente a la junta tal y como se aprecia en la Figura 40. No obstante, al revisar el detalle de esa sección en los planos, en estos se indica que se debía realizar la instalación de una junta de expansión tal y como se aprecia en la Figura 41, razón por la cual, en el oficio EIC-Lanamme-162-2023 se recomendó a la Supervisión asegurar que no se produjera ninguna afectación del acero existente en el tablero del puente original ni del acero que se colocó como parte de la sobre losa en la rehabilitación, esto durante las labores de remoción del concreto para la instalación de los distintos elementos que componen la junta.

Figura 40. Zona de junta de expansión entre vano 1 y 2 en puente sobre el río Destierro.



Figura 41. Detalle de junta de expansión entre vano 1 y 2 del puente sobre el río Destierro. Fuente: Planos de rehabilitación puente sobre el río Destierro.



Por lo anterior, , con base en las recomendaciones del LanammeUCR la Unidad Ejecutora respondió por medio del oficio UE-RN32-INF-009-2023-006, donde de acuerdo con lo indicado en la nota CSRN32-0361-2023 de la Supervisión de fecha 26 de abril de 2023, se tomó recomendación sobre la implementación de medidas que permitan garantizar el recubrimiento del acero y reducir la posibilidad de exposición ante agentes externos como el oxígeno o la humedad que pueden potenciar la corrosión de las barras de refuerzo. Además, se indicó que durante el proceso de verificación de los trabajos que realiza el Gestor se identificó esa situación desde el 20 de enero de 2023 y se le dio seguimiento para asegurar recubrimientos y ubicación de aceros en la junta de expansión. Posteriormente, en la visita realizada por el equipo auditor el 24 de octubre del 2023 se observó que ya han colado las juntas. Esto fue corroborado por la Administración mediante oficio UE32-DRA-09-2024-0054 (0397) del 31 de enero de 2024 para el río Destierro, así como para los puentes sobre los ríos Río Corinto, Río Blanco y Río Jimenez (lado izquierdo).

Es criterio del equipo auditor que este tipo de elementos se deben de instalar de forma cédere para evitar que se generen problemas de corrosión en el acero que está asociada a las juntas de expansión.

Juntas de expansión no colocadas

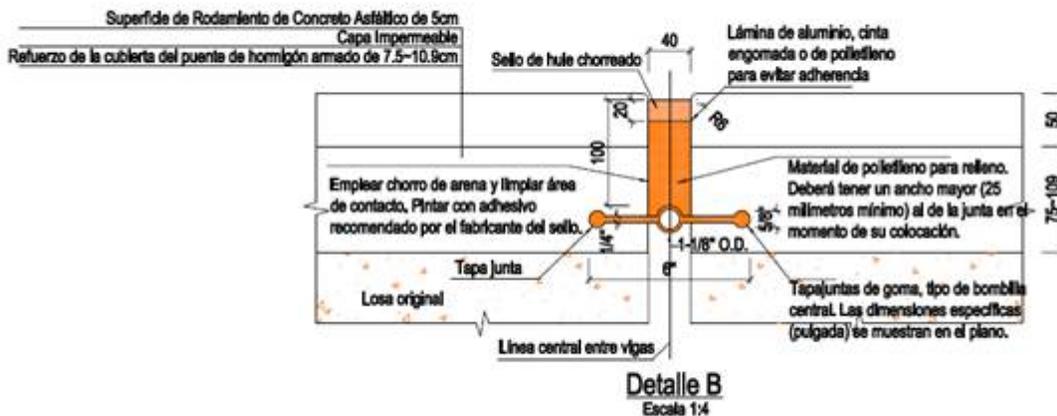
Por otro lado, como parte de una gira realizada el 24 de octubre del 2023 por el equipo auditor se observó que en la carpeta asfáltica colocada sobre la losa del río Guácimo se presenta una grieta transversal a lo largo de toda la losa, lo cual se aprecia en la Figura 42.

Figura 42. Condición de agrietamiento en losa del puente sobre el río Guácimo.



Al revisar los planos de la estructura (Figura 43) se observó que hacía falta la colocación de una junta de expansión intermedia en el punto del agrietamiento. Por lo tanto, se emite la consulta sobre cuándo se realizarán los trabajos para la colocación de este elemento, ya que este sector se encuentra abierto al tránsito y sí cuenta con las juntas de expansión en los extremos del puente.

Figura 43. Detalle de planos para junta del puente sobre el río Guácimo.



Lo anterior fue comunicado mediante oficio EIC Lanamme 1207-2023 del 4 de diciembre de 2023. La Administración contestó por medio del oficio UE-32-DRA-09-2024-0053 (0397) que esta y otras juntas detalladas serán atendidas durante enero del 2024, sin embargo, a la fecha de emisión de este informe no se han realizado las labores de colocación de la junta, lo cual fue verificado en la visita del 14 de mayo del 2024. Adicionalmente mediante oficio la UE32-



DRA-09-2024-0054 (0397) del 31 de enero de 2024 se indica que aparte de las juntas identificadas por el equipo auditor se está planeando instalar las juntas sobre el puente el río Roca y puente sobre el río Dos Novillos.

Con base en los registros fotográficos expuestos anteriormente, la Unidad Ejecutora respondió por medio del oficio UE32-DRA-01-2024-0233 (0397) del 21 de marzo de 2024 que se tiene la intención de establecer comunicación con la UNOPS para asegurar que los asuntos pendientes sean adecuadamente resueltos. Sin embargo, a la fecha de emisión de este informe, no se tiene conocimiento de que se hayan aplicado medidas correctivas para atender los problemas de deterioros y juntas de expansión en ciertos puentes.

Es criterio del equipo auditor que estos elementos del puente son necesarios para poder asegurar la durabilidad de la estructura durante su vida útil, de ahí la importancia de colocarlas durante el proceso constructivo y evitar hacerlo cuando ya se encuentra en operación la estructura.

HALLAZGO No. 7. SE EVIDENCIARON DETERIOROS PREMATUROS EN LAS CONDICIONES DE ALGUNAS JUNTAS Y LOSAS DE APROXIMACIÓN EN LOS PUENTES DEL PROYECTO.

Durante la visita realizada el 13 de julio del 2022, se evidenció en la losa de aproximación al bastión 2 del puente construido sobre quebrada Calderón, deflexiones considerables durante el paso de vehículos sobre el elemento. Asimismo, en esa visita se observó que en la zona de interacción entre la losa de aproximación y la estructura de pavimento se había generado una grieta transversal a la dirección del tránsito como consecuencia del movimiento anteriormente mencionado.

Estas observaciones se remitieron a la Unidad Ejecutora (UE32) mediante el oficio EIC-Lanamme-613-2022 del 19 de julio del 2022 indicando las repercusiones que puede tener esta condición. Posteriormente, mediante el oficio UE-DRA-RN32-009-2022-1370 (179) el Consorcio Supervisor indicó que se realizaría una reparación parcial para restringir el movimiento del elemento mientras se construye el puente gemelo. Asimismo, indicó que se tenían “No conformidades” abiertas por defectos similares en los puentes sobre el río Cuba y el río Rojo.

Posteriormente, el equipo auditor mediante el oficio EIC-Lanamme-782-2022 del 21 de setiembre del 2022, consultó sobre el estado de las reparaciones que se realizarían en el puente sobre quebrada Calderón. Ante esto, la respuesta del Consorcio Supervisor se realizó mediante el oficio UE-DRA-RN32-009-2022-1735 (179), indicando que para el 15 de octubre del 2022 estaría implementada la propuesta de intervención temporal en sitio. No obstante, en las visitas realizadas por el equipo auditor los días 25 y 26 de octubre, así como el día 14 de noviembre del 2022, se evidenció que en el sitio de las obras no se había implementado alguna solución temporal que restrinja el movimiento tal y como se indicó por parte de la Supervisión.



Figura 44. Deterioro en losa de aproximación del puente sobre quebrada Calderón.



25/10/2022

14/11/2022

Esta condición de la losa de aproximación del puente sobre quebrada Calderón se ratificó durante la gira realizada el 10 de enero del 2024, en donde se observaron deterioros como el que se presenta en la Figura 45.

Figura 45. Deterioro en losa de aproximación del puente sobre quebrada Calderón. Fecha: 10 de enero del 2024



Por otro lado, en las visitas realizadas por el equipo auditor los días 25 y 26 de octubre del 2022, así como el día 14 de noviembre del 2022 se evidenció que los puentes sobre los ríos Rojo, Cuba, Aguas Claras y San Miguel presentan patologías similares a lo observado en la Figura 44, tal y como se aprecia en el siguiente registro fotográfico, en el cual se evidencia que existen señales de la formación de una grieta transversal en la zona de interacción entre la losa de aproximación y el pavimento



Figura 46. Deterioro en losa de aproximación del puente sobre río Cuba. Fecha: 14 de noviembre de 2022.



Aproximación bastión 1



Aproximación bastión 2

Figura 47. Deterioro en losa de aproximación del puente sobre río Rojo . Fecha: 14 de noviembre de 2022.



Aproximación bastión 1



Aproximación bastión 2



Figura 48. Deterioro en losa de aproximación del puente sobre río San Miguel. Fecha: 25 de octubre de 2022.



En relación con estos deterioros, se destaca que, uno de los objetivos principales de la losa de aproximación es brindar una transición de rigidez al ingreso de los puentes, que permita evitar asentamientos fuertes en la zona de los rellenos de aproximación como consecuencia de las cargas vehiculares, de forma que sea posible proteger esos rellenos ante la acción del tránsito y evitar la permeabilidad del agua a esa región del puente. En ese sentido, la problemática evidenciada en las figuras anteriores supone un defecto, dado que no representa una transición adecuada hacia el puente, además, al generarse el agrietamiento transversal incluso a nivel de capa de rodadura, se puede dar la filtración de agua hacia las capas inferiores y hacia el relleno de aproximación, esa condición puede agravar el deterioro de esa sección al erosionarse con el paso del agua, posibilitando asentamientos mayores que podrían representar deflexiones más altas en la losa.

En este aspecto, llama la atención del equipo auditor que la condición evidenciada inicialmente en el puente sobre quebrada Calderón se presentara en otras 4 estructuras mayores, lo cual es indicativo que la circunstancia evidenciada no representa una condición puntual.

Esta situación se comunicó por medio del oficio EIC-Lanamme-1002-2022 del 24 de noviembre del 2022. A lo que la Unidad Ejecutora ha respondido mediante el oficio UE32-DRA-09-2024-0054 (0397) del 31 de enero del 2024 que se está trabajando en un plan de manejo de tránsito que permita intervenir los puentes Quebrada Calderón, Aguas Claras y San Miguel.



Con base en los registros fotográficos expuestos anteriormente, la Unidad Ejecutora respondió por medio del oficio UE32-DRA-01-2024-0233 (0397) del 21 de marzo de 2024 que se tiene la intención de establecer comunicación con la UNOPS para asegurar que los asuntos pendientes sean adecuadamente resueltos. Sin embargo, a la fecha de emisión de este informe, no se tiene conocimiento de que se hayan aplicado medidas correctivas para atender los problemas de deterioros en las losas de aproximación, aunque si afirman que se tiene una No Conformidad abierta y a la espera de que el contratista presente un “plan de solución”.

HALLAZGO NO. 8. SE EVIDENCIARON ALGUNAS PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS INADECUADAS RELACIONADAS CON LA COLOCACIÓN Y VIBRADO DE CONCRETO EN ALGUNAS SOBRE LOSAS DE LOS PUENTES Y LAS BARRERAS DE PROTECCIÓN.

Como parte del proceso de auditoría realizado al proyecto Ampliación de Ruta Nacional No. 32 se procedió a visitar al proyecto para poder observar las prácticas constructivas que se estaban aplicando en los distintos frentes de obra.

Compactación del concreto

Durante la visita realizada al proyecto el día 08 de junio del 2022, se pudo atestiguar el procedimiento de colocación del concreto de la sobrelosa para la rehabilitación del puente sobre el río Danta en el estacionamiento 57+341. Durante el procedimiento de colado se observaron algunos aspectos constructivos, que a criterio del equipo auditor podrían considerarse como desatenciones a las buenas prácticas de la ingeniería, de los cuales se detalla a continuación.

En el transcurso del proceso de colocación de los paños de concreto de la sobrelosa, se evidenció que contrario a la norma, el dispositivo vibrador se estaba utilizando de manera horizontal a lo largo de la sección de trabajo, tal y como se demuestra en la Figura 49.



Figura 49. Colocación de concreto en sobre losa del puente sobre el río Danta Est. 57+341. Fecha: 08 de junio del 2022



Sobre esta práctica se debe tener en consideración que según el ACI 309R-05 “Compactación de concreto” en el Capítulo 7 “Prácticas de vibración recomendadas para la construcción en general” en el apartado 7.2 “Procedimiento para vibración interna” se indica que:

“El **vibrador debe sistemáticamente insertarse verticalmente** con un espaciamiento uniforme sobre toda el área de colocación” (El destacado no es parte del original).
Fuente: ACI 309R-05.

Además, el CR-2010 establece en la Sección 552. Concreto estructural lo siguiente:

“El concreto hidráulico se vibrará en el punto de depósito y en puntos espaciados uniformemente, a no más de un 1,5 veces el radio sobre el cual la vibración es efectivamente visible. Se insertarán los vibradores de manera que las áreas vibradas se traslapen. No deben usarse vibradores para mover el concreto hidráulico. **Los vibradores se insertarán verticalmente y lentamente.** La vibración debe ser de duración e intensidad suficientes para consolidar completamente el concreto hidráulico sin causar segregación. No se debe realizar una vibración de duración larga en un punto que cause la formación de mortero en áreas localizadas. **No se debe vibrar el acero de refuerzo.**” (El destacado no es parte del original). Fuente: CR-2010.

Con base en lo anterior, es criterio del equipo auditor que se está utilizando una metodología incorrecta para el proceso de vibrado del concreto, que puede provocar un producto final con una densificación incorrecta. Además, la operación del dispositivo de manera horizontal impide garantizar que el acero no se está sometiendo a vibración. Así mismo se debe agregar que, la situación identificada fue una práctica constante durante el proceso constructivo tal y como se aprecia en la Figura 50,



Figura 50. Vibrado del concreto para sobrelosa del puente sobre el río Danta Est. 57+341. Fecha: 08 de junio del 2022



(a)



(b)

Lo evidenciado se remitió a la Unidad Ejecutora mediante el oficio EIC-Lanamme-512-2022 del 17 de junio del 2022, con el objetivo de evitar deterioros prematuros en la estructura, se recomendó implementar medidas correctivas para que se realicen las prácticas adecuadas durante la compactación del concreto. Ante esto, la Unidad Ejecutora remitió el oficio UE-DRA-RN32-009-2022-1099 (179) del 28 de junio del 2022, donde se indicó que el Contratista ya había adquirido un “Codal Vibratorio”; el cual según su criterio es el equipo adecuado para asegurar la colocación de concreto en sobrelosas asegurando la compactación y evitando aplicar vibración al acero que podría afectar la adherencia.

Durante la visita del 07 de febrero del 2023, el equipo auditor identificó que durante las labores de rehabilitación del puente viejo sobre el río Dos Novillos se realizó la colocación del sobre espesor en esa zona del puente. La condición evidenciada se remitió mediante el oficio EIC-Lanamme-162-2023, de fecha 30 de marzo del 2023.

Durante la estancia del equipo auditor en esa zona del proyecto, se identificó la utilización de vibradores de aguja para la colocación de esa capa de concreto, la cual contaba con aproximadamente 5 cm de espesor, no obstante, se evidenció que el dispositivo vibrador se utilizó de manera horizontal a lo largo de la sección de trabajo, tal y como se demuestra en la Figura 51.



Figura 51. Inserción de forma horizontal de dispositivo vibrador del concreto en colocación de concreto del puente sobre el río Dos Novillos



(a)



(b)

Por otro lado, se identificó que, durante las inserciones del vibrador, y contrario a la norma, el equipo se dejaba embebido en el concreto por el operador en lapsos superiores a los 20 segundos en un solo punto, , situación que favoreció la segregación del material generando la formación de “pasta” o mortero en zonas localizadas de la sección de trabajo, al respecto cabe destacar además, que en la zona afectada se identificó un aparente exceso de agua la cual estaba siendo retirada durante la nivelación o “codaleo” de la zona, tal y como se aprecia en la Figura 52.



Figura 52. Zonas del concreto con aparente exceso de agua por duración extensa del vibrado



Debido a lo mencionado anteriormente, en el oficio EIC-Lanamme-162-2023, además se recomienda a la Supervisión fortalecer las labores de inspección para asegurar que en el proyecto no se utilicen estas prácticas durante la colocación del concreto, en especial al considerar que esta condición puede favorecer una pérdida rápida de humedad y provocar los agrietamientos por contracción. A lo cual, la Unidad Ejecutora respondió mediante el oficio UE-RN32-INF-009-2023-006 que se le ha insistido de manera reiterada al contratista la necesidad de aplicar las mejores prácticas constructivas en lo que a colocación y compactación del concreto se refiere. Al respecto la nota CSRN32-0320-2023 procedió con la apertura de la No Conformidad NC-745 por el no uso de codal vibratorio en la colocación y compactación del concreto de la sobre losa del PSV K73+517.

Limpieza posterior de varillas

Durante la visita al proyecto del día 8 de junio de 2022, el equipo auditor evidenció la distribución del concreto para el inicio de la construcción del paño exterior de la sobrelosa, previo al inicio de la lluvia. Por lo cual, debido a estas condiciones climáticas, se tuvo que interrumpir la colocación del material. Sin embargo, contrario a los demás paños, el concreto



que había sido colocado estuvo expuesto a la lluvia, ya que no se colocó ningún tipo de protección, tal y como se evidencia en la Figura 53.

No obstante, al día siguiente se pudo confirmar que este concreto no fue removido previo al inicio del fraguado, ya que, tal y como se muestra en la Figura 54 se observó el material endurecido en la zona del paño exterior.

Figura 53. Concreto sin protección para sobrelosa del puente sobre el río Danta Est. 57+341.
Fecha: 08 de junio del 2022



Figura 54. Concreto endurecido sin protección para sobrelosa del puente sobre el río Danta Est. 57+341.
Fecha. 09 de junio del 2022



Lo mencionado anteriormente se remitió a la Unidad Ejecutora mediante el oficio EIC-Lanamme-512-2022 del 17 de junio del 2022, donde se indicó que la existencia de este material



endurecido favorece la formación de una junta fría sobre la superficie que se cubrirá con el concreto hidráulico fresco por colocar y puede afectar la adherencia con el acero colocado. Sobre este particular, se recomendó implementar medidas correctivas que no produzcan un detrimento en el desempeño del elemento, de manera que evite alguna afectación al estado del acero existente. Ante esto, la Unidad Ejecutora remitió el oficio UE-DRA-RN32-009-2022-1099 (179) del 28 de junio del 2022, donde se manifiesta que el Gestor le dio seguimiento al tema y el día 16 de junio del 2022 se verificó que el concreto había sido removido y se había limpiado el acero de refuerzo de manera adecuada. Por lo cual, la colocación del concreto en esta sección de sobrelosa fue completada de manera adecuada el 19 de junio del 2022.

Almacenamiento de acero de refuerzo

En la visita del 14 de marzo del 2023, también se visitaron las obras del puente sobre el río Hondo, donde se apreció el acero de refuerzo a utilizarse para el bastión del puente almacenado directamente sobre el terreno tal y como se muestra en la Figura 55.

Figura 55. Almacenamiento de acero directamente apoyado sobre el terreno.



(a)



(b)



(c)



(d)



Sobre este aspecto el CR-2010 en su versión vigente establece en la sección 554.04 Suministro y almacenamiento lo siguiente:

“El acero deberá almacenarse en forma ordenada por encima del nivel del terreno, sobre plataformas, largueros u otros soportes de material adecuado y deberá ser protegido contra daños y deterioro superficial, incluyendo los efectos de la intemperie y ambientes corrosivos.”

Por lo tanto, dado que se establece claramente que el acero debe estar colocado sobre elementos y no sobre el nivel de terreno, por medio del oficio EIC-Lanamme-373-2023 se recomendó a la Supervisión realizar una valoración de los elementos almacenados inadecuadamente con el objetivo de determinar si existe alguna afectación significativa por pérdida de sección o corrosión en las barras. A lo anterior la Unidad Ejecutora respondió por medio del oficio UE-RN32-INF-009-2023-006 del 09 de mayo del 2023, en el cual indicó que se realizará una valoración de los elementos almacenados inadecuadamente para verificar si existe alguna afectación significativa por pérdida de sección o corrosión en las barras. A la fecha de emisión de este informe no se tiene conocimiento de la valoración realizada por la Unidad Ejecutora, sin embargo, en visitas posteriores del equipo auditor se observó un mejor almacenamiento de los materiales.

Barreras semirrígidas

En cuanto a la instalación de barreras semirrígidas en el proyecto, el equipo auditor identificó algunas deficiencias que pueden perjudicar el funcionamiento de estos elementos como respuesta ante un choque. A la fecha de emisión de este informe la situación se ha atendido en algunos puntos; sin embargo, es importante resaltar que la condición estuvo presente durante un tiempo prolongado mientras el proyecto estaba en operación. La condición mencionada anteriormente se puede apreciar en el registro fotográfico de la Figura 56.



Figura 56. Condición de instalación de barreras semirrígidas. Est: 121+450 al 123+450. Fecha: 9 de mayo, 2023.



Transición de barrera rígida-semirrígida sin fijación adecuada



Deficiencias en el proceso de instalación del soporte



Barreras sin terminales finales adecuadas. Est. 127+040. Fecha: 10 de mayo, 2023

El correcto funcionamiento de las barreras semirrígidas corresponde a un aspecto importante en la seguridad de la ruta, la colisión con barreras sin terminales finales sin colocar o la transición incorrecta entre tipos de barrera puede provocar una desaceleración violenta o la penetración de la barrera en la cabina del conductor. Además, la incorrecta instalación de los postes de soporte puede provocar una respuesta de la barrera distinta a la contemplada en el diseño, modificando factores como el ancho de trabajo y el amortiguamiento de la barrera.

Es importante mencionar que lo identificado en la Figura 56, no corresponde a una condición puntual, sino que se observó en diferentes sectores del proyecto, sobre esto el equipo auditor comprende que corresponde a un proyecto en construcción; sin embargo, por esa misma condición se debe mostrar especial atención a la seguridad vial de los usuarios. Además, dado que el proyecto estuvo operando bajo estas condiciones, se considera que al tratarse de un asunto de seguridad de los usuarios la situación debería ser atendida con prioridad.

Esta situación se comunicó por medio del oficio EIC-Lanamme-373-2023 de fecha 17 de mayo de 2023., donde se recomendó realizar un levantamiento de aquellos sitios con deficiencias en la instalación de barreras con el fin de solicitar la instalación adecuada de las terminales y transiciones de barrera en dichas zonas. A lo anterior la Unidad Ejecutora respondió mediante el oficio UE-RN32-INF-009-2023-008 que se le ha indicado al Contratista las deficiencias



detectadas para su corrección y así garantizar el funcionamiento adecuado de estos elementos de seguridad.

Finalmente, de la emisión de este informe en versión preliminar, la Unidad Ejecutora respondió por medio del oficio UE32-DRA-01-2024-0233 (0397) del 21 de marzo de 2024 que se tiene la intención de establecer comunicación con la UNOPS para asegurar que los asuntos pendientes sean adecuadamente resueltos. Sin embargo, a la fecha de emisión de este informe, no se tiene conocimiento de que se hayan aplicado medidas correctivas para reducir estas prácticas constructivas inadecuadas en algunas de las sobre losas y barreras de protección.

10. CONCLUSIONES

SOBRE LA MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL

- Respecto al procedimiento del diseño estructural mostrado en la memoria de cálculo, este cumple en un 74 % con los requerimientos aplicables del proceso de diseño estructural de un puente de concreto que establece el Apéndice A5 de la norma AASHTO LRFD.
- La mayoría de las observaciones realizadas sobre la memoria de cálculo del puente sobre el río Chirripó se relacionan con la omisión parcial o completa de información en el documento, esencialmente en el proceso de diseño de las vigas principales, lo que dificulta la revisión del documento por parte de un revisor externo.
- Se detectaron algunos casos donde se aplicó la normativa de forma incompleta o incorrecta, principalmente en lo relacionado con los estados límites de diseño, la aplicación de modificadores de carga y el diseño de elementos importantes como las vigas diafragma.
- En los documentos contractuales no se especifican los requerimientos mínimos con los que debe cumplir la documentación de diseño estructural de las estructuras mayores del proyecto.
- Las observaciones indicadas evidencian la ausencia de un sistema de control y aseguramiento de la calidad, tanto por parte del diseñador -para garantizar la calidad del contenido de las memorias de cálculo-, como de la Administración -para la aprobación de dichas memorias-.

SOBRE LOS APOYOS ELASTOMÉRICOS

- Los ensayos realizados para el control de calidad de los apoyos elastoméricos utilizados en los puentes peatonales y pasos vehiculares presentan una serie de no conformidades en relación de los requisitos de ensayo para las pruebas de Creep y Shear Bond, ligadas principalmente a la capacidad del equipo de prueba y las dimensiones de probetas.
- La normativa utilizada por el laboratorio de control del fabricante de los apoyos elastoméricos no corresponde a la versión vigente de la norma AASHTO M251.



- El informe O-10-137-2022 emitido para los apoyos fabricados a nivel nacional no contiene detalles sobre las velocidades de aplicación de deformación en los diferentes ciclos de carga.
- El informe O-10-137-2022 tampoco incluye las características físicas de los especímenes con insertos, siendo esta información necesaria para conocer las condiciones en las que fue evaluado el material.
- La aplicabilidad del método alternativo para los apoyos de los pasos superiores vehiculares e intercambios no pudo ser confirmada, ya que las memorias de cálculo de estas estructuras no proporcionan información clara sobre, qué método se utilizó para diseñar los apoyos (sea Método A o Método B).
- Se identificaron incumplimientos en el requisito de módulo de cortante en los apoyos con consecutivos del 1 al 10, sin embargo, la inspección del proyecto verificó que estos no se utilizaran en puentes peatonales con luces mayores a 16 metros.
- Se identificaron inconsistencias entre los requisitos para los apoyos elastoméricos incluidos en planos y los requisitos establecidos por la norma AASHTO M251-06 especificada en el CR-2010.
- Se identificaron algunos apoyos que no cumplieron con el requisito de elongación mínima de 450% de acuerdo con el método A.
- No se identificaron resultados de las pruebas de resistencia al calor y deformación remanente por compresión, según se requiere por el método alternativo del Apéndice X1 de la norma.

SOBRE LA CALIDAD DEL CONCRETO

- Se evidenció un 17% (laboratorio de verificación) y un 38% (LanammeUCR) de datos de asentamiento de concreto por encima del límite especificado por el CR-2010.
- Los valores de temperatura de las muestras de concreto analizadas se mantienen dentro de los límites establecidos en el CR-2010.
- Los resultados de resistencia de las muestras de concreto analizadas cumplen la resistencia a la compresión mínima requerida a los 28 días, para los diferentes diseños de concreto.

SOBRE LA CALIDAD DEL ACERO

- A partir de la realización de los muestreos de acero, se determinó que las muestras de barras de acero de distintas designaciones obtenidas por el LanammeUCR satisfacen los requisitos que se establecen en la norma ASTM A706.

SOBRE LAS ESCOLLERAS

- Se identificaron arreglos irregulares de rocas en las escolleras de los puentes sobre los ríos Toro, Escondido y Cuba, lo que puede favorecer el arrastre de material y la socavación de ese elemento.



- Se identificó socavación al pie de las escolleras de los puentes sobre los ríos Dos Novillos y Guacimito.

SOBRE LAS CÁRCAVAS EN RELLENOS DE ESTRUCTURAS MAYORES

- Existen rellenos en estructuras mayores del proyecto que evidencian signos de erosión y presencia de formación de cárcavas, ante la ausencia de medidas de protección como lo indica el CR-2010.

SOBRE LOS DETERIOROS EN LAS LOSAS DE APROXIMACIÓN

- Se evidenció agrietamiento a lo largo de toda la losa del puente sobre el río Guácimo. Es criterio del equipo auditor que dicha situación, se debe a la falta de colocación de una junta de expansión intermedia en el punto de agrietamiento, por lo cual, se espera que se coloque la junta de expansión.
- Se evidenciaron deflexiones considerables en la losa de aproximación al bastión 2 del puente construido sobre quebrada Calderón, las cuales presentaron un deterioro desde la primera vez que se identificó la situación.

SOBRE LAS PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS

- Se observó una metodología incorrecta para el proceso de vibrado durante la colocación de los paños de concreto de la sobrelosa, pues se utilizó de manera horizontal a lo largo de la sección trabajo. Además, contrario a la norma en algunas ocasiones el equipo se dejaba embebido en el concreto en lapsos superiores a los 20 segundos.
- Se identificó la existencia de acero expuesto, tanto longitudinal como transversal, durante la rehabilitación del puente sobre el río Destierro; no obstante, en el plano no se presenta ninguna instrucción sobre el tratamiento que se realizará en esa zona respecto al acero existente.

11. RECOMENDACIONES

SOBRE LA MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL

- Se recomienda a la Administración para futuros proyectos establecer un procedimiento ágil para la revisión de la documentación de diseño de estructuras mayores con base en la normativa estructural de referencia.
- Se recomienda a la Administración para futuros proyectos especificar en los documentos contractuales, la entrega por parte del contratista del plan de control y aseguramiento de la calidad implementado en la realización de las memorias.

SOBRE LOS APOYOS ELASTOMÉRICOS

- Si se desea aprobar los apoyos elastoméricos por el método alternativo del apéndice X1, se recomienda a la Administración solicitar al Contratista ejecutar los ensayos de



resistencia al calor y deformación remanente por compresión según lo establece la norma AASHTO M251.

- Se recomienda a la Administración para futuros proyectos evitar la aprobación de planos de diseño con discrepancias entre los requisitos establecidos en esos documentos y la normativa de referencia.

SOBRE LA CALIDAD DEL CONCRETO

- Se recomienda a la Administración establecer para futuros proyectos mecanismos para reducir la variabilidad del asentamiento del concreto y garantizar que este parámetro se encuentra 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 a la Administración establecer para futuros proyectos una frecuencia de revisión de las propiedades mecánicas y físicas de los lotes de acero que se utilizan en el proyecto, así como de los procedimientos de limpieza y protección del acero para evitar la corrosión.

SOBRE LAS ESCOLLERAS

- Se recomienda a la Administración que para estas estructuras se ejecute un monitoreo continuo del comportamiento de las escolleras mencionadas en este documento con el fin de determinar si se generan efectos posteriores relacionados con la erosión tanto de la ladera de los ríos como de la propia estructura construida.

SOBRE LAS CÁRCAVAS EN RELLENOS DE ESTRUCTURAS MAYORES

- Se recomienda a la Administración realizar una inspección en el proyecto para identificar sitios en rellenos que presenten signos de susceptibilidad ante la erosión o presencia de cárcavas.
- Se recomienda a la Administración solicitar al Contratista la ejecución de medidas de protección en las zonas destacadas en este documento.

SOBRE LOS DETERIOROS EN LA LOSA DE APROXIMACIÓN

- Se recomienda a la Administración solicitar al Contratista el plan para subsanar los deterioros prematuros presentes en la losa de aproximación al bastión 2 del puente construido sobre la quebrada Calderón.

SOBRE LAS PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS

- Se recomienda a la Administración verificar que, la Supervisión fortalezca las labores de inspección para asegurar que en el proyecto no se utilicen prácticas inadecuadas durante la colocación del concreto, para evitar una pérdida rápida de humedad y provocar los agrietamientos por contracción
- Se recomienda a la Administración valorar la implementación de medidas que permitan garantizar el recubrimiento del acero y reducir la posibilidad de exposición ante agentes



- externos como el oxígeno o la humedad que puedan potenciar la corrosión de las barras de refuerzo de las juntas de expansión.
- Se recomienda a la Administración realizar un levantamiento de aquellos sitios con deficiencias en la instalación de barreras, con el fin de solicitar la instalación adecuada de las terminales y transiciones de barrera en dichas zonas.



12. REFERENCIAS

- AASHTO. (2014). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications*. Washington: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- AASHTO. (2020). *Standard Specification for Plain and Laminated Elastomeric Bridge Bearings*. Washington: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- ACI. (2007). *Compactación del Concreto ACI-309R-05*. U.S.A.: American Concrete Institute.
- ACI. (2010). *Manual Técnico Publicación CP-1S*. Farmington Hills: American Concrete Institute.
- ACI. (2019). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318-19)*. Farmington Hills, U.S.A.: American Concrete Institute.
- ASTM. (2018). *ASTM D395 Standard Test Methods for Rubber Property—Compression Set*. ASTM International.
- ASTM. (2019). *ASTM D573-04 Standard Test Method for Rubber—Deterioration in an Air Oven*. ASTM International.
- ASTM. (2023). *ASTM A706 Standard Specification for Deformed and Plain Low-Alloy Steel Bars for Concrete Reinforcement*. ASTM International.
- ASTM. (2023). *ASTM D4014-23 Standard Specification for Plain and Steel-Laminated Elastomeric Bearings for Bridges*. ASTM International.
- CFIA. (2013). *Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes*. San José: Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica.
- Federal Highway Administration. (2009). *Bridge Scour and Stream Instability Countermeasures: Experience, Selection, and Design Guidance-Third Edition*. National Highway Institute.
- LanammeUCR. (2022). *EIC-Lanamme-INF-0580-2022 Revisión de la memoria de cálculo del diseño sismorresistente del nuevo puente sobre el río Chirripó, Ruta Nacional N.º 32*. San José: Programa de Ingeniería Estructural.
- LanammeUCR. (2023). *EIC-Lanamme-INF-0556-2023 Inspección N.º 3 de la construcción de puentes del proyecto de Diseño, Rehabilitación y Ampliación de la Ruta Nacional N.º 32*. San José: Programa de Ingeniería Estructural.
- LanammeUCR. (2023). *EIC-Lanamme-INF-1135-2023 Inspección N.º 4 de la construcción de puentes del proyecto de Diseño, Rehabilitación y Ampliación de la Ruta Nacional N.º 32*. San José: Programa de Ingeniería Estructural.
- LanammeUCR. (2023). *Informe de criterio técnico USVT-INF-CT-11-2023 Evaluación de sistemas de contención vehicular instalados en el proyecto de Diseño, Rehabilitación y Ampliación de la Ruta Nacional N.º 32, Carretera Braulio Carrillo, Sección Intersección Ruta Nacional N.º 4*. San José: Programa de Infraestructura del Transporte.



MOPT. (2010). *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010*. San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

Valverde González, G. (2011). *Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras*. Universidad de Costa Rica, Vicerrectoría de Investigación.



EQUIPO AUDITOR		
Preparado por: Ing. Francisco Fonseca Chaves Auditor Técnico	Revisado por: Ing. Victor Cervantes Calvo Auditor Técnico	Revisado por: Ing. Sergio Guerrero Aguilera Auditor Técnico
Revisión Legal: Lic. Giovanni Sancho Sanz Coordinador Unidad de Asesoría Legal LanammeUCR	Revisado y aprobado por: Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc. Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica	Aprobado por: Ing. Rolando Castillo Barahona, PhD. Director General LanammeUCR



13. ANEXO A

En el siguiente enlace se adjuntó los documentos

- Oficio UE32-DRA-01-2024-0233(0397), descargo al Informe preliminar EIC-Lanamme-INF-0227-2024
- Análisis del descargo al informe en versión preliminar EIC-Lanamme-INF-0227-2024, elaborado por la Unidad de Auditoría Técnica

<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/cloud/index.php/s/7h9kugqbUJnHpPd>