



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR)

Informe final: EIC-Lanamme-INF-0690-2024

AUDITORÍA DE LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES Y DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL DRENAJE PLUVIAL DE LAS RUTAS NACIONALES NO. 119 Y 123 LICITACIÓN PÚBLICA 2021-LN-00002-0006000001.



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
Julio, 2024





8. Valoración de resultados		
Hallazgos: Desde el orden legal asociado a un hecho de índole contractual.		Prioridad de atención
Hallazgo 1: El contenido del plan de manejo de tránsito y su aplicación presenta oportunidades de mejora		
Hallazgo 2: El concreto colocado cumple con la resistencia a compresión esperada.		
Hallazgo 3: Se identificaron deficiencias en la construcción de la estructura de desfogue del estacionamiento 0+227		
Hallazgo 4: Se identificaron oportunidades de mejora en la construcción del sistema pluvial.		
Hallazgo 5: Se identificaron deterioros prematuros en el cordón de caño.		
Hallazgo 6: Se identificaron incumplimientos con las especificaciones del proyecto en la construcción de base estabilizada con cemento.		
Hallazgo 7: Se identificaron prácticas constructivas de base estabilizada con cemento que incumplen con las especificaciones del proyecto.		
Hallazgo 8: Se identificaron incumplimientos con las especificaciones del proyecto en parámetros volumétricos de algunos lotes de la MAC colocada		
Observaciones: Desde el orden legal asociado a un hecho de índole no contractual pero que obedece a buenas prácticas de ingeniería		Prioridad de atención
Observación 1: Se modificó el límite máximo de resistencia de base estabilizada con cemento establecido por el CR-2010.		
Observación 2: El plan de mitigación de altas resistencias no fue ejecutado de acuerdo con las buenas prácticas de la ingeniería de carreteras.		
9. Palabras clave Calidad de materiales, base estabilizada, concreto, mezcla asfáltica, procesos constructivos, seguridad vial.	10. Nivel de seguridad Ninguno	11. Núm. de páginas 60



INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

Auditoría de la gestión de la calidad de los materiales y el proceso constructivo en el proyecto Mejoramiento del drenaje pluvial de las Rutas Nacionales No. 119 y 123 Licitación Pública 2021-LN-00002-0006000001

Departamento encargado del proyecto: Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, CONAVI

Supervisora del proyecto: Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, CONAVI

Laboratorio de verificación de calidad:

LGC Ingeniería de pavimentos S.A

Empresa contratista: Grupo Pedregal S.A. y COPISA Constructora Pirenaica, S.A.

Laboratorio de control de calidad: O.J.M. Consultores de Calidad y Laboratorios S.A.

Monto original del contrato: ₡1.542.371.383,29.

Monto final del contrato: ₡1.892.480.864,95. (hasta orden de modificación 5).

Plazo original de ejecución: 180 días (dato indicado en el contrato original).

Plazo de ejecución con prórrogas: 198 días (hasta orden de servicio 20).

Orden de inicio: 8 de mayo de 2023.

Director general LanammeUCR:

Ing. Rolando Castillo Barahona, PhD.

Coordinadora de auditoría técnica:

Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.

Audidores:

Ing. Luis Paulino Rodríguez Solano (Auditor Líder)

Ing. Sergio Guerrero Aguilera (Auditor adjunto)

Expertos técnicos

Ing. Esteban Oconitrillo Varela.

Asesores legales:

Licda. Nidia María Segura Jiménez

Lic. Giovanni Sancho Sanz.

Alcance del informe:

El alcance de esta Auditoría Técnica consiste en evaluar la calidad de los materiales utilizados y colocados en el proyecto, así como las prácticas y los procedimientos constructivos en el mismo, entre los meses de mayo 2023 a abril 2024.



TABLA DE CONTENIDO

1. FUNDAMENTACIÓN 8

2. OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS 8

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE AUDITORÍA TÉCNICA 9

4. ALCANCE DEL INFORME 9

5. ANTECEDENTES 10

6. METODOLOGÍA 10

7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 13

8. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSIÓN PRELIMINAR EIC-LANAMME-INF-0690-2024 14

9. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA 15

 SOBRE LA SEGURIDAD VIAL EN EL PROYECTO 16

 Hallazgo 1: El contenido del plan de manejo de tránsito y su aplicación presenta oportunidades de mejora 16

 SOBRE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES Y PROCESO CONSTRUCTIVO 19

 Hallazgo 2: El concreto colocado cumple con la resistencia a compresión esperada 19

 Hallazgo 3: Se identificaron deficiencias en la construcción de la estructura de desfogue del estacionamiento 0+227 22

 Hallazgo 4: Se identificaron oportunidades de mejora en la construcción del sistema pluvial 28

 Hallazgo 5: Se identificaron deterioros prematuros en el cordón de caño 36

 Observación 1: Se modificó el límite máximo de resistencia de base estabilizada con cemento establecido por el CR-2010 37

 Hallazgo 6: Se identificaron incumplimientos de resistencia a la compresión con las especificaciones del proyecto en los ensayos de base estabilizada con cemento realizados por LanammeUCR 39

 Hallazgo 7: Se identificaron prácticas constructivas de base estabilizada con cemento que incumplen con las especificaciones del proyecto 40

 Observación 2: El plan de mitigación de altas resistencias no fue ejecutado de acuerdo con las buenas prácticas de la ingeniería de carreteras 44

 Hallazgo 8: Se identificaron incumplimientos con las especificaciones del proyecto en parámetros volumétricos de algunos lotes de la mezcla asfáltica en caliente colocada 46

10. CONCLUSIONES 53

11. RECOMENDACIONES 56

12. REFERENCIAS 57

13. ANEXOS 59



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de correspondencia enviada y recibida del proyecto	11
Tabla 2. Giras técnicas realizadas al proyecto en el periodo de estudio	12
Tabla 3. Participantes audiencia del informe preliminar EIC-Lanamme-INF-0458-2023 ...	14
Tabla 4. Resumen de ensayos de concreto realizados por LanammeUCR	19
Tabla 5. Resultados de ensayos de compresión de pastillas para base estabilizada con cemento realizados por LanammeUCR.....	39
Tabla 6. Ensayos de vacíos de aire en núcleos extraídos por LanammeUCR	46
Tabla 7. Espesores en núcleos de MAC LanammeUCR.	47
Tabla 8. Muestras de MAC de LanammeUCR.....	47
Tabla 9. Resultados de ensayos de volumetría realizados por LanammeUCR.....	47
Tabla 10. Muestras de MAC tomadas por el laboratorio de verificación.....	48
Tabla 11. Resultados de ensayos de MAC realizados por el laboratorio de verificación...	48
Tabla 12. Resultados de granulometría realizados por el laboratorio de verificación.....	49



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Extensión de las tres etapas del proyecto13

Figura 2. Rutas alternas en tramos por intervenir.....17

Figura 3. Colocación aislada de barreras de contención. Fecha: 9 de agosto de 202318

Figura 4. Uso de barreras aisladas en punto de desfogue. Fecha: 4 de octubre de 2023 18

Figura 5. Resistencias de concreto en ensayos realizados por LanammeUCR20

Figura 6. Asentamiento de concreto en ensayos realizados por LanammeUCR20

Figura 7. Resultados de resistencia a compresión de concreto de muestras del laboratorio de verificación21

Figura 8. Resultados de asentamiento de concreto de muestras del laboratorio de verificación.....21

Figura 9. Sectores no preparados sobre los cuales se realizó la descarga del concreto. Fecha: 9 de noviembre de 2023.22

Figura 10. Manipulación de varillas de refuerzo. Fecha: 9 de noviembre de 2023.23

Figura 11. Ausencia de gancho estándar en acero de refuerzo. Fecha: 9 de noviembre de 2023.....24

Figura 12. Discontinuidad en la colocación de acero de refuerzo. Fecha: 9 de noviembre de 2023.....24

Figura 13. Distribución del concreto con palas. Fecha: 9 de noviembre de 2023.25

Figura 14. Colocación de concreto contaminado. Fecha: 9 de noviembre de 2023.....26

Figura 15. Residuos de concreto premezclado en talud de la quebrada. Fecha: 9 de noviembre de 2023.27

Figura 16. Escombros en sitio de desfogue. Fecha: 7 de diciembre de 2023.27

Figura 17. Colocación de concreto en pozo pluvial 158. Fecha: 5 de julio de 2023.....29

Figura 18. Colocación de concreto en pozo pluvial 161. Fecha: 5 de julio de 2023.....30

Figura 19. Colocación de concreto en pozo pluvial 158. Fecha: 28 de junio de 2023.....30

Figura 20. Acero horizontal sin continuidad. Fecha: 28 de julio de 2023.31

Figura 21. Acero horizontal continuo que abarca totalidad de la tubería. Fecha: 12 de enero de 2024.....32

Figura 22. Conexión en pozo pluvial 9. Fecha: 9 de agosto de 2023.....32

Figura 23. Resane de paredes internas en pozo pluvial 156. Fecha: 4 de octubre de 2023.34

Figura 24. Hormigueros identificados en tragantes. Fotografías del 30 de enero 2024.35

Figura 25. Hormigueros identificados en pozo pluvial 106. Fotografía del 30 de enero 2024.....35

Figura 26. Agrietamiento en cordón de caño. Fecha: 30 de enero de 2024.....36

Figura 27. Resistencia de muestras de BE-25 ensayadas por LanammeUCR.39

Figura 28. Resistencia de muestras de BE-25 ensayadas por laboratorio de verificación 40

Figura 29. Resultados de compactación laboratorio de autocontrol. Fotografía del 9 de noviembre de 2023.41

Figura 30. Medición de compactación laboratorio de verificación. Fotografía del 16 de febrero de 2024.43

Figura 31. Medición de compactación laboratorio de autocontrol. Fotografía del 16 de febrero de 2024.44

Figura 32. Representación gráfica granulometría, contenido de asfalto y vacíos.50

Figura 33. Representación gráfica de resultados de VMA, VFA y P/A.....51

Figura 34. Representación gráfica resultados de estabilidad y flujo Marshall52



INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA.

Auditoría de la gestión de la calidad de los materiales y el proceso constructivo en el proyecto Mejoramiento del drenaje pluvial de las Rutas Nacionales No. 119 y 123 Licitación Pública 2021-LN-00002-0006000001.

1. FUNDAMENTACIÓN

La Auditoría Técnica externa a proyectos en ejecución para el sector vial en todo el territorio nacional, se realiza de conformidad con las disposiciones del artículo 6 de la ley N°8114 Ley de Simplificación y Eficiencia Tributarias y su reforma mediante la Ley N°8603, dentro del Programa de Fiscalización de la Calidad de la Red Vial del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR) de la Universidad de Costa Rica (UCR). Asimismo, el proceso de Auditoría Técnica se fundamenta en el pronunciamiento C-087-2002 del 4 de abril del 2002, de la Procuraduría General de la República, que indica:

“...la fiscalización que realiza la Universidad a través del Laboratorio es una fiscalización externa, que trasciende los contratos de mérito, y por ende, obras específicas, para abarcar la totalidad de la red nacional pavimentada (por ende, proyectos ya finiquitados) y que incluso podría considerarse “superior”, en el sentido en que debe fiscalizar también los laboratorios que realizan análisis de calidad, auditar proyectos en ejecución, entre otros aspectos, evaluar la capacidad estructural y determinar los problemas de vulnerabilidad y riesgos de esa red. Lo cual implica una fiscalización a quienes podrían estar fiscalizando proyectos concretos.”

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.

En este informe en particular se evaluó la seguridad vial del proyecto, construcción de obras pluviales, gestión de la calidad del concreto, mezcla asfáltica y base estabilizada, además de las prácticas y los procedimientos constructivos del proyecto comprendido en el contrato de: “Mejoramiento del drenaje pluvial de las Rutas Nacionales No. 119 y 123 Licitación Pública 2021-LN-00002-0006000001”, con el fin de fiscalizar la eficiencia en la gestión y ejecución del proyecto, así como el control de los riesgos potenciales de atraso en los plazos de conclusión, gastos adicionales por aspectos previsibles, desempeño y durabilidad requerida por las obras de acuerdo con las especificaciones establecidas para el proyecto, así como las mejores prácticas de la ingeniería de carreteras.



3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE AUDITORÍA TÉCNICA

- Evaluar aspectos de seguridad vial y control de tránsito durante el desarrollo del proceso constructivo del proyecto.
- Evaluar el cumplimiento de las especificaciones de los materiales a partir de muestreos puntuales realizados, de conformidad a la normativa vigente en el Cartel de Licitación del proyecto y las buenas prácticas de la ingeniería.
- Evaluar y analizar los resultados de ensayos de calidad del proyecto de conformidad con la normativa vigente en el Cartel de Licitación del proyecto y las buenas prácticas de la ingeniería.
- Evaluar los procedimientos y prácticas constructivas en el desarrollo y construcción del proyecto.

4. ALCANCE DEL INFORME

El alcance del estudio que desarrolla esta Unidad de Auditoría Técnica (UAT) consistió en recopilar todos los hallazgos y observaciones que se evidenciaron durante el periodo de ejecución del proceso de la auditoría relacionadas con seguridad vial, procedimientos constructivos y la evaluación de gestión de la calidad de los materiales.

Este informe incluye la evaluación de colocación de materiales tales como concreto, base estabilizada con cemento (BE-25) y mezcla asfáltica en caliente (MAC). Durante el proceso constructivo se evaluó el plan de manejo de tránsito y su aplicación al proyecto. El informe incluye la evaluación de calidad de materiales a través de muestreos realizados por LanammeUCR y los laboratorios de verificación. Además, se evaluó en esta auditoría las prácticas constructivas implementadas por el contratista. El periodo de ejecución de esta auditoría técnica es el comprendido entre los meses de mayo 2023 y abril 2024, durante la fase constructiva del tramo del proyecto sobre la ruta nacional 123.

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



5. ANTECEDENTES

El proyecto auditado corresponde al “Mejoramiento del drenaje pluvial de las Rutas Nacionales No. 119 y 123 Licitación Pública 2021-LN-00002-0006000001” el cual estuvo a cargo de la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes del Consejo Nacional de Vialidad (Conavi). La estructura construida se ubica en la provincia de Heredia, cantón de Flores, distrito San Joaquín. Se incluye la instalación de tuberías, cajas de registro, pozos, estructura de pavimentos, demarcación, entre otros.

Para este proyecto se facultó oficialmente al Conavi a formalizar el contrato con la empresa Grupo Pedregal S.A. y COPISA Constructora Pirenaica, S.A., como el consorcio designado para la ejecución de las obras. La orden de inicio se estableció para el 8 de mayo de 2023 (orden de servicio uno).

6. METODOLOGÍA

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

El inicio de la ejecución de la auditoría se comunicó a la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes de Conavi por medio del oficio EIC-Lanamme-351-2023 el 8 de mayo de 2023, donde se convocó a las partes involucradas a una reunión que se efectuó el 29 de mayo de 2023. En esta 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 posteriormente fueron desarrolladas por el equipo auditor consistieron en visitar los diversos frentes de trabajo, hacer una revisión de los documentos contractuales y de diseño del proyecto, programar muestreos de los materiales y analizar los resultados de los ensayos desarrollados a lo largo de la ejecución del proyecto, para una corroboración (con los requisitos contractuales) de la calidad de los materiales y de las prácticas constructivas.

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 el desarrollo de este proceso se emitieron varios oficios y notas informe, en los cuales se trataron temas contenidos en este informe y cuyo fin era evidenciar situaciones relevantes identificadas por el equipo auditor durante la etapa de ejecución de la auditoría, e informarlos oportunamente previo a la emisión de este informe final.

El resumen de oficios y notas informe enviados a la Administración durante el proceso de auditoría se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. Resumen de correspondencia enviada y recibida del proyecto

Oficio enviado por LanammeUCR	Fecha	Asunto	Respuesta Conavi
EIC-Lanamme-0351-2023	8/5/2023	Inicio de Auditoría y solicitud de acceso a información	GCTI-05-23-0447 GCTI-05-23-0495
EIC-Lanamme-0452-2023	7/6/2023	Uniones de tuberías	GCTI-05-23-0623
EIC-Lanamme-0484-2023	13/6/2023	Observaciones gira	GCTI-05-23-0639
EIC-Lanamme-0505-2023	15/6/2023	Solicitud de muestra de tubería	GCTI-18-23-0673
EIC-Lanamme-0508-2023	15/6/2023	Revisión USVT al PMT	GCTI-18-23-0756
EIC-Lanamme-0563-2023	5/7/2023	Observaciones gira	GCTI-05-23-0775
EIC-Lanamme-0636-2023	28/7/2023	Colocación de tubería y construcción de pozos pluviales	GCTI-18-23-0882
EIC-Lanamme-0638-2023	28/7/2023	Diseño BE-25	GCTI-18-23-0883
EIC-Lanamme-0681-2023	31/7/2023	Resultados de laboratorio	GCTI-18-23-0885
EIC-Lanamme-0702-2023	3/8/2023	Diseño MAC	GCTI-18-23-0884
EIC-Lanamme-0718-2023	9/8/2023	Colocación de tubería y construcción de pozos pluviales y seguridad vial	GCTI-18-23-0954
EIC-Lanamme-0746-2023	21/8/2023	Colocación de tubería y construcción de pozos pluviales y seguridad vial	GCTI-18-23-1011
EIC-Lanamme-0768-2023	22/8/2023	Resultados de laboratorio	GCTI-05-23-0961
EIC-Lanamme-0968-2023	10/10/2023	Colocación de tubería y construcción de pozos pluviales y seguridad vial	GCTR-05-23-1415
EIC-Lanamme-1047-2023	31/10/2023	Ensayos de calidad de materiales	GCTR-18-2023-1543
EIC-Lanamme-1115-2023	20/11/2023	Tramo de prueba BE-25, y construcción de estructura de desfogue	GCTR-18-2023-1801
EIC-Lanamme-1253-2023	8/12/2023	Colocación BE-25, protocolo microfisurado, certificados de calidad.	GCTR-18-2023-2145
EIC-Lanamme-1296-2023	15/12/2023	Colocación de concreto	GCTR-18-2024-0014
EIC-Lanamme-1306-2023	15/12/2023	Solicitud de muestreo en planta	GCTR-18-2024-0015
EIC-Lanamme-0002-2024	4/1/2024	Resultados de laboratorio	
EIC-Lanamme-0005-2024	4/1/2024	Órdenes de modificación	GCTR-18-2024-0166
EIC-Lanamme-0047-2024	17/1/2024	Resultados de laboratorio	
EIC-Lanamme-0117-2024	5/2/2024	Acabado de concreto	GCTR-18-2024-0455
EIC-Lanamme-0178-2024	26/2/2024	Colocación de BE-25	GCTR-18-2024-0658
EIC-Lanamme-0243-2024	7/3/2024	Resultados laboratorio	
EIC-Lanamme-0245-2024	8/3/2024	Deterioro puntual MAC	GCTR-18-2024-0679
EIC-Lanamme-0416-2024	24/4/2024	Resultados MAC	GCTR-18-2024-1211
EIC-Lanamme-0510-2024	17/5/2024	Remisión informe preliminar	GCTR-18-2024-1552

Nota: (-) Sin respuesta requerida

En general, se trataron los siguientes temas mediante la correspondencia descrita en la tabla anterior:

- Solicitudes de información básica del proyecto incluyendo diseño de materiales.
- Solicitudes de envío periódico de información sobre órdenes de servicio, órdenes de modificación, informes mensuales de la supervisión, estimaciones de pago, programa de trabajo, informes de control y verificación de la calidad y avance físico y financiero.

- Revisión de la gestión de calidad de materiales y remisión de informes de laboratorio de LanammeUCR.
- Observaciones sobre prácticas y procesos constructivos.
- Observaciones de seguridad vial, canalización del tránsito y usuarios vulnerables.

En cada nota informe emitida, se brindó un periodo de 10 días hábiles, para que la Administración, en caso de ser requerido, se refiriera al contenido de esta. Una vez analizadas las respuestas de la Administración, se procedió a emitir la correspondiente réplica de ser requerida y finalmente a la confección de este informe. A continuación, se presenta una tabla que resume las giras técnicas realizadas durante el proceso de auditoría.

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

Mes y Año	Cantidad	Días de visita
Junio 2023	2	7 y 28
Julio 2023	3	5, 14 y 26
Agosto 2023	3	3, 9 y 22
Septiembre 2023	3	6, 21 y 28
Octubre 2023	3	4, 18 y 26
Noviembre 2023	4	2, 10, 14 y 29
Diciembre 2023	2	7 y 18
Enero 2024	4	12, 17, 24 y 30
Febrero 2024	3	7, 16 y 28
Marzo 2024	2	6 y 13
Abril 2024	1	9

Nota: Tomado del archivo de la Unidad de Auditoría Técnica

En relación con los criterios utilizados en la ejecución del estudio, estos tienen como referencia la normativa técnica especificada en los siguientes documentos, así como las buenas prácticas de la ingeniería de carreteras.

- El cartel de licitación, incluyendo las Especificaciones Especiales, sus aclaraciones y enmiendas.
- La oferta adjudicataria.
- Ley de Contratación Administrativa (Ley No. 7494 del 02 de mayo de 1995), su respectivo Reglamento (Decreto Ejecutivo número 33411-H del 27 de setiembre del 2006) y sus reformas.
- Los contratos y sus respectivos documentos.
- Los planos constructivos y disposiciones contractuales.
- Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos Carreteras y Puentes (CR-2010) y su actualización.
- Manual centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito (SIECA).
- Especificaciones de la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA).
- Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras, Universidad de Costa Rica. Valverde G. (2011).



7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

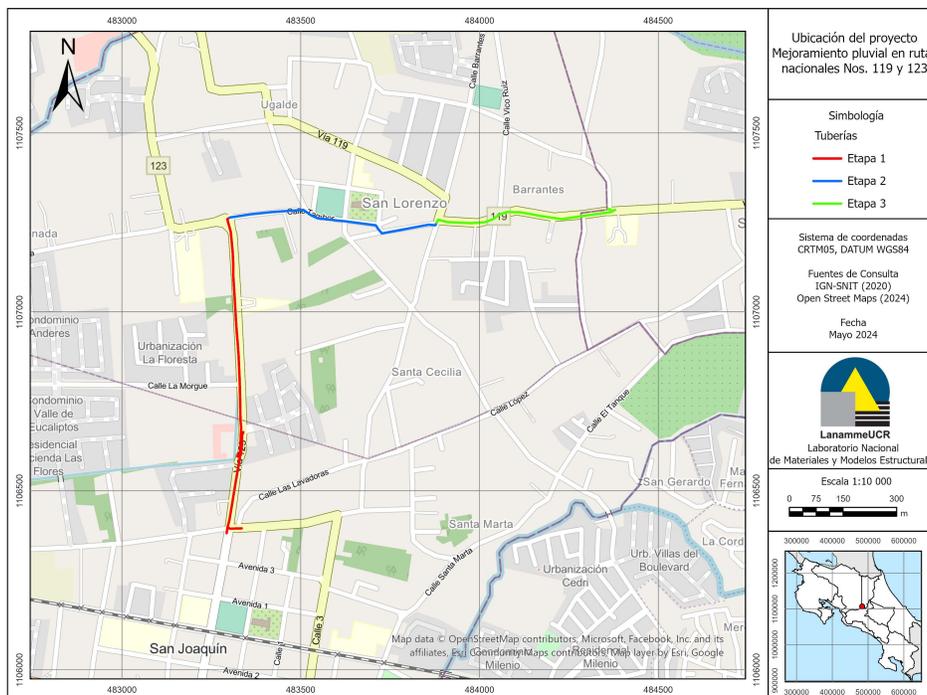
El proyecto consistió en la construcción de un sistema de alcantarillado pluvial que recoge las aguas pluviales de las rutas nacionales N°119 y N°123. El sistema pluvial construido recolecta las aguas a ambos lados de la vía a través de estructuras pozo-tragante y desfoga en una quebrada natural sobre la ruta nacional N°123.

El proyecto se divide en tres etapas y tiene una extensión aproximada de 2,1 km (ver Figura 1). Este informe contiene los hallazgos de la etapa 1 (tramo sobre la ruta nacional 123). La etapa 2 tiene una extensión aproximada de 600 m y su ejecución fue asignada a la Municipalidad de San Joaquín de Flores. La etapa 3 se encuentra en calle Tambor, y permite la conexión entre las rutas nacionales N°119 y N°123.

El alcance de esta licitación contempla las siguientes obras de infraestructura vial:

- Construcción de nuevo sistema pluvial (pozos, tragantes y tuberías).
- Reconstrucción del pavimento existente.
- Construcción de aceras y accesos.
- Demarcación vial.

Figura 1. Extensión de las tres etapas del proyecto



Fuentes de consulta: IGN-SNIT, 2020 y OpenStreetMap, 2024



8. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSIÓN PRELIMINAR EIC-LANAMME-INF-0690B-2024

Como parte de los procedimientos de Auditoría Técnica, mediante el oficio EIC-Lanamme-0510-2024 del 17 de mayo de 2024, se envió el presente informe en versión preliminar, identificado como EIC-Lanamme-INF-0690B-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, es decir con plazo al 7 de junio del 2024.

El miércoles 30 de mayo de 2024, a las 14:00, se realizó con el auditado la presentación oral de los resultados del informe preliminar por medio de una plataforma virtual con el fin de comentar aspectos relacionados con su contenido. En esta actividad participaron las personas que se enlistan en la Tabla 3.

Tabla 3. Participantes audiencia del informe preliminar EIC-Lanamme-INF-0458-2023

Participante	Institución
Pablo Josué Camacho Salazar	Conavi
Christopher Calderón Mora	Conavi
Maureen Quirós	Conavi
Billy Alexander Guerra	Conavi
Annette Marín	Conavi
Joshimar Tejeda Valverde	Conavi
Amed Aldi	LGC Ingeniería
Valerie Quesada	LGC Ingeniería
Wendy Sequeira Rojas	Coord. Unidad de Auditoría Técnica LanammeUCR
Sergio Guerrero Aguilera	Auditor técnico LanammeUCR
Luis Paulino Rodríguez	Auditor técnico LanammeUCR

El día 7 de junio de 2024, se recibió el oficio GCTR-18-2024-1552 (1201) suscrito por el Ing. Christopher Calderón Mora, como descargo al informe en versión preliminar EIC-Lanamme-INF-0690-2024.

Por tanto, en cumplimiento de los procedimientos de auditoría técnica, una vez analizado el documento en cuestión (ver Anexo A) y considerando la evidencia presentada, se procede a emitir el informe **EIC-Lanamme-INF-0690-2024** 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

Todos los hallazgos y observaciones declarados 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 de auditoría, el propio testimonio del auditado, el estudio de los resultados de 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 no sean necesariamente de carácter contractual, pero que obedecen a las buenas prácticas de la ingeniería, principios generales, medidas basadas en experiencia internacional o nacional. Además, tienen la misma relevancia técnica que un hallazgo.

Las recomendaciones que se derivan del análisis de los hallazgos y observaciones se emiten como insumos a fin de que sean atendidos por parte de la Administración, planteando acciones correctivas y preventivas, que mitiguen el riesgo potencial de incumplimiento en proyectos futuros, como parte de un proceso integral de mejora continua.



SOBRE LA SEGURIDAD VIAL EN EL PROYECTO

La evaluación consistió en verificar que el plan de manejo de tránsito (PMT) cumple con la normativa vigente, así como verificar su aplicación y seguimiento a lo largo de la ejecución del proyecto. Con el objetivo de analizar el plan de manejo de tránsito, el equipo auditor solicitó el criterio experto de la Unidad de Seguridad Vial y Transportes (USVT) de LanammeUCR.

HALLAZGO 1: EL CONTENIDO DEL PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO Y SU APLICACIÓN PRESENTA OPORTUNIDADES DE MEJORA

La evaluación del plan de manejo de tránsito del proyecto fue enviada a la Administración mediante el oficio EIC-Lanamme-508-2023 del 15 de junio de 2023. La revisión de la USVT realizó observaciones y recomendaciones para mejorar el contenido del PMT, entre las cuales se destacan los siguientes dos puntos:

1. Se recomendó realizar mediciones de velocidad para validar que la velocidad de operación se ajusta al supuesto de 40 km/h.
2. No se identifican planos esquemáticos, detalles ni configuraciones típicas de los cierres, las vistas satelitales no cuentan con la información mínima necesaria de un plan de control de obra. El documento incluye pautas generales para el uso de dispositivos de tránsito, sin embargo, no se profundiza ni detallan soluciones para el proyecto en cuestión.

Mediante el oficio GCTI-18-23-0756 (CARP. 1201) la Administración comunicó que las recomendaciones realizadas fueron remitidas a la Dirección General de Ingeniería de Tránsito del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). También indicó que la validación de la velocidad en campo se considera una buena práctica adicional, no obstante, no fue realizada en este proyecto. En lo que respecta al punto dos, la Administración indicó que se considera que el PMT sirve como referencia y punto de partida, que debe ser adecuado a los distintos escenarios que se presentan durante la vida del proyecto, añadiendo que de acuerdo con el oficio de aprobación del MOPT, el PMT se encuentra sujeto a discreción de la Policía de Tránsito. Adjunto al oficio GCTI-18-23-0756 (CARP. 1201) se proporcionó evidencia de comunicación con la Delegación de Tránsito de Heredia y las rutas alternas a los tramos por intervenir (Figura 2).

Es criterio del equipo auditor que no existe obligación contractual para solicitar mediciones de velocidad, por lo que este no representa un incumplimiento. Por otra parte, el acompañamiento de la Delegación de Tránsito de Heredia es un aporte positivo al proyecto, sin embargo, no justifica la ausencia de detalles para la colocación correcta de los dispositivos de seguridad y control vial. La ausencia de detalles dificulta al personal de campo la aplicación del plan de manejo de tránsito, lo que puede provocar riesgos a los usuarios de la vía. Es una oportunidad de mejora incluir en el PMT figuras detalladas con la configuración de los sistemas de contención, lo anterior con el objetivo de prevenir accidentes y cumplir con la normativa vigente.

Figura 2. Rutas alternas en tramos por intervenir



Fuente: Conavi, 2023

En lo que respecta a la aplicación del PMT y la selección de dispositivos de contención vehicular, se evidenció el uso de dispositivos tales como cinta, cables y malla plástica de color naranja como elementos de contención vehicular. Los dispositivos mencionados se encuentran por fuera del “Manual Técnico de Dispositivos de Seguridad y Control Temporal de Tránsito para la Ejecución de Trabajos en la Vías” del MOPT, y por fuera del Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (SIECA), normativa de acatamiento obligatorio según el cartel de licitación del proyecto. Esta observación fue comunicada mediante las notas informe EIC-Lanamme-718-2023 y EIC-Lanamme-746-2023. En respuesta la Administración indicó a través de su oficio GCTI-18-23-0954 que se conversaría con el contratista para realizar mejoras en la implementación de dispositivos de seguridad vial. El oficio GCTI-18-23-1011 indicó que los cables serían sustituidos por mallas naranja en excavaciones.

La nota informe EIC-Lanamme-0968.2023 realizó recomendaciones respecto al uso de barreras plásticas y barreras de concreto, ya que estas fueron utilizadas de forma discontinua y aisladas entre sí, lo que impediría una adecuada respuesta ante una colisión. Con el objetivo de mantener medidas de seguridad vial adecuadas, y proteger a los usuarios de excavaciones, se recomendó revisar el manual de instalación y la ficha técnica de las barreras plásticas, y así garantizar que estas operen apropiadamente. Se recibió respuesta mediante el oficio GCTR-18-2023-1415 del 17 de octubre de 2023, oficio en el que la Administración indicó que trataría las recomendaciones con la encargada de seguridad ocupacional.

Utilizando la información recopilada en campo, se evidencia que los dispositivos empleados en el proyecto para el control temporal de tránsito y protección de las obras ejecutadas no se ajustaron al PMT ni a las especificaciones del proyecto.



Figura 3. Colocación aislada de barreras de contención. Fecha: 9 de agosto de 2023



Figura 4. Uso de barreras aisladas en punto de desfogue. Fecha: 4 de octubre de 2023



Durante el proceso de auditoría se identificó que una sección del tramo intervenido mantuvo cierres totales, esta medida impidió el ingreso de vehículos a esas zonas del proyecto. En estos puntos no se requiere dispositivos de contención que aporten el mismo nivel de seguridad que demanda una vía con flujo vehicular. No obstante, se recomienda proveer dispositivos de seguridad para peatones que se encuentren dentro de la normativa vigente. A lo largo del desarrollo del proyecto la Administración aplicó medidas de mejora tales como delimitar y señalizar el perímetro de trabajo. Además, se incorporó el uso de dispositivos complementarios, esta se considera una buena práctica constructiva, siempre y cuando no se utilicen para sustituir los dispositivos aprobados.

SOBRE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES Y PROCESO CONSTRUCTIVO

La evaluación de las prácticas constructivas se realizó a partir de visitas periódicas al proyecto, específicamente se evaluaron prácticas observadas en la construcción del sistema pluvial y la construcción de la estructura de pavimento. La calidad de los materiales fue evaluada a través de muestreos y ensayos de laboratorio realizados por LanammeUCR, y a través de los resultados del laboratorio de verificación.

HALLAZGO 2: EL CONCRETO COLOCADO CUMPLE CON LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPERADA

La Tabla 4 resume los resultados de concreto obtenidos a partir de informes de laboratorio de LanammeUCR. En total se realizaron siete muestreos de concreto con resistencia esperada de 280 kg/cm². La totalidad de las muestras obtuvo resultados de resistencia que cumplen con las especificaciones del proyecto.

Por otra parte, se observa variabilidad en el asentamiento obtenido, con valores que van de los 50 mm a los 170 mm. El asentamiento influye directamente en la trabajabilidad de la mezcla, siendo difícil de colocar en aquellos casos con valores de baja magnitud, lo que puede generar vacíos y un periodo de tiempo prolongado de manipulación. Por el contrario, una mezcla con un asentamiento elevado podría tener problemas de segregación. El diseño de mezcla del proyecto, informe E02-79-293-2023 elaborado por O.J.M. Consultores de Calidad y Laboratorios S.A., establece un valor de asentamiento de 180 ± 20 mm. Por este motivo se recomienda que para futuros proyectos se especifique un límite máximo y un límite mínimo de asentamiento para la aceptación del concreto en obra.

Tabla 4. Resumen de ensayos de concreto realizados por LanammeUCR

Informe	Muestra	Ubicación	Fecha de muestreo	Temperatura (°C)	Asentamiento (mm)	Resistencia a la compresión a 28 días (kg/cm ²)
EIC-Lanamme-INF-1120-2023	M-1053-2023	Pozo BP-142	3/7/2023	31,5	50	393
EIC-Lanamme-INF-1147-2023	M-1125-2023	PP 161 y PP 158	5/7/2023	30,0	170	333
EIC-Lanamme-INF-1165-2023	M-1168-2023	Pozo PP 158	17/7/2023	29,5	65	373
EIC-Lanamme-INF-1169-2023	M-1319-2023	Pozo PP 7	20/7/2023	30,0	75	303
EIC-Lanamme-INF-1242-2023	M-1514-2023	Tragante 139	30/8/2023	30,0	150	323
EIC-Lanamme-INF-1567-2023	M-1951-2023	Cordón de caño y caja de pozo pluvia	27/10/2024	30,0	65	384
EIC-Lanamme-INF-0336-2024	M-0197-2024	Pozo N°95	24/1/2024	30,2	140	438



Figura 5. Resistencias de concreto en ensayos realizados por LanammeUCR

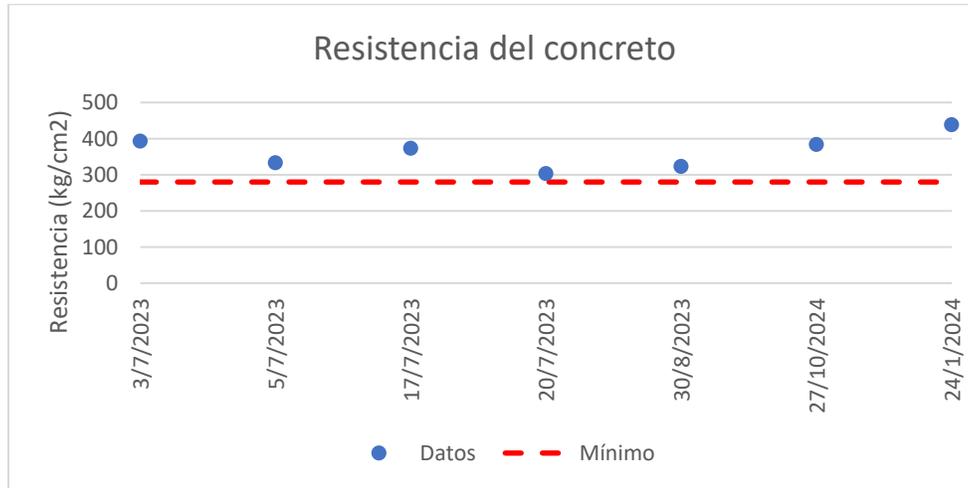
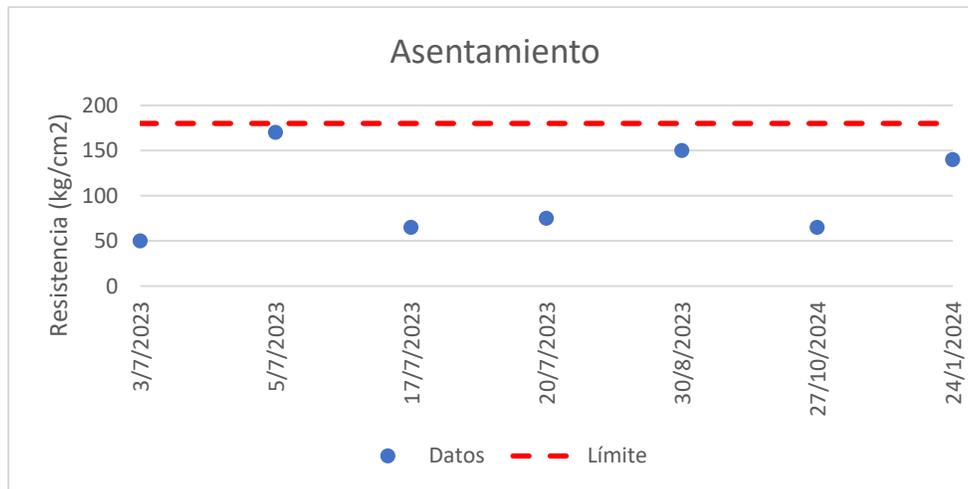


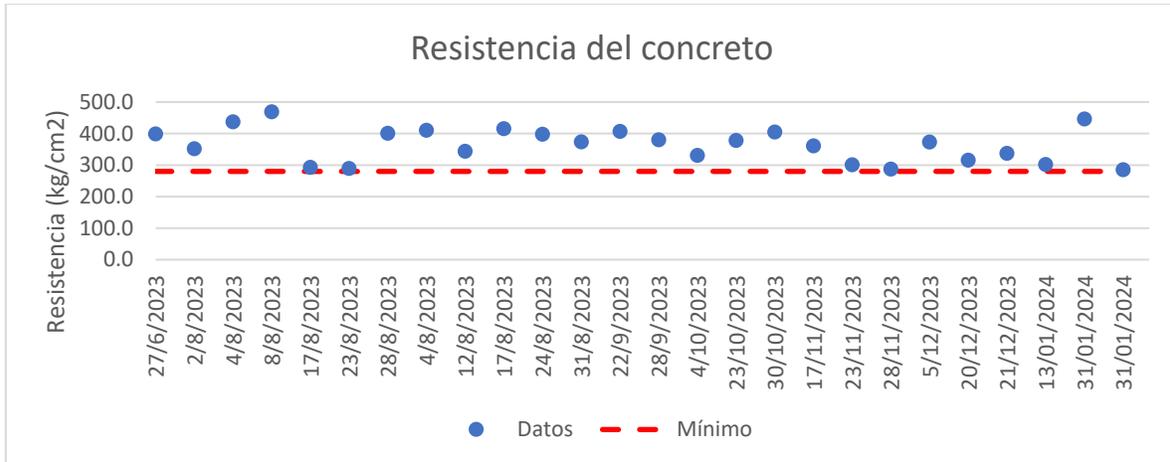
Figura 6. Asentamiento de concreto en ensayos realizados por LanammeUCR



Los resultados del laboratorio de verificación de calidad son congruentes con los resultados de los ensayos realizados por LanammeUCR, en los que existe cumplimiento con la resistencia a compresión esperada en todas las muestras (ver Figura 7). A su vez se confirma la alta variabilidad observada en los resultados de asentamiento, que varía entre los 50 mm y los 210 mm (ver Figura 8). Tal y como se detallará en otro de los hallazgos, esta variabilidad en el asentamiento podría ser uno de los factores que incidió en la formación de hormigueros en pozos pluviales y tragantes.

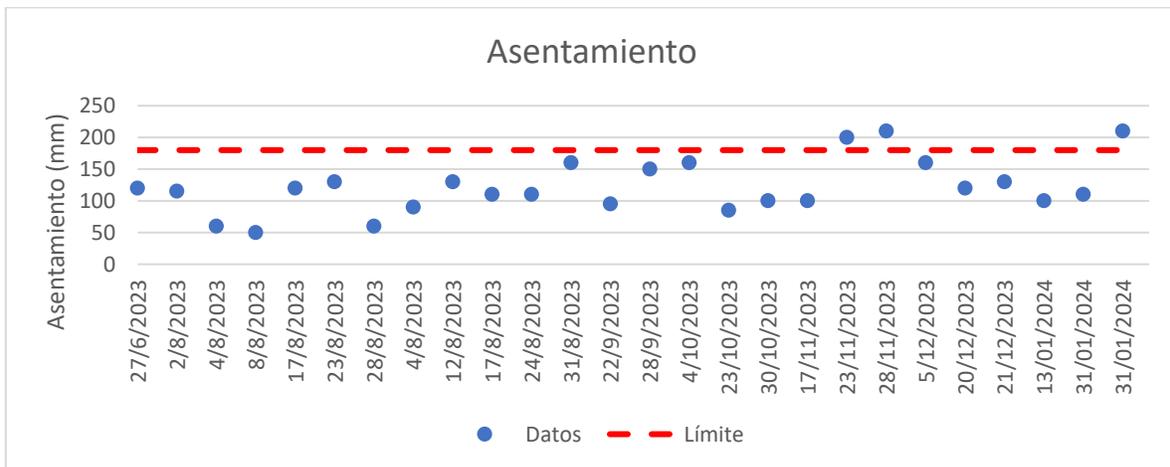


Figura 7. Resultados de resistencia a compresión de concreto de muestras del laboratorio de verificación



Fuentes: LGC, 2023 y LGC, 2024

Figura 8. Resultados de asentamiento de concreto de muestras del laboratorio de verificación



Fuentes: LGC, 2023 y LGC, 2024



HALLAZGO 3: SE IDENTIFICARON DEFICIENCIAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE DESFOGUE DEL ESTACIONAMIENTO 0+227

Como parte del plan de trabajo de auditoría, se visitó el proyecto el día 9 de noviembre de 2023, día en el que se evaluaron las prácticas constructivas en la colocación de concreto de la estructura de desfogue. Durante la visita fue posible observar deficiencias en el proceso constructivo. Las observaciones realizadas fueron comunicadas a la Administración mediante la nota informe EIC-Lanamme-1115-2023 del 20 de noviembre de 2023. Se detalla a continuación las observaciones más importantes:

1. Preparación de la superficie

En lo que respecta a la colocación de concreto, la sección 552.11 Manejo y colocación del concreto hidráulico del Manual CR- 2010 establece:

“Se removerá todo el mortero, escombros y materiales extraños de los encofrados y del acero de refuerzo antes de iniciar la colocación del concreto hidráulico” (CR-2010).

El equipo auditor observó que el concreto fue colocado sobre una superficie no preparada en la que se acumuló agua y lodo. La Figura 9 muestra la zona identificada durante la visita del 9 de noviembre de 2023. Esta zona no corresponde al sector de la fundación principal, sin embargo, se recomendó preparar toda superficie sobre la que se coloque concreto, con el objetivo de evitar deterioros prematuros en elementos que limitan directamente con el cabezal y que sirven de apoyo a tuberías.

Figura 9. Sectores no preparados sobre los cuales se realizó la descarga del concreto. Fecha: 9 de noviembre de 2023.





2. Colocación del acero de refuerzo

Se identificaron malas prácticas constructivas en lo que respecta a la colocación y configuración del acero de refuerzo. Específicamente se observó varillas con curvatura y puntos de inflexión generados durante su manipulación. Doblar las varillas modifica la separación entre mallas, por lo que no se cumple con las especificaciones de los planos constructivos. La Figura 10 muestra un sector con curvatura en un punto de empalme con una tubería. El nivel de las diferentes estructuras puede verificarse con equipo de topografía previo a su construcción, lo que evitaría este tipo de prácticas.

Figura 10. Manipulación de varillas de refuerzo. Fecha: 9 de noviembre de 2023.



Por otra parte, se identificó que las varillas de refuerzo longitudinal de la malla superior e inferior no respetan la longitud de desarrollo del acero. Tal y como se observa en la Figura 11 se realizó una conexión a 90 grados con alambre negro. Dada esta condición, en la que no se fabricó un gancho estándar, el acero de refuerzo no cumpliría su función, ya que no cuenta con un medio que funcione de anclaje ante la presencia de esfuerzos. De forma similar la Figura 12 muestra un sector en el que el acero de refuerzo carece de continuidad, y realiza traslapes que no cumplen con los criterios de longitud de desarrollo. Este representa un incumplimiento con las especificaciones del American Concrete Institute (ACI) y el Código Sísmico de Costa Rica (CSCR-2010), en los que se brindan las ecuaciones para el cálculo de la longitud de desarrollo y dimensiones de ganchos estándar para elementos de concreto reforzado.



Figura 11. Ausencia de gancho estándar en acero de refuerzo. Fecha: 9 de noviembre de 2023.



Figura 12. Discontinuidad en la colocación de acero de refuerzo. Fecha: 9 de noviembre de 2023.



Se debe añadir que la lámina PL-35, plano con especificaciones de la estructura de desfogue, no contiene la totalidad de los detalles del acero de refuerzo, lo que dificulta la inspección del acero en este elemento. Únicamente se detalla el número de varilla y su espaciado, sin incluir indicaciones de traslapes, ganchos, longitud de desarrollo y configuración del acero al cambiar de dirección. Se recomendó para futuros proyectos elaborar figuras más detalladas, para que el inspector pueda realizar su trabajo con mayor facilidad.

La Gerencia de Construcción de Vías y Puentes indicó mediante su oficio GCTR-18-2023-1801 (1201) que trasladó a la Dirección de Diseño de Conavi la recomendación de incluir más detalles constructivos de estructuras como la presente en la lámina PL-35. La recomendación se trasladó con el objetivo de que sirva como lección aprendida en futuros proyectos.



3. Manipulación del concreto durante su colocación

En relación con la manipulación de concreto fresco, la sección 552.11 Manejo y colocación del concreto hidráulico del Manual CR- 2010 establece que:

“Se debe manipular, colocar y compactar el concreto hidráulico siguiendo métodos que no causen segregación y que produzcan concretos hidráulicos densos y homogéneos, libres de vacíos y hormigueros” (CR-2010).

Durante la colocación de concreto del 9 de noviembre de 2023 el concreto fue lanzado con palas con el objetivo de nivelar la superficie de la fundación (ver Figura 13), esta práctica favorece la segregación. Se recomendó un mayor control durante la colocación con el equipo telescópico, ya que este tiene la posibilidad de distribuirlo uniformemente

Figura 13. Distribución del concreto con palas. Fecha: 9 de noviembre de 2023.



4. Uso de concreto contaminado

Se observó que concreto derramado fuera de la formaleta fue reutilizado en la fundación (ver Figura 14), este concreto se encontraba contaminado con agua y sedimento presente en este punto, se recomienda no permitir el uso de concreto contaminado, ya que este podría no desarrollar su resistencia. El ACI 301, sección 5.3.2.4 (c), especifica que no se debe colocar concreto que contiene materiales ajenos a la mezcla, en este caso se hace referencia al material de suelo y agua presente en la zona de la que fue reubicado.

Figura 14. Colocación de concreto contaminado. Fecha: 9 de noviembre de 2023.



5. Manejo de residuos inadecuado

En relación con el manejo de residuos, la Sección 111 “Disposiciones ambientales generales” del Manual CR2010 establece que

“La calidad de las aguas, tanto superficiales como subterráneas, puede ser afectada por derrames de aceite, grasa combustible, asfalto u otras causas. No se permitirá bajo ninguna circunstancia que estos residuos tóxicos o cualquier otro elemento contaminante sea vertido en captaciones de ríos, canales, esteros o embalses, como tampoco en las proximidades de ellos. Asimismo, deberá evitarse el lavado o enjuague de equipos que puedan producir escurrimiento o derrames de contaminantes cerca de los cursos de agua (por ejemplo, hormigoneras o tanques distribuidores de asfalto)” (CR-2010).

Durante la visita del 9 de noviembre de 2023 se observó el proceso de lavado del equipo telescópico, en esta ocasión los residuos fueron arrojados al talud cercano a la quebrada (ver Figura 15). Con el objetivo de mantener buenas prácticas de disposición de desechos y protección al medio ambiente se recomendó disponer estos residuos de forma apropiada.

Mediante el oficio GCTR-18-2023-1801 (1201), la Administración indicó que las recomendaciones a las prácticas constructivas descritas en los cinco puntos anteriores fueron remitidas al contratista. En relación con el lavado de equipos indicó que se solicitó al Contratista aplicar medidas correctivas.

Posteriormente, en seguimiento al manejo de escombros y residuos, el oficio EIC-Lanamme-1296-2023 advirtió sobre la presencia de materiales en el punto de desfogue (ver Figura 16). De acuerdo con el Anexo No.2 Plan de Manejo de Residuos del cartel de licitación, subsección 6 Procedimiento y obligaciones para el manejo de los residuos, los residuos no reutilizables o no reciclables deben ser evacuados a un depósito autorizado.



Como parte de la correcta disposición de materiales sobrantes generados por el proyecto, se recomendó remover los escombros y residuos de concreto que se ubican en el punto de desfogue. Esta recomendación tiene el objetivo de prevenir el arrastre de estos materiales, y así remover elementos que generan obstrucción en el cauce, además su adecuado manejo forma parte de las disposiciones contractuales. Mediante el oficio GCTR-18-2024-0014 (1201) del 4 de enero de 2024 la Administración indicó que coordinaría con el Contratista la limpieza respectiva. Al cierre de este informe permanecen pendientes actividades de limpieza.

Figura 15. Residuos de concreto premezclado en talud de la quebrada. Fecha: 9 de noviembre de 2023.



Figura 16. Escombros en sitio de desfogue. Fecha: 7 de diciembre de 2023.



Por lo tanto, se observaron prácticas constructivas inadecuadas que incumplen con especificaciones del CR-2010 y planos constructivos, relacionadas a la preparación de la superficie, configuración del acero de refuerzo y una adecuada manipulación y disposición del concreto.



HALLAZGO 4: SE IDENTIFICARON OPORTUNIDADES DE MEJORA EN LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA PLUVIAL

1. Uniones en tuberías

La lámina 34/35 de los planos constructivos del proyecto contiene una serie de notas para la ejecución de obras pluviales entre la cuales se especifica que:

Las tuberías propuestas por colocar en este proyecto para el manejo de aguas pluviales, será de concreto reforzado clase III, con empaques de hule, cuya corona deberá quedar colocada a una profundidad mínima de 0,60 (cero coma sesenta) metros a menos que explícitamente se indique lo contrario. (CONAVI, 2023)

Según la especificación citada, las uniones para tuberías se realizarían con empaques de hule en este proyecto. Esta metodología se encuentra debidamente reconocida por el Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes (CR-2010) en su apartado 651 Alcantarillas de tubos de concreto y 712.03 Cubrejunta impermeable, por lo que su uso cumple con la normativa contractual. El CR-2010 también admite el uso de juntas de mortero en tuberías de concreto, sin embargo, no corresponde a lo especificado en los planos constructivos.

Debido a lo anterior, tras identificar el uso de juntas de mortero, el equipo auditor solicitó el orden de modificación correspondiente a través del oficio EIC-Lanamme-452-2023. En respuesta, el oficio GCTI-05-23-0623 indicó que la nota se debe interpretar como una recomendación técnica y que el Contratista está en libertad de utilizar la metodología que considere conveniente, añadiendo que las tuberías suministradas para el proyecto son diseñadas y fabricadas para ser utilizadas sin empaque de hule.

Es criterio del equipo auditor que, si bien es cierto las juntas de mortero se encuentran debidamente aceptadas por el CR-2010, realizar un cambio en la especificación tiene implicaciones en costos y calidad final de los materiales empleados, motivo por el que la sustitución se debe realizar con una orden de modificación asociada, ya que, se trata de un incumplimiento con los planos de obra. No es una justificación con fundamento técnico indicar que el proveedor suministra tuberías para juntas con mortero, ya que, no existe obligación contractual de comprar materiales a dicho proveedor.

Cabe destacar que el proyecto se oficializó siguiendo un conjunto de especificaciones técnicas, por lo que la selección del tipo de junta y el tipo de tubería, se debe ajustar a las disposiciones contractuales.



2. Construcción del sistema pluvial

En general se identificaron buenas prácticas constructivas de solaqueo interno, solaqueo externo, protección de aberturas e instalación de tuberías. Además, la inspección del proyecto solicitó las correcciones pertinentes en caso de identificar daños en tuberías. Cabe destacar que el Contratista presentó certificados de calidad de las tuberías utilizadas que cumplen con lo establecido por el CR-2010. No obstante, se identificaron oportunidades de mejora relacionadas a la construcción de pozos pluviales.

- Colocación de concreto de pozos pluviales

La visita del 5 de julio de 2023 permitió observar la colocación de concreto en las losas del fondo del pozo pluvial 158, se destaca que el concreto fue colocado directamente contra el suelo, si bien se observó la presencia de algunos separadores de concreto en el piso del pozo, se recomendó tomar medidas para verificar el recubrimiento mínimo de las varillas de acero en todas sus caras, tanto inferior como laterales, ante la ausencia de formaleta en una excavación que supera las dimensiones del pozo. Esta práctica no permite controlar el recubrimiento lateral y espesor de la losa.

Figura 17. Colocación de concreto en pozo pluvial 158. Fecha: 5 de julio de 2023.



El equipo auditor registró la colocación de concreto en el pozo pluvial 161, en la que se utilizó como medio de descarga la cuchara de la excavadora. El uso de esta maquinaria no incumple con ninguna de las disposiciones de la normativa vigente en lo que respecta a concreto reforzado, sin embargo, debido a la configuración del acero, y dimensiones de los pozos pluviales, la armadura se deformó con el ingreso del balde de la excavadora, doblando la varillas durante el proceso constructivo (Figura 18). Estas observaciones fueron comunicadas a la Administración mediante la nota informe EIC-Lanamme-636-2023. La Administración brindó respuesta mediante el oficio GCTI-18-23-0882, indicando que se conversaría con el Contratista sobre diferentes opciones, y que solicitaría una mayor precaución. Esta práctica no se observó en las visitas posteriores.

Figura 18. Colocación de concreto en pozo pluvial 161. Fecha: 5 de julio de 2023



- Configuración del acero de refuerzo en pozos pluviales

En lo que respecta a pozos pluviales las especificaciones contractuales y los planos de obra solicitan un refuerzo vertical a cada 15 cm, refuerzo horizontal a cada 20 cm, y un diámetro interno variable en función del tamaño de la tubería de salida. La nota informe EIC-Lanamme-563-2023 informó a la Administración que, dada la configuración del acero de refuerzo de los pozos pluviales, y el proceso constructivo seleccionado por el Contratista, las tuberías de entrada y salida fueron colocadas por fuera de la armadura (ver Figura 19).

Figura 19. Colocación de concreto en pozo pluvial 158. Fecha: 28 de junio de 2023.





En seguimiento a esta observación, se consultó el criterio experto del Programa de Ingeniería Estructural (PIE) de LanammeUCR, quienes indicaron que las tuberías deben entrar por completo en la armadura de refuerzo para cumplir con requisitos de la normativa ASTM C1479, ASTM C923, ASTM C478 y AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, además de que recomendó mantener la continuidad del acero de refuerzo. Estas recomendaciones cumplen los siguientes objetivos:

- Garantizar la transferencia de esfuerzos
- Evitar movimientos laterales y/o axiales
- Evitar asentamientos diferenciales
- Evitar las filtraciones de agua
- Presencia de humedad externa
- Evitar la corrosión del acero de refuerzo
- Evitar la socavación
- Garantizar el anclaje del pozo con las tuberías
- Garantizar el alineamiento de tuberías y flujo

Mediante el oficio GCTI-05-23-0775 (CARP.1201), la Administración aportó fotografías del acabado final, en las que para abarcar las caras laterales de la tubería se realiza una modificación a la curvatura del acero horizontal, dejando las varillas abiertas. El día 26 de julio de 2023 se observaron extensiones del acero de refuerzo a las caras laterales de las tuberías de entrada y salida en uno de los pozos pluviales, añadiendo varillas adicionales. Este tipo de refuerzo no cumple con las recomendaciones realizadas por el PIE, ya que no existe continuidad en el acero de refuerzo horizontal (ver Figura 20).

Figura 20. Acero horizontal sin continuidad. Fecha: 28 de julio de 2023.



Es criterio del equipo auditor que esta medida no sigue la configuración del acero de refuerzo dispuesta en planos, y requiere modificaciones mayores cuando las tuberías se encuentren más alejadas de la armadura. El oficio DVP-38-2023-0365 emitido por la Dirección de Diseño de Vías y Puentes, documento anexo al oficio GCTI-18-23-1011, indicó que la tubería debe ir empotrada, y las modificaciones en el acero de refuerzo no concuerdan con el detalle original. El oficio DVP-38-2023-0365 recomendó mejorar el



detalle de acuerdo con lo mostrado en planos. Debido a lo anterior el oficio GCTI-18-23-1011 señaló que el Contratista trataría de ajustar el proceso según lo señalado. Se debe mencionar que los pozos pluviales construidos hacia el norte de la intersección de la ruta nacional 123 con calle La Morgue evidenciaron una adecuada configuración del acero de refuerzo, por lo que se evidenciaron mejoras en el proceso constructivo (Figura 21).

Figura 21. Acero horizontal continuo que abarca totalidad de la tubería. Fecha: 12 de enero de 2024.



- Uniones entre pozos y tuberías posterior a la colocación de concreto

Mediante el oficio EIC-Lanamme-746-2023 se señaló en el pozo pluvial 9 una abertura de forma rectangular para emplazamiento de la tubería de entrada. Debido a que la tubería fue instalada posterior a la construcción del pozo, el Contratista colocó formaleta de madera para finalizar la unión respectiva (ver Figura 22).

Figura 22. Conexión en pozo pluvial 9. Fecha: 9 de agosto de 2023.





Realizar este tipo de aberturas requiere demoler parte de la estructura, lo que es un procedimiento destructivo, además de que implica cortar el acero de refuerzo. Las aberturas se convierten en zonas de concentración de esfuerzos, por lo que no es recomendable cortar las varillas originales. Se considera una mejor práctica constructiva colocar el acero alrededor de la abertura para evitar agrietamiento en el concreto. Se recomienda que en caso de que se desee realizar una conexión adicional al pozo, esta sea considerada durante el proceso de encofrado.

El procedimiento seguido y su instalación se asemeja a la construcción de sistemas pluviales con pozos prefabricados. El uso de pozos prefabricados se encuentra aceptado y regulado por normativa internacional. En seguimiento a estas normas, se detalla en la especificación ASTM C1821 sección 12.6.2.2 que cualquier tubería en cuyo extremo se vaya a colocar lechada, deberá tener un ensamblaje de material impermeable aplicado al extremo de la tubería, ensamblaje que quedará encerrado dentro de la conexión con lechada. De forma similar la Guía de Instalación de Tuberías de Concreto de la Asociación de Tuberías de Concreto de Ontario Canadá (OCPA), indica en su versión de 2019, que las conexiones entre tuberías y pozos pluviales prefabricados deben incluir al menos uno de los siguientes tipos de conexiones:

- Unión flexible
- Uso de una base con contorno que se ajuste al elemento (cuna de concreto)
- Uso de un conector resiliente (conector flexible hermético)
- Estructuras especiales de soporte de tubería

En función de la normativa expuesta y la necesidad de realizar juntas que proporcionen protección ante movimientos, filtraciones y transferencia de esfuerzos, se solicitó especificar las medidas adoptadas en el proyecto para este tipo de uniones, en atención a las referencias internacionales de este tipo de procedimiento constructivo, en las que se especifica que las conexiones con lechada deben incorporar otros elementos para realizar el ensamblaje. Es importante aclarar que la normativa internacional indicada no forma parte de los documentos contractuales de este proyecto, sin embargo, se toma de referencia al no existir especificaciones nacionales sobre este tipo de conexiones. Mediante el oficio GCTI-18-23-1011 la Administración anexó el documento QP OF 083 FL 2023. Este anexo contiene la respuesta del contratista, e indica que las conexiones entre tuberías de 600 mm y pozos pluviales se realizaron tipo cuna de concreto, con una base con contorno que se ajusta al elemento por medio de una lechada de concreto con material impermeable. Esta metodología cumple con los requisitos de las referencias internacionales citadas anteriormente, sin embargo, no corresponde al procedimiento registrado el 9 de agosto de 2023. En aquellos casos en los que no se logre evitar conexiones posteriores a la colocación de concreto del pozo pluvial, se recomienda verificar que el Contratista cumpla con el procedimiento descrito en su oficio de respuesta.

Por lo tanto, a lo largo de la ejecución del proyecto se identificó un incumplimiento con las especificaciones de uniones de tuberías, así como oportunidades de mejora en la construcción de pozos pluviales, tales como colocación de concreto, configuración del acero de refuerzo, ejecución de aberturas adicionales y construcción de juntas pozo-tubería en estas aberturas.



- Acabado de pozos pluviales y tragantes

Mediante el oficio EIC-Lanamme-968-2023 del 6 de octubre de 2023 se informó sobre reparaciones realizadas en el pozo pluvial 156 (ver Figura 23). Las reparaciones fueron realizadas para mejorar el acabado debido a la formación de hormigueros. La necesidad de resane y técnicas de reparación se puede evitar con buenas prácticas de vibrado, el control adecuado del asentamiento del concreto en obra (resultados variables evidenciados en Hallazgo 2), y verificando que el proceso de desencofrado se realice sin dañar las paredes de los elementos. Mediante el oficio GCTR-18-2023-1415 del 17 de octubre de 2023 la Administración indicó que se prestaría mayor atención al acabado de pozos pluviales.

Figura 23. Resane de paredes internas en pozo pluvial 156. Fecha: 4 de octubre de 2023.



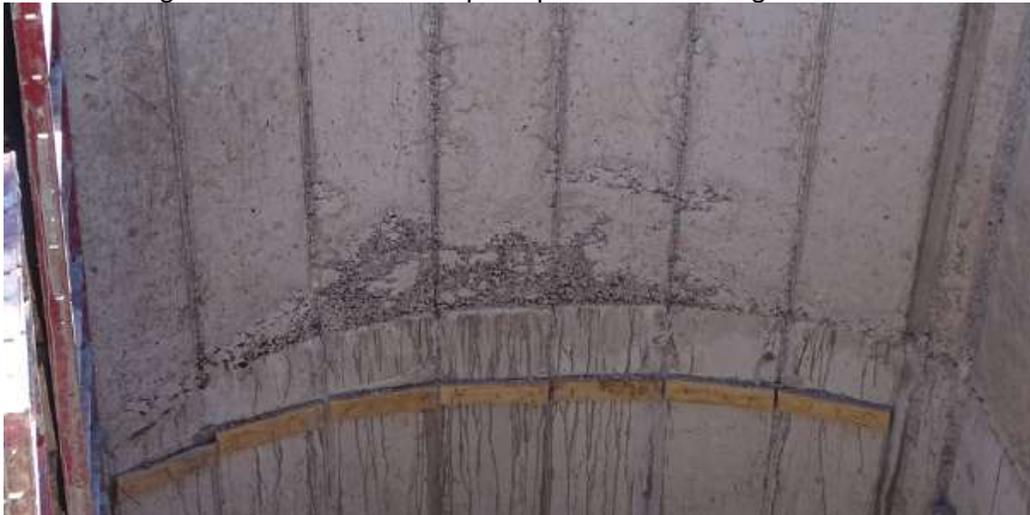


En seguimiento al acabado de pozos pluviales y tragantes, la nota informe EIC-Lanamme117-2024 informó a la Administración de la formación de hormigueros según se detalla en la Figura 24 y Figura 25. Se recibió respuesta mediante el oficio GCTR-18-2024-0455 en el que se indicó que se reforzaría el proceso de vibrado.

Figura 24. Hormigueros identificados en tragantes. Fotografías del 30 de enero 2024.



Figura 25. Hormigueros identificados en pozo pluvial 106. Fotografía del 30 de enero 2024



Mediante el oficio de descargo la Administración indicó haber incorporado las recomendaciones recibidas, reforzando los procesos de vibrado y, en los casos en donde se presentaron hormigueros, realizando las reparaciones correspondientes.



HALLAZGO 5: SE IDENTIFICARON DETERIOROS PREMATUROS EN EL CORDÓN DE CAÑO

Mediante el oficio EIC-Lanamme-117-2024 se comunicó a la Administración que el 30 de enero de 2024 se identificó agrietamiento en aceras y cordón de caño (ver Figura 26). Debido a que el proyecto de obra nueva se encuentra en ejecución se recomendó realizar cortes en el concreto de forma oportuna para el control de grietas. Además, se consultó por las reparaciones que se realizarían en los deterioros prematuros que se observaron. Se recibió respuesta por parte de la Administración mediante el oficio GCTR-18-2024-0455 (1201), en el que se indicó que los elementos serían reparados por el Contratista con relleno epóxico, para posteriormente realizar los cortes respectivos. A la fecha de emisión de este informe las reparaciones se encontraban en ejecución.

Figura 26. Agrietamiento en cordón de caño. Fecha: 30 de enero de 2024.





OBSERVACIÓN 1: SE MODIFICÓ EL LÍMITE MÁXIMO DE RESISTENCIA DE BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO ESTABLECIDO POR EL CR-2010.

La orden de modificación N°3 modificó la especificación máxima de resistencia a compresión inconfiada para la construcción de base estabilizada con cemento tipo BE-25. El documento indica que esta modificación surgió ante la necesidad de considerar las propiedades del agregado y el contenido mínimo de cemento que establece la Tabla 302-1 del CR-2010. La modificación fue aceptada por la Administración indicando que se deben respetar los parámetros de diseño aprobados y que se debe aplicar el proceso de microfisurado propuesto por el Contratista como medida de mitigación ante altas resistencias a la totalidad del proyecto. Se estableció como límite máximo una resistencia de 5,8 MPa, tomando como referencia el Boletín Técnico N°19 (2011) realizado por el Programa de Infraestructura del Transporte de LanammeUCR. El boletín indica que, con la resistencia máxima establecida de 5,8 MPa, el agrietamiento sería de moderado a alto. La orden de modificación señala que las resistencias altas no necesariamente van en detrimento de la capa estructural propuesta, pues al tener un módulo más alto se tiene una mejor respuesta ante las cargas aplicadas.

El equipo auditor evaluó la gestión de calidad de acuerdo con la nueva especificación establecida para el proyecto, sin embargo, se realizaron algunas observaciones a la orden de modificación mediante el oficio EIC-Lanamme-5-2024. En respuesta la Administración emitió el oficio GCTR-18-2024-0166 (1201) del 24 de enero de 2024. En este oficio se expuso como justificación técnica a la orden de modificación tres los siguientes criterios:

- Se debe tomar en consideración las diferencias de realizar un diseño de mezcla en un ambiente controlado respecto al proceso constructivo en campo, por lo que es necesario realizar un ajuste.
- Con el objetivo de obtener los beneficios de un módulo más alto se realizó el control de agrietamiento de forma preventiva mediante la técnica de microfisurado.
- Los resultados de laboratorio evidencian resistencias por encima de los 3,9 MPa, por lo que se justifica el uso del microfisurado.
- Existe un beneficio para el proyecto al mantener la capa estructural del pavimento sin modificar sus espesores, ya que este contaría con una vida útil más larga tras el aumento en el módulo de la base estabilizada. Este hecho no genera costos adicionales al proyecto.
- El procedimiento de microfisurado se realiza de forma generalizada. Lo anterior debido a que el tiempo que toma la emisión de un informe de laboratorio no permite obtener resultados de proyección de resistencia antes del tiempo establecido para la ejecución de esta medida de mitigación de agrietamiento (48 horas).

Es criterio del equipo auditor que las medidas adoptadas no son las más apropiadas para el proyecto debido a los siguientes motivos.



- El diseño de mezcla de base estabilizada con cemento E01-79-237-2023 emitido por O.J.M. Consultores de Calidad y Laboratorios S.A. con fecha del 27 de junio de 2023, realizó ensayos de laboratorio con los agregados del proyecto y determinó que es posible cumplir con las especificaciones del CR-2010. Si bien es cierto en campo existen diferencias respecto a lo realizado en un ambiente controlado como un laboratorio, un adecuado diseño de mezcla permite la construcción de bases estabilizadas que cumplen con los requisitos originales. Debido a lo anterior se recomendó no modificar este límite.
- La afirmación de que existe un beneficio al obtener un módulo de base estabilizada más alto es correcta en la medida de que la base no se agriete. En caso de existir agrietamiento, las propiedades mecánicas de la capa se verían disminuidas y generaría deterioros prematuros en la capa superior. Aceptar una base estabilizada con resistencia entre los 40 kg/cm² y los 55 kg/cm² implica aceptar una categoría de agrietamiento moderado a alto. Este tipo de agrietamiento puede llegar a afectar negativamente la vida útil y el desempeño a largo plazo de la estructura de pavimento (Ávila, 2012). Por lo tanto, el equipo auditor no comparte el criterio asumido por la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes. Se recomendó la atención de agrietamientos en caso de observarse.
- El diseño de la estructura de pavimento consideró un módulo de base estabilizada BE-25 específico, que va acorde con las especificaciones originales. Mediante la metodología de diseño se establecieron los espesores de capa de la estructura de pavimento. Por lo tanto, si se considera un módulo de rigidez mayor para la capa de base estabilizada, tal cual lo señala la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes debería reajustarse los espesores de la estructura de pavimentos en aras de la optimización de los recursos del proyecto de lo contrario se estaría incurriendo en un sobrediseño de la estructura de pavimentos. En caso de obtener un módulo más alto en la base estabilizada, y controlar el agrietamiento se obtendría un pavimento con mayor vida útil, pero este no corresponde a un uso eficiente de los recursos públicos.
- Mediante el oficio EIC-Lanamme-1253-2023 del 8 de diciembre de 2023, se indicó previamente a la Administración que no se recomienda la aplicación de micro agrietamiento en bases estabilizadas como una actividad generalizada del proceso constructivo. Se recomendó definir un criterio técnico para seleccionar los tramos en que se requiere utilizar la técnica de mitigación seleccionada basado en el monitoreo edades tempranas. Se recomienda acordar con el laboratorio recibir resultados de resistencia temprana anticipados a la emisión de un informe, con el objetivo de anticipar potencial agrietamiento por contracción (previo a las 48 horas).

Debido a lo anterior, se concluye que técnicamente no son de recibo los acuerdos tomados en la orden de modificación tres, ya que no se cuenta con criterios técnicos que garanticen la efectividad y correcta ejecución del microfisurado en la capa construida.

Informe EIC-Lanamme-INF-0690-2024	Julio, 2024	Página 38 de 60
-----------------------------------	-------------	-----------------

HALLAZGO 6: SE IDENTIFICARON INCUMPLIMIENTOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON LAS ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO EN LOS ENSAYOS DE BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO REALIZADOS POR LANAMMEUCR

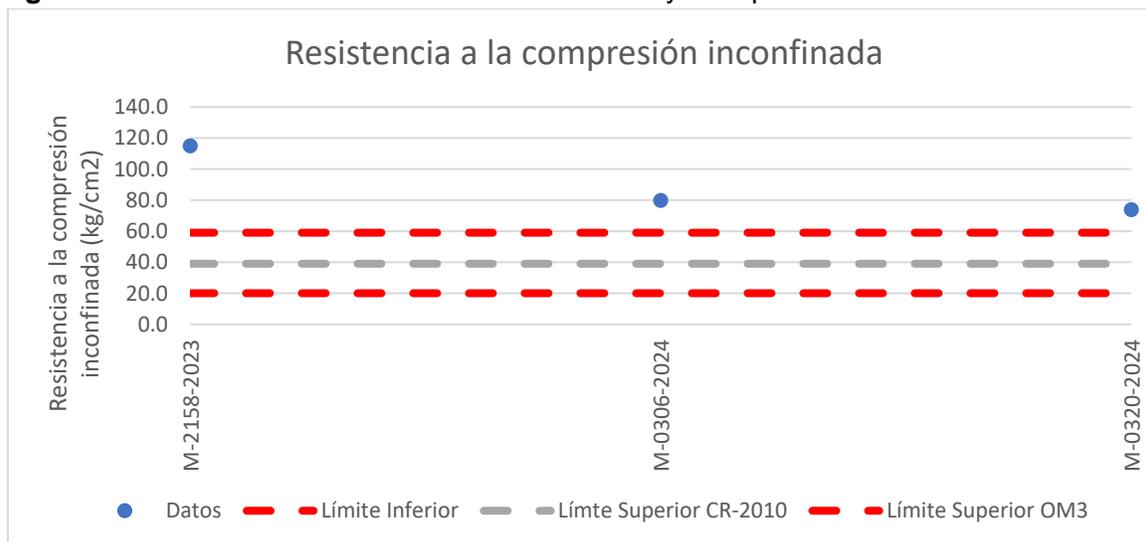
1. Calidad de los materiales (resistencia a la compresión)

De los resultados obtenidos en los ensayos realizados por LanammeUCR (Tabla 5) se concluyó que las muestras cumplen con el límite inferior de resistencia a compresión establecido por la normativa vigente. La totalidad de las muestras superan el límite máximo de la especificación del CR-2010 (39 kg/cm²), y también superan el límite máximo establecido por la orden de modificación tres (59 kg/cm²). Las bases estabilizadas con resistencia elevada pueden presentar problemas de desempeño debido a agrietamiento por contracción, por lo que se recomendó prestar especial atención a este parámetro de calidad.

Tabla 5. Resultados de ensayos de compresión de pastillas para base estabilizada con cemento realizados por LanammeUCR.

Informe	Muestra	Fecha de muestreo	Compresión promedio (kg/cm ²)
EIC-Lanamme-INF-1737-2023	M-2158-2023	28/11/2023	114,8
EIC-Lanamme-INF-0340-2024	M-0306-2024	16/2/2024	79,7
EIC-Lanamme-INF-0359-2024	M-0320-2024	21/2/2024	73,7

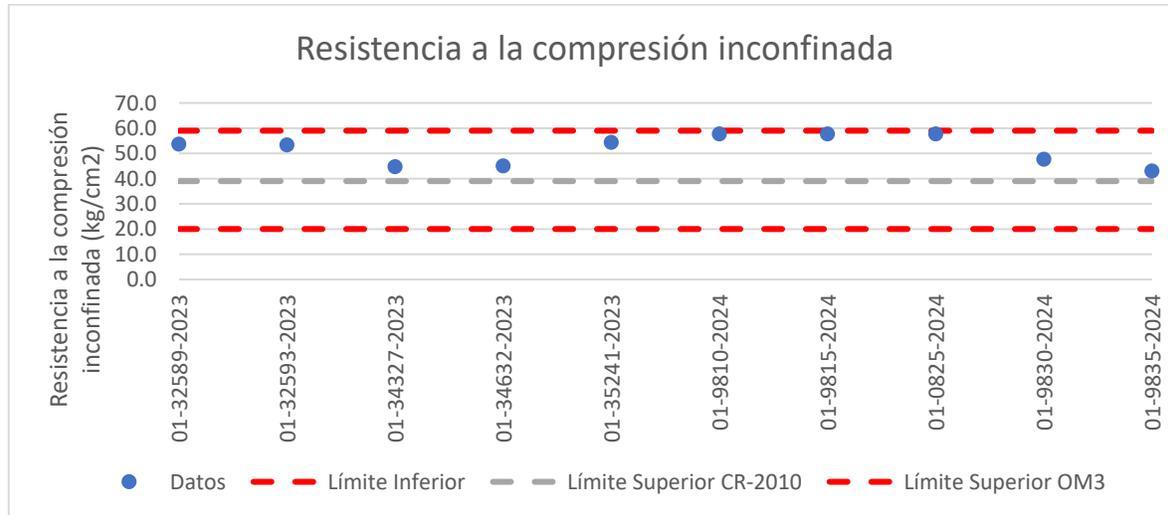
Figura 27. Resistencia de muestras de BE-25 ensayadas por LanammeUCR.



Dentro de los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación no se identificaron resistencias por debajo del mínimo esperado. En lo que respecta al límite máximo la totalidad de las muestras supera la especificación del CR-2010, sin embargo, se encuentran por debajo de la especificación establecida por la orden de modificación tres (ver Figura 28).



Figura 28. Resistencia de muestras de BE-25 ensayadas por laboratorio de verificación



Los resultados de resistencia a compresión del laboratorio de verificación ubican la base estabilizada en la categoría de agrietamiento medio a alto, por lo que existe un potencial riesgo de un deterioro prematuro, ya que tal y como se especificará en la Observación 2 no hay garantía de una correcta ejecución del procedimiento de microfisurado, según la documentación aportada y analizada durante el proceso de auditoría.

HALLAZGO 7: SE IDENTIFICARON PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS DE BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO QUE INCUMPLEN CON LAS ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO.

1. Construcción del tramo de prueba

De acuerdo con el Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes (CR-2010) sección 302.05 Mezclado y colocado y 302.06 Compactación (Densificación) de base estabilizada con cemento, se tiene como especificaciones de acatamiento obligatorio:

- Las operaciones de incorporación del cemento, mezcla, compactación y acabado deberán ser continuas y completadas dentro de una hora a partir del inicio del mezclado, se permite un período máximo de 2 horas.
- La mezcla debe cumplir con el contenido de humedad óptimo especificado $\pm 2\%$.
- La base estabilizada será compactada de manera uniforme hasta obtener una densidad máxima seca no menor del 97%.
- Si no se obtiene la densidad requerida o existen problemas de homogeneización el Contratista debe corregir su proceso constructivo y realizar un nuevo tramo de prueba.



Mediante la nota informe EIC-Lanamme-1115-2023 el equipo auditor informó de incumplimientos en el proceso constructivo del tramo de prueba de base estabilizada con cemento, específicamente se detallaron los siguientes aspectos:

- El inicio del proceso de mezclado se registró a las 10:25 am, finalizando el proceso de compactación cerca de las 13:28 pm. La duración total fue de cerca de 3 horas, incumplimiento con el tiempo de ejecución establecido por el CR-2010.
- Se realizó un primer riego cerca de las 11:32 am, posteriormente sin realizar una verificación del contenido de humedad se realizaron dos riegos adicionales en los que no hubo control de la dosificación. La ausencia de control y verificación de humedad generó variaciones importantes en la densificación de la capa. El laboratorio encargado de autocontrol realizó diversos muestreos, obteniendo porcentajes de 85,1 %, 87,9 %, 94,7 %, 95,2 %, 98,1 %, 100,5 % (ver Figura 29) incumpliendo en 4 de 6 resultados con el porcentaje mínimo (97 %). En el proceso se registraron porcentajes de humedad que varían entre el 7,9 % y el 13 %, incumpliendo con la especificación de humedad óptima del CR-2010 (ver Figura 29).

Figura 29. Resultados de compactación laboratorio de autocontrol. Fotografía del 9 de noviembre de 2023.





La Administración brindó respuesta mediante el oficio GCTR-18-2023-1801 (1201) del 28 de noviembre de 2023 y mediante el oficio de descargo GCTR-18-2024-1552 (1201), indicando que el tramo de prueba fue de utilidad para la calibración del proceso constructivo de BE-25. También indicó que las fotografías de resultado de compactación no corresponden a las condiciones finales del tramo de prueba, y adjuntó los informes de laboratorio emitidos por autocontrol y verificación, documentos en los que se cumple con el 97 % de la compactación exigida por el CR-2010. Los informes de laboratorio con resultados de compactación adjuntos al oficio de respuesta son de recibo. No obstante, la evidencia recolectada fue constatada en sitio cuando ya se había excedido el plazo de construcción especificado por el CR-2010. Pese a cumplir con resistencia y densidad, la forma en que se registró y se llevó a cabo el proceso constructivo genera poca representatividad del tramo de prueba. El equipo auditor registró la variabilidad en la densidad y humedad del material colocado, incluyendo evidencia fotográfica mostrada anteriormente. Esta variabilidad no puede subsanarse con riegos de agua uniformes, por lo que se concluye que existió heterogeneidad en el tramo de prueba. Debido a este y los otros incumplimientos señalados anteriormente es criterio del equipo auditor que no se cumplieron con las especificaciones contractuales en la colocación de este tramo de BE-25.

2. Proceso constructivo

Posterior al tramo de prueba el Contratista continuó con la colocación de BE-25 en el proyecto. Mediante el oficio EIC-Lanamme-178-2024 del 26 de febrero de 2024 se remitieron a la Administración observaciones al proceso constructivo del tramo construido el día 16 de febrero de 2024. En estas se observó que se repitieron incumplimientos con la normativa vigente y que fueron señalados por el equipo auditor durante la construcción del tramo de prueba. Se señalan a continuación las observaciones realizadas. En relación con el tiempo de mezcla, compactación y acabado, la sección 302 Base Granular Estabilizada con Cemento del CR-2010 especifica en la subsección 302.05.02 Colocación y mezclado que:

“Las operaciones de incorporación del cemento, mezcla, compactación y acabado deberán ser continuas y completadas dentro de una hora a partir del inicio del mezclado, se permite un período máximo de 2 horas.” (MOPT, 2017)

Esta se complementa con la subsección 302.06 Compactación, en la que el manual establece que *“Todas las operaciones de compactación deberán completarse dentro de una hora desde el inicio de la mezcla, o hasta 2 horas si se utiliza retardador.” (MOPT, 2017)*. Por último, la sección 302.07 brinda la siguiente especificación relacionada al periodo de tiempo de colocación de base estabilizada con cemento, *“Todas las operaciones de acabado deberán completarse dentro de las 2 horas de inicio de mezcla como máximo.” (MOPT, 2017)*.

El día 16 de febrero el proceso de colocación de BE-25 inició a las 10:10 am y finalizó a las 12:25 pm, superando el plazo máximo de 1 hora para realizar las operaciones. También se excedió el plazo máximo de 2 horas para la construcción de BE-25 con retardante, a pesar de que la mezcla no contaba con aditivo.

El equipo auditor pudo observar que el control topográfico y ajuste del nivel y bombeo empleado por la empresa Contratista abarcó gran parte del lapso transcurrido entre la finalización del mezclado y el inicio de la compactación. Se considera que el control topográfico es un recurso de suma relevancia en el proceso constructivo de base estabilizada, no obstante, su ejecución se debe realizar con la celeridad pertinente para ajustarse a los tiempos establecidos contractualmente para llevar a cabo el proceso constructivo y así disminuir la propensión a incumplimiento de calidad por problemas de pérdida de humedad o problemas de densificación del material. El incumplimiento con el plazo del proceso constructivo es reiterativo, y se advirtió de ello mediante el oficio EIC-Lanamme-115-2023 el 20 de noviembre de 2023 en el que se realizaron observaciones del tramo de prueba.

La Administración brindó respuesta mediante el oficio GCTR-18-2024-0658 (1201), en el que se indicó que durante la visita del 16 de febrero se presentaron situaciones atípicas, ya que tras la revisión topográfica surgió la necesidad de realizar algunos ajustes. Además, indicó que se ajustaría el tiempo de ejecución de acuerdo con la recomendación recibida.

En lo que respecta a la verificación de compactación y humedad óptima, el laboratorio de autocontrol realizó el ensayo dos veces sin obtener resultados por encima del límite establecido por el CR-2010 (97 %). El laboratorio de verificación de calidad replicó el ensayo en el mismo punto seleccionado por el laboratorio de autocontrol utilizando datos propios como referencia para densidad máxima. El resultado obtenido en este caso fue un porcentaje de compactación del 100% (Figura 30). Tras los resultados obtenidos, el encargado del laboratorio de autocontrol realizó la medición con la densidad máxima y humedad óptima suministrada por el laboratorio de verificación de calidad, y obtuvo un resultado de porcentaje de compactación en sitio de 89 % (Figura 31).

De acuerdo con el método estándar de ensayo AASHTO T 310-22 Densidad y humedad en sitio por métodos nucleares, apartado 12.1 Precisión, el rango aceptable de diferencia entre mediciones de dos laboratorios va desde los 23,1 kg/m³ hasta los 33,6 kg/m³. Las mediciones no cumplen con el rango de precisión de la norma AASHTO T 310-22, ya que las densidades obtenidas por el laboratorio de verificación y autocontrol fueron de 1884 kg/m³ y 1679 kg/m³ respectivamente.

Figura 30. Medición de compactación laboratorio de verificación. Fotografía del 16 de febrero de 2024.



Figura 31. Medición de compactación laboratorio de autocontrol. Fotografía del 16 de febrero de 2024.



En respuesta, el oficio GCTR-18-2024-0658 (1201) aportó los certificados de calibración de los equipos de laboratorio con los que se realizaron los ensayos. También indicó que el laboratorio de autocontrol señaló posibles causas a las diferencias encontradas entre mediciones. Entre las justificaciones brindadas por el laboratorio de autocontrol se encuentra que, a pesar de ubicarse en el mismo punto, la orientación, superficie de contacto y profundidad de la medición pudo ser diferente a la utilizada por el laboratorio de verificación. Adicionalmente, señalaron que existen aspectos asociados a la estandarización diaria, así como a temas propios del equipo electrónico, que pudieron influir en el resultado.

Es criterio del equipo auditor que, pese a las posibles causas de las diferencias entre mediciones que indicó el laboratorio de autocontrol, existe incumplimiento con las tolerancias permitidas por AASTHO. La diferencia evidenciada entre las dos mediciones de compactación de los laboratorios de control y verificación de calidad es considerada inadmisibles. Por lo tanto, según las evidencias presentadas existe incertidumbre sobre los resultados de densificación registrados el día 16 de febrero de 2024.

OBSERVACIÓN 2: EL PLAN DE MITIGACIÓN DE ALTAS RESISTENCIAS NO FUE EJECUTADO DE ACUERDO CON LAS BUENAS PRÁCTICAS DE LA INGENIERÍA DE CARRETERAS.

Mediante el oficio EIC-Lanamme-1253-2023, el equipo auditor solicitó a la Administración indicar el procedimiento constructivo aprobado para la construcción de BE-25, incluyendo el protocolo de microfisurado observado en campo. La Administración brindó respuesta mediante el oficio GCTR-18-2023-2145 (1201) el 20 de diciembre de 2023 adjuntando el oficio QP OF 120 FL 2023 en el que el Contratista expone su criterio respecto al microfisurado. El Contratista indicó como referencia para la aplicación de microfisurado en el proyecto las Especificaciones Estándar para la Construcción de Carreteras del Departamento de Transportes de Texas (TxDOT). Entre los requerimientos de la TxDOT se mencionan:



1. Mantener el contenido de agua de la capa terminada entre 24 y 48 horas.
2. Posterior a las 24 horas utilizar un compactador vibratorio para realizar el microagrietamiento.
3. El compactador debe tener un peso igual o mayor a 10,8 ton, un tambor de 0,5 m de ancho y operar a velocidad de 3.2 km/h vibrando a amplitud máxima.
4. Se deben realizar de dos a cuatro pasadas a cobertura completa.

El contratista también referencia como fuente de consulta la Asociación de Cemento Portland (PCA). De acuerdo con la PCA no se genera daño permanente en la base estabilizada tras la aplicación del microfisurado, ya que al ser realizado en etapas tempranas su resistencia continúa desarrollándose posterior al procedimiento. Cabe destacar que el procedimiento fue aplicado a la totalidad del proyecto como parte del procedimiento constructivo rutinario, así aceptado en la orden de modificación tres.

Es criterio del equipo auditor que el microfisurado es una técnica que ha sido estudiada a nivel internacional, y por lo tanto se trata de un procedimiento efectivo en la disminución del agrietamiento. Pese a lo anterior, se identifican falencias en el control y ejecución de la medida correctiva seleccionada por el contratista, específicamente se señalan los siguientes puntos:

- Tal y como se mencionó anteriormente, mediante el oficio EIC-Lanamme-1253-2023 del 8 de diciembre de 2023, se indicó a la Administración que no se recomienda la aplicación de microfisurado en bases estabilizadas como una actividad generalizada del proceso constructivo.
- El informe denominado “Calibración de especificaciones para bases estabilizadas con cemento en Costa Rica”, informe LM-PI-UIIT-079-R de LanammeUCR, especifica que el microfisurado es una técnica correctiva que no debe ser aplicada de forma rutinaria.
- El informe LM-PI-UIIT-079-R recomienda aplicar microfisurado en bases con resistencia superior a los 272 psi (1,9 MPa) a los dos días de finalizar la compactación (situación en la que se pueden desarrollar grietas por contracción). A partir del procedimiento del microfisurado presentado, se evidencia que este no está basado en un criterio técnico de proyección de resistencias de la capa, únicamente se aplicó de forma generalizada.
- No se realizó ninguna medición del módulo de la base estabilizada con el objetivo de determinar la condición final de la capa construida. Tampoco se realizaron ensayos para verificar la efectividad y correcta ejecución del procedimiento de microfisurado.
- Con el objetivo de verificar la efectividad del microfisurado el Departamento de Transportes de Texas (TxDOT) recomienda aplicar un ensayo de deflectometría FWD antes y después de ejecutar la técnica. En función de la reducción del módulo se puede establecer si se obtuvo el impacto esperado.

- Con el objetivo de verificar el cumplimiento de las especificaciones aprobadas para el proyecto, se recomienda mantener en obra un registro de las actividades.

Por lo tanto, es criterio del equipo auditor que la medida mitigación de grietas utilizada no contó con un criterio técnico para validar la necesidad de su aplicación de forma generalizada. Además, no se contó con un criterio técnico basado en respuestas del pavimento que permitiera validar la efectividad del procedimiento y el estado de la estructura una vez que el microfisurado fuese aplicado.

HALLAZGO 8: SE IDENTIFICARON INCUMPLIMIENTOS CON LAS ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO EN PARÁMETROS VOLUMÉTRICOS DE ALGUNOS LOTES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE COLOCADA.

Mediante la nota informe EIC-Lanamme-0047-2024 se comunicó a la Administración los resultados obtenidos de núcleos de MAC extraídos en el tramo ubicado entre el punto de desfogue y la intersección de la ruta nacional No.23 con Calle la Morgue. De acuerdo con el apartado 405.11 Aceptación, del Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes (CR-2010) en su actualización 2017, la densidad de los núcleos debe ubicarse entre el 92 % y el 97 % de la gravedad específica máxima teórica. Los resultados resumidos en la Tabla 6 revelan una tendencia al cumplimiento con las especificaciones del proyecto. Se tiene como excepción los resultados del espécimen 1 del informe EIC-Lanamme-INF-0130-2024, resultados que no superan el 3 % de vacíos (ver Tabla 6).

Tabla 6. Ensayos de vacíos de aire en núcleos extraídos por LanammeUCR

Informe	Fecha de muestreo	Espécimen	Capa	Absorción de agua	Vacíos (%)
EIC-Lanamme-INF-0130-2024	7/12/2023	1	superior	0,37	2,9
EIC-Lanamme-INF-0130-2024	7/12/2023	2	superior	0,84	6
EIC-Lanamme-INF-0130-2024	7/12/2023	3	superior	1,68	5,8
EIC-Lanamme-INF-0130-2024	7/12/2023	*4	superior	2,61	6
EIC-Lanamme-INF-0130-2024	7/12/2023	5	superior	0,83	4,4
EIC-Lanamme-INF-0130-2024	7/12/2023	6	superior	0,62	5,6
EIC-Lanamme-INF-0130-2024	7/12/2023	1	inferior	0,34	2,3
EIC-Lanamme-INF-0130-2024	7/12/2023	2	inferior	0,70	4,7
EIC-Lanamme-INF-0130-2024	7/12/2023	3	inferior	1,02	5,5
EIC-Lanamme-INF-0130-2024	7/12/2023	4	inferior	1,96	7,7
EIC-Lanamme-INF-0130-2024	7/12/2023	5	inferior	0,36	3,6
EIC-Lanamme-INF-0130-2024	7/12/2023	*6	inferior	4,71	7,6
EIC-Lanamme-INF-0131-2024	15/12/2023	1	superior	1,97	6,1
EIC-Lanamme-INF-0131-2024	15/12/2023	2	superior	1,05	5,3
EIC-Lanamme-INF-0131-2024	15/12/2023	3	superior	0,89	4,7

*Ensayo de núcleo corregido con parafina

La Tabla 7 resume los resultados de espesor de los núcleos extraídos. De acuerdo con las especificaciones del proyecto se debe cumplir con un espesor de 150 mm. La mayoría de los resultados fueron satisfactorios con excepción de tres especímenes que obtuvieron magnitud cercana a los 145 mm. Es criterio del equipo auditor que los resultados pueden considerarse acorde a las especificaciones dado el bajo margen de diferencia.

Tabla 7. Espesores en núcleos de MAC LanammeUCR.

Informe	Muestra	Especimen	Altura (mm)
EIC-Lanamme-INF-0130-2024	M-2263-2023	1	182,98
EIC-Lanamme-INF-0130-2024	M-2263-2023	2	168,18
EIC-Lanamme-INF-0130-2024	M-2263-2023	3	166,83
EIC-Lanamme-INF-0130-2024	M-2263-2023	4	145,32
EIC-Lanamme-INF-0130-2024	M-2263-2023	5	145,01
EIC-Lanamme-INF-0130-2024	M-2263-2023	6	152,68
EIC-Lanamme-INF-0131-2024	M-2285-2023	1	145,77
EIC-Lanamme-INF-0131-2024	M-2285-2023	2	186,14
EIC-Lanamme-INF-0131-2024	M-2285-2023	3	187,30

La Tabla 8 y la Tabla 9 resumen los muestreos de MAC y los resultados de ensayos de volumetría realizados por LanammeUCR. Se identificaron incumplimientos en los parámetros de vacíos, VFA y relación polvo asfalto.

Tabla 8. Muestras de MAC de LanammeUCR.

Informe	Muestra	Fecha de producción	Asfalto (PTM) (%)	Gbs	GEMT
Límite inferior			5,6		
Límite superior			6,6	-	-
EIC-Lanamme-INF-0581-2024	M-2267-2023	12/12/2023	5,74	2,329	2,489
EIC-Lanamme-INF-0582-2024	M-0366-2024	28/2/2024	6,11	2,368	2,460
EIC-Lanamme-INF-0583-2024	M-0372-2024	29/2/2024	5,96	2,340	2,472

Tabla 9. Resultados de ensayos de volumetría realizados por LanammeUCR.

Muestra	Vacíos (%)	VMA (%)	VFA (%)	Polvo / asfalto (%)	Marshall	
					Estabilidad	Flujo
Límite inferior	3,0	14	65	0,6	800	25
Límite superior	5,0	-	75	1,3	-	35
M-2267-2023	6,4	15,1	57	1,5	18443,0	25,0
M-0366-2024	3,8	14,0	73	1,5	17819,0	27,0
M-0372-2024	5,4	14,9	64	1,4	19136,0	27,0

Por su parte, el laboratorio de verificación LGC realizó diversos muestreos a lo largo de la ejecución del proyecto. Los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación concuerdan con lo observado en las muestras de LanammeUCR, ya que se identifican incumplimientos en los parámetros de vacíos, VFA y relación polvo asfalto. El laboratorio de verificación también reportó dos incumplimientos con el tamiz No.4 y el porcentaje de asfalto de la mezcla (PTM). La Tabla 10, Tabla 11, Tabla 12, Figura 32, Figura 33 y Figura 34 resumen los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación.

Tabla 10. Muestras de MAC tomadas por el laboratorio de verificación.

Informe	Muestra	Fecha de producción	Asfalto (PTM) (%)	Gbs	GEMT
Límite inferior			5,6	-	-
Límite superior			6,6		
01-0064-2024	01-36107-2023	2/12/2023	6,08	2,352	2,467
01-0064-2024	01-36108-2023	3/12/2023	5,66	2,367	2,488
01-0064-2024	01-36271-2023	5/12/2023	5,85	2,359	2,459
01-0064-2024	01-37600-2023	12/12/2023	5,60	2,353	2,476
01-0549-2024	01-10858-2024	27/2/2024	6,70	2,366	2,437
01-0549-2024	01-10968-2024	28/2/2024	5,73	2,347	2,473
01-0549-2024	01-11402-2024	28/2/2024	5,35	2,366	2,486
01-0549-2024	01-11403-2024	28/2/2024	5,93	2,342	2,460
01-0549-2024	01-11836-2024	29/2/2024	5,85	2,358	2,479
01-0549-2024	01-11837-2024	29/2/2024	5,95	2,347	2,460

LGC, 2023; LGC, 2024

Tabla 11. Resultados de ensayos de MAC realizados por el laboratorio de verificación.

Muestra	Vacíos (%)	VMA (%)	VFA (%)	Polvo/asfalto (%)	Marshall	
					Estabilidad	Flujo
Límite inferior	3,0	14	65	0,6	800	25
Límite superior	5,0	-	75	1,3	-	35
01-0064-2024	4,7	15,0	69	1,4	1713,0	34,5
01-0064-2024	4,9	14,2	66	1,0	1912,0	34,0
01-0064-2024	4,1	14,6	72	0,9	1893,0	31,8
01-0064-2024	5,0	14,6	66	1,2	1833,0	31,3
01-0549-2024	2,9	15,4	81	1,1	1823,0	30,4
01-0549-2024	5,1	15,2	66	1,2	1747,0	32,8
01-0549-2024	4,8	14,1	66	1,2	1648,0	28,8
01-0549-2024	4,8	15,6	69	1,4	1764,0	27,0
01-0549-2024	4,9	14,9	67	1,5	1968,0	30,8
01-0549-2024	4,6	15,4	70	1,3	1950,0	35,0

Fuente: LGC, 2023; LGC, 2024

Tabla 12. Resultados de granulometría realizados por el laboratorio de verificación.

Muestra	25,4 mm (1")	19 mm (3/4")	12,7 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	4,75 mm (N°4)	2,36 mm (N°8)	1,18 mm (N°16)	0,6 mm (N°30)	0,3 mm (N°50)
Límite inferior	100	88	80	47	28	16	10	6	3,8
Límite superior	100	98	90	55	35	24	18	14	7,8
01-0064-2024	100	100	98	84	49	33	22	16	12
01-0064-2024	100	100	92	79	43	28	19	11	8
01-0064-2024	100	100	93	79	45	29	20	12	8
01-0064-2024	100	100	95	81	44	30	21	12	8
01-0549-2024	100	100	98	83	47	32	23	16	12
01-0549-2024	100	100	90	74	42	29	18	13	10
01-0549-2024	100	100	89	68	41	28	18	13	10
01-0549-2024	100	100	98	85	48	31	21	15	12
01-0549-2024	100	100	95	83	46	30	21	16	12
01-0549-2024	100	100	95	85	47	30	21	15	12

Fuente: LGC, 2023; LGC, 2024

El equipo auditor comprobó que el análisis de factor de pago presente en el informe de laboratorio 01-0549-2024 cumple con las especificaciones del proyecto, por lo que se recomendó su aplicación a las estimaciones de pago correspondientes. No obstante, se identificó que para este cálculo se estableció el límite superior de la relación polvo asfalto en 1,6. Mediante la nota informe EIC-Lanamme-416-2024 se solicitó indicar si este valor fue aprobado en alguna especificación especial para el proyecto, ya que el valor máximo permitido por el CR-2010 en su actualización 2017 es de 1,3. En respuesta el oficio GCTR-18-2024-1211 (1201) indicó que, en atención a lo señalado en el oficio LM-PI-152-2016 de LanammeUCR en el que se sugiere el uso de un valor máximo de 1,6, tras un acuerdo entre las partes, se autorizó este nuevo límite.

Para establecer el límite máximo del parámetro polvo asfalto, se recomienda en futuros proyectos utilizar los criterios expuestos por el CR-2010 o versión vigente, en el que se asigna un valor máximo de 1,3 en carreteras de tránsito pesado y un valor de 1,6 en carreteras de tránsito medio. Cabe destacar que el diseño de la estructura de pavimento y el diseño de mezcla asfáltica deben tomar en consideración la clasificación de la carretera. Ambos documentos deben utilizar la misma clasificación



Figura 32. Representación gráfica granulometría, contenido de asfalto y vacíos.

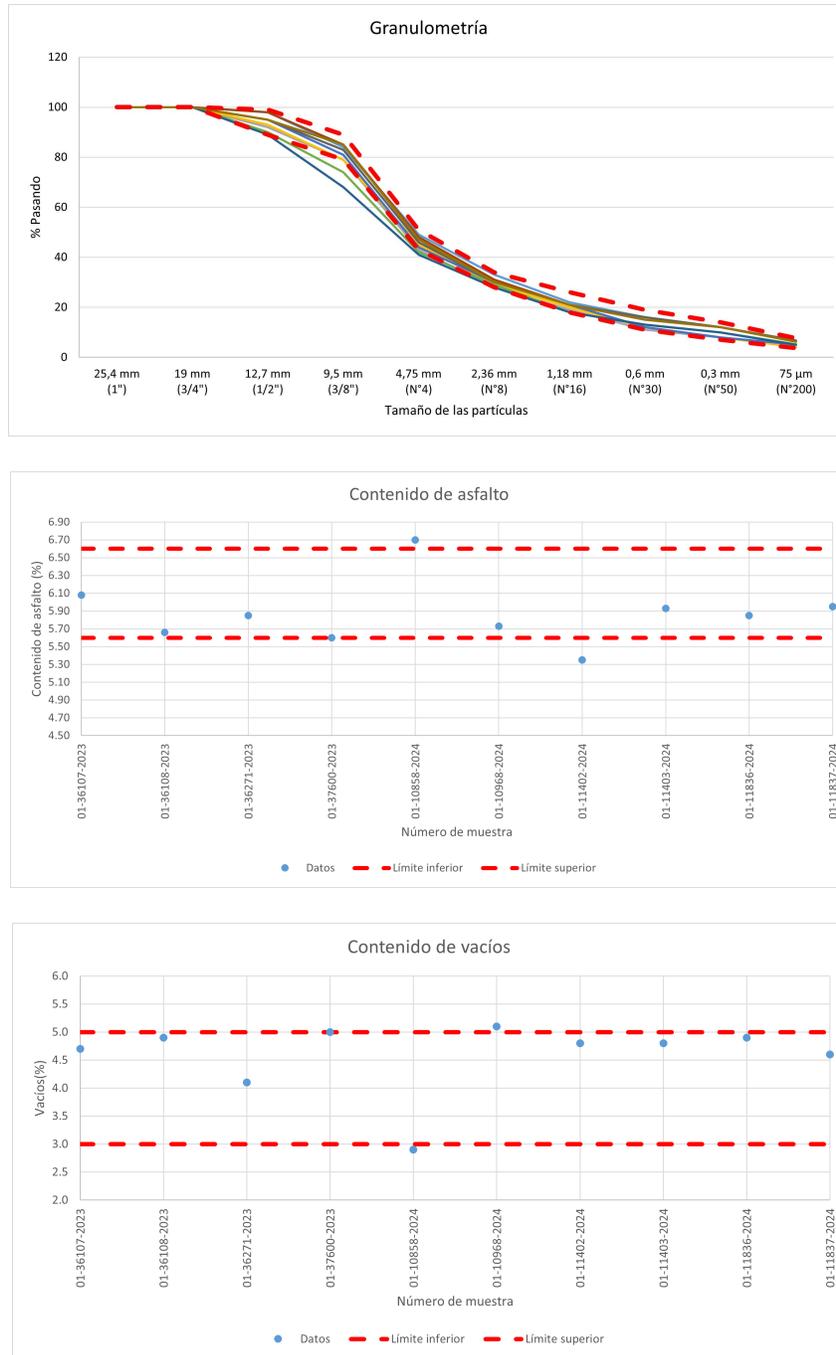




Figura 33. Representación gráfica de resultados de VMA, VFA y P/A.

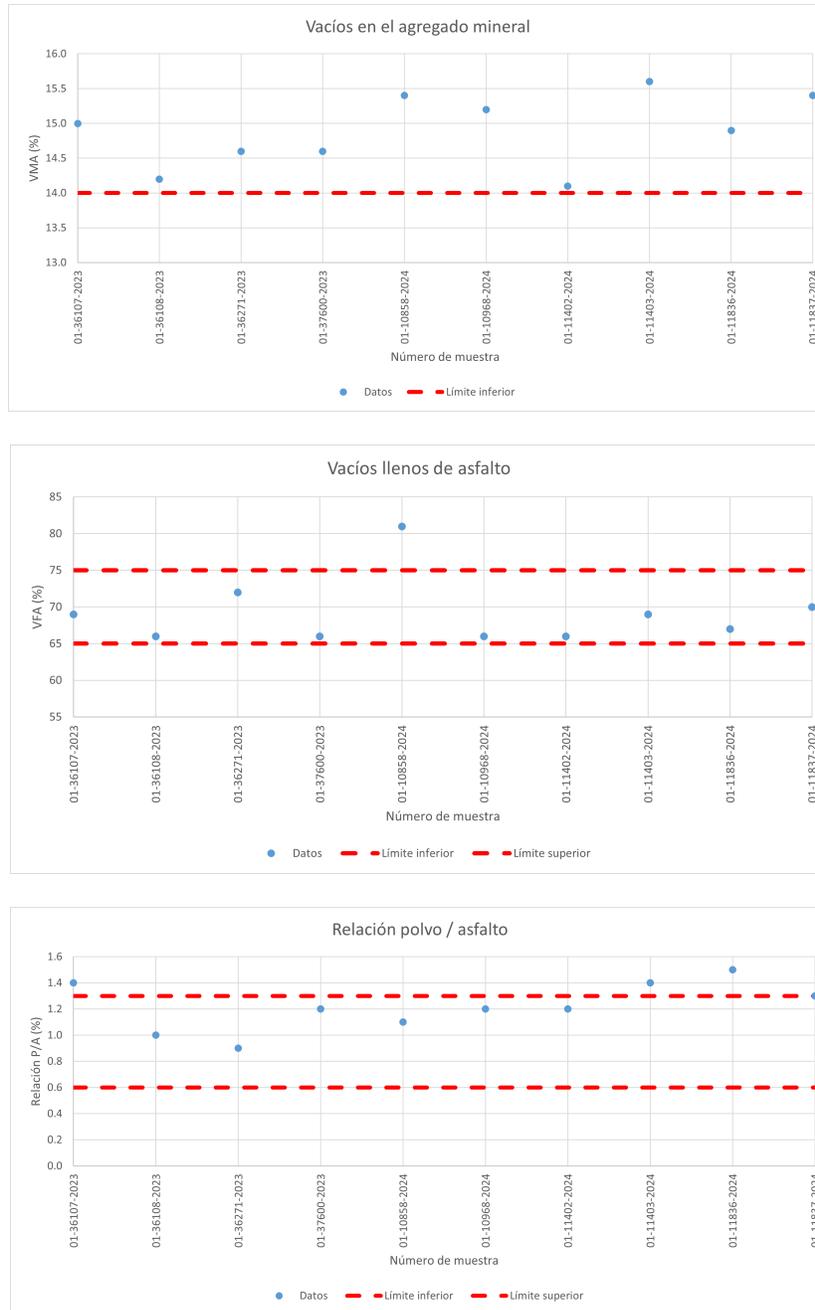
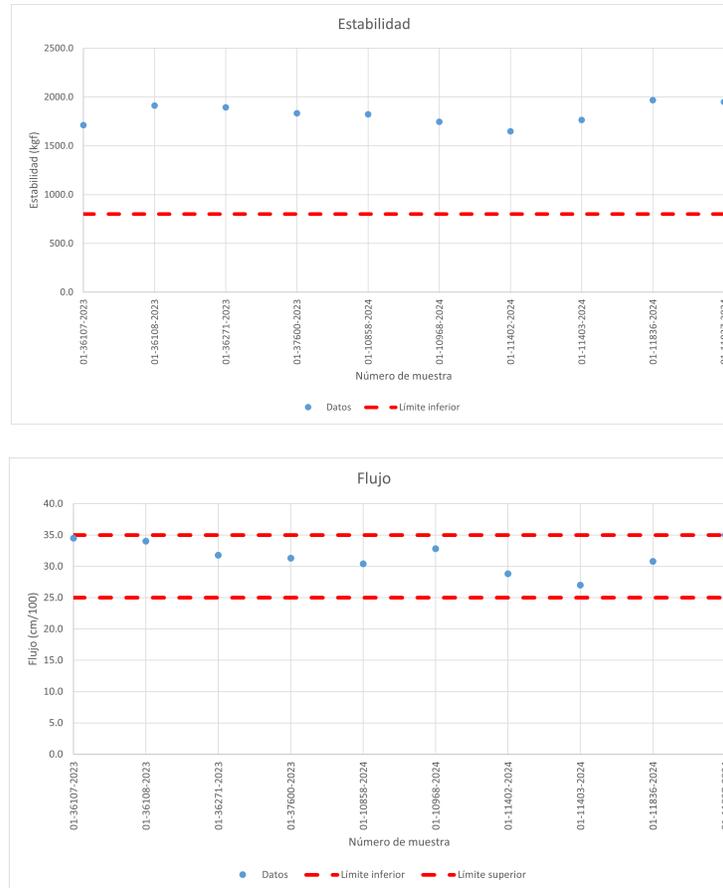




Figura 34. Representación gráfica resultados de estabilidad y flujo Marshall





10. CONCLUSIONES

En el siguiente apartado se resumen las conclusiones del presente informe de auditoría técnica, es importante recalcar el hecho de que, oportunamente a lo largo del proceso de auditoría se ha comunicado a la Administración todas las conclusiones descritas a continuación, mediante oficios o notas-informe.

Sobre la seguridad vial del proyecto

- El plan de manejo de tránsito cumple con la normativa vigente, sin embargo, existen algunas oportunidades de mejora, orientadas a la verificación de velocidad de tránsito en campo.
- Se destaca la ausencia de detalles con configuraciones típicas de cierres y de las soluciones por implementar en el proyecto. Las imágenes satelitales mostradas no cuentan con la información mínima necesaria para el plan de control de obra.
- Se evidenció el uso de elementos para la protección de peatones y vehículos en excavaciones tales como cables y malla plástica. Estos dispositivos no cumplen con las especificaciones del proyecto.
- Se identifican oportunidades de mejora en la colocación de barreras plásticas, ya que se colocan separadas entre sí, lo que impide su correcto funcionamiento.
- Durante el desarrollo del proyecto la Administración aplicó medidas de mejora tales como delimitar y señalizar el perímetro de trabajo. Además, se incorporó el uso de dispositivos complementarios, lo cual se considera una buena práctica constructiva, siempre y cuando no se utilicen para sustituir dispositivos normados.
- Algunos de los dispositivos señalados dentro de este informe como elementos por fuera de la normativa fueron incorporados en sectores bajo la modalidad de cierre total. En estos sectores no es necesaria la colocación de dispositivos de contención que ofrezcan el mismo nivel de seguridad que en sitios con flujo vehicular. La evidencia presentada busca mejorar la colocación de barreras en sitios que sí mantuvieron abierto el paso de vehículos, así como el uso de dispositivos normados para seguridad peatonal.

Sobre la gestión de la calidad de los materiales y el proceso constructivo

- Los resultados de resistencia a compresión de concreto cumplen con las especificaciones en los planos de obra.
- Se observó alta variabilidad en el asentamiento de las muestras de concreto tomadas en sitio. Su debido control busca mantener trabajabilidad y por ende mejorar el proceso constructivo.
- Se evidencian malas prácticas constructivas en la preparación de la superficie, colocación del acero de refuerzo, colocación del concreto y manejo de residuos de la estructura de desfogue en el estacionamiento 0+257. Posteriormente, al recibir la notificación del equipo auditor, la ingeniería de proyecto aplicó las medidas



correctivas correspondientes para mejorar el proceso constructivo en otras obras del proyecto. Al cierre del informe permanece pendiente completar la limpieza de residuos sólidos en el punto de desfogue (proceso en ejecución a la fecha de emisión de este informe).

- Se modificaron las especificaciones en planos para juntas de tuberías de concreto sin realizar una orden de modificación.
- Se identifican oportunidades de mejora en la construcción de pozos pluviales relacionadas a colocación de concreto en la losa de fondo, colocación de acero de refuerzo e incorporación de aberturas posterior a la colocación de concreto. La Administración implementó medidas correctivas en las prácticas de colocación de concreto y colocación de acero de refuerzo, mejorando el proceso constructivo utilizado en el proyecto, una vez que se alertó sobre las observaciones identificadas.
- Se identificaron deterioros prematuros en elementos de cordón de caño y pozos pluviales. La Administración inició el proceso de corrección en los defectos encontrados (se encuentra pendiente de finalización a la fecha de emisión de este informe). Además, solicitó correcciones en el procedimiento constructivo para las etapas pendientes de construcción.
- El procedimiento constructivo de BE-25 evidencia incumplimientos con el tiempo de ejecución establecido cartelariamente. La Administración indicó que se incorporarán medidas correctivas con el objetivo de cumplir con la normativa en lo que resta del proyecto.
- Se evidenciaron inconsistencias en términos de compactación y humedad óptima durante las colocaciones del 9 de noviembre de 2023 y 16 de febrero de 2024. Los resultados del laboratorio de verificación obtuvieron resultados acordes a la normativa, sin embargo, el laboratorio de autocontrol obtuvo resultados en campo que no alcanzaron el límite mínimo.
- La orden de modificación tres estableció un nuevo límite máximo de la resistencia en base estabilizada con cemento que podría favorecer el agrietamiento de esta capa.
- Utilizando las especificaciones de la orden de modificación tres, se identificaron incumplimientos con el límite máximo de la resistencia a compresión de la base estabilizada con cemento en la totalidad de los muestreos realizados por LanammeUCR.
- Los resultados del laboratorio de verificación de resistencia a la compresión de la base estabilizada se encuentran dentro del límite aprobado.
- El procedimiento de micro agrietamiento no contó con un criterio técnico para verificar la necesidad de su aplicación de forma generalizada en el proyecto.
- No se realizaron ensayos para evaluar la efectividad del microagrietamiento ni la condición final de la base estabilizada. Se aclara que estos ensayos no son de carácter contractual, sin embargo, la Administración pudo haber valorado solicitarlos



cuando permitió la aprobación del microfisurado como una herramienta para verificar la efectividad de la medida mitigatoria. La Administración indicó que valorará implementarlos en la etapa del proyecto que permanece pendiente de ejecución.

- Los resultados de ensayos de LanammeUCR a núcleos de MAC presentan una tendencia al cumplimiento con parámetros de vacíos y espesores de capa.
- Se identificaron incumplimientos en parámetros volumétricos de MAC tales como vacíos, VFA y relación polvo asfalto en algunos lotes de la MAC colocada en el proyecto. Se debe mencionar que la Administración realizó el cálculo correspondiente de factor de pago acorde a las especificaciones aprobadas. La Administración indicó que los rebajos económicos deben ser aplicados en la estimación de pago No.11, la cual está en proceso de emisión, por lo que no fue recibida por el equipo auditor al finalizar este informe
- Se evaluó el pago en la función de la calidad con un límite máximo de relación polvo asfalto que corresponde a la clasificación de tránsito medio. El diseño mezcla fue realizado para una carretera con clasificación de tránsito pesado, por lo que se identifica una diferencia en la selección del tipo de tránsito respecto al criterio de aceptación utilizado, lo que modifica el límite permitido.



11. RECOMENDACIONES

A continuación, se listan algunas recomendaciones para que sean consideradas por la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes de Conavi, con el propósito de que se definan e implementen soluciones integrales en los proyectos que ejecuta esta unidad.

Sobre la seguridad vial del proyecto

A la Dirección General de Ingeniería de Tránsito del MOPT

- Solicitar láminas con detalles de las configuraciones de dispositivos de seguridad en los sitios del proyecto requeridos.

A la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes de Conavi

- Solicitar aplicar de forma correcta el plan de manejo de tránsito aprobado, el uso correcto de los dispositivos de contención, señalización vertical y control de velocidad de operación. Se recomienda en futuras contrataciones incluir sanciones o mecanismo a aplicar ante posibles incumplimientos con el PMT dentro del cartel de licitación.

Sobre la gestión de la calidad de los materiales y el proceso constructivo

A la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes de Conavi

- Establecer en el diseño de mezcla un límite máximo y un límite mínimo del asentamiento de concreto para su aceptación en la obra.
- Realizar una inspección detallada a la superficie sobre la que se coloca concreto, la configuración del acero de refuerzo y las prácticas constructivas utilizadas.
- Aplicar sanciones ante incumplimientos con la correcta disposición de desechos y residuos de concreto.
- Exigir el uso de las especificaciones dispuestas en planos constructivos respecto al tipo de junta por utilizar en uniones de tuberías pluviales. Se recomienda, en caso de que se desee brindar mayor flexibilidad a la especificación, para futuros proyectos incluir las juntas con mortero dentro de planos constructivos, de esta forma se puede mejorar la concordancia de estas con las especificaciones generales del proyecto.
- Solicitar un control estricto en las prácticas constructivas de pozos pluviales, para garantizar el correcto funcionamiento del acero de refuerzo.
- Se recomienda no aceptar elementos de concreto con patologías tales como hormigueros, ya que estos pueden ser evitados con un adecuado control del asentamiento del concreto y buenas prácticas de vibrado. Esta recomendación es aplicable a aquellos casos en que se comprometa la integridad del elemento. En aquellos casos en que no se afecte la funcionalidad del elemento cabe la posibilidad de realizar reparaciones.
- No realizar aberturas en pozos pluviales para realizar conexiones no contempladas previo a la colocación de concreto. En caso de realizarlo se deben adoptar medidas especiales para la impermeabilización de la unión.
- Solicitar las reparaciones necesarias en cordón de caño y aceras.



- Solicitar el ajuste en la dimensión de los paños de base estabilizada por construir en casos donde se hayan identificado incumplimientos en tiempos de ejecución.
- Solicitar a la Supervisora un aumento en el chequeo de puntos de densificación en los casos en que las mediciones de humedad y compactación generan incertidumbre.
- Utilizar la normativa vigente para establecer el límite máximo en la resistencia de base estabilizada con cemento, ya que con un adecuado diseño de mezcla permite su cumplimiento. Las especificaciones del CR-2010 tienen el objetivo de evitar agrietamiento y deterioros prematuros.
- Mantener un control estricto en el cumplimiento del límite máximo de la resistencia en bases estabilizadas con cemento.
- No ejecutar técnicas de micro agrietamiento de forma generalizada. Se recomienda utilizar un criterio técnico basado en el monitoreo de resistencias a edades tempranas para verificar la necesidad de aplicar medidas correctivas ante altas resistencias en base estabilizada con cemento. Se recomienda valorar la incorporación de ensayos de deflectometría antes y después de la aplicación de la medida mitigatoria del microfisurado para poder evaluar y validar la efectividad del procedimiento aplicado, así como la documentación de todo el proceso.
- Valorar la solicitud de aplicación de medidas correctivas al proceso de producción ante incumplimientos en parámetros tales como VFA, vacíos y relación polvo asfalto. El factor de pago del CR-2010 es más restrictivo que el aprobado para el proyecto, y permitiría cumplir con este objetivo.
- Utilizar los límites establecidos por la normativa nacional en parámetros de calidad de MAC.

12. REFERENCIAS

- Ávila, T. (2012). *Experiencia costarricense en diseño, aseguramiento de la calidad y construcción de bases estabilizadas con cemento*. San Pedro: LanammeUCR.
- Decreto Ejecutivo N° 38799-MOPT. (2015). *Reglamento de dispositivos de seguridad y control temporal de tránsito para la ejecución de trabajos en las vías*. San José: La Gaceta N° 121.
- LanammeUCR (2020). *Calibración de especificaciones para bases estabilizadas con cemento en Costa Rica*. Unidad de Investigación en Infraestructura del Transporte. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR).
- MOPT. (2010). *Manual de Especificaciones Generales para la construcción de Caminos, Carreteras y Puentes CR-2010*. San José.
- MOPT. (2017). *Manual de Especificaciones Generales para la construcción de Caminos, Carreteras y Puentes CR-2010*. San José.
- MOPT. (2015). *Manual Técnico de Dispositivos de Seguridad y Control Temporal de Tránsito para la Ejecución de Trabajos*. Costa Rica.
- SIECA. (2000). *Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito*. Guatemala.
- TXDOT (2014). *Item 275 Cement Treatment (Road-Mixed)*. Texas Department of Transportation.
- TXDOT (2006). *Microcracking Stabilized Bases during Construction to Minimize Shrinkage*. Texas Department of Transportation.



EQUIPO AUDITOR		
Preparado por: Ing. Luis Paulino Rodríguez Solano Auditor Técnico	Revisado por: Ing. Sergio Guerrero Aguilera Auditor Técnico	
Revisado y aprobado por: Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc. Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica	Revisión Legal: Lic. Giovanni Sancho Sanz Coordinador de Asesoría Legal, LanammeUCR	Aprobado por: Ing. Rolando Castillo Barahona, Ph.D. Director General LanammeUCR

13. ANEXOS

Anexo A. Análisis de descargo al Informe Preliminar EIC-Lanamme-0690B-2024 y oficio GCTR-18-2024-1552 (1201) con fecha del 7 de junio de 2024, descargo al Informe Preliminar EIC-Lanamme-0690B-2024.

1. Descargo GCTR-18-2024-1552 (1201):
<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/cloud/index.php/s/b86Zb28yUFJiQ8N>
2. Análisis del descargo UAT:
<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/cloud/index.php/s/ou4zUnm1UK3eNsg>

Anexo B. Proceso de valoración de los resultados de la auditoría realizada.

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

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

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

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

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



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

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

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

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

En la Tabla B.3, se muestra la valoración de los resultados de la auditoría de este informe. También se muestra la prioridad de atención sugerida, según la escala de colores mostrada en la Tabla B.2.

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

Hallazgo/observación	Cumplimiento Contractual	Impacto	Urgencia	Promedio
Hallazgo 1: El contenido del plan de manejo de tránsito y su aplicación presenta oportunidades de mejora	3.7	3.3	3.0	3.3
Hallazgo 2: El concreto colocado cumple con la resistencia a compresión esperada	1.0	1.0	1.0	1.0
Hallazgo 3: Se identificaron deficiencias en la construcción de la estructura de desfogue del estacionamiento 0+227	4.3	3.0	1.0	2.8
Hallazgo 4: Se identificaron oportunidades de mejora en la construcción del sistema pluvial.	4.0	1.7	1.0	2.2
Hallazgo 5: Se identificaron deterioros prematuros en el cordón de caño.	2.3	1.0	1.0	1.4
Observación 1: Se modificó el límite máximo de resistencia de base estabilizada con cemento establecido por el CR-2010.	2.0	5.0	4.7	3.9
Hallazgo 6: Se identificaron incumplimientos con las especificaciones del proyecto en la construcción de base estabilizada con cemento.	3.3	4.0	3.3	3.6
Hallazgo 7: Se identificaron prácticas constructivas de base estabilizada con cemento que incumplen con las especificaciones del proyecto.	5.0	3.0	4.3	4.1
Observación 2: El plan de mitigación de altas resistencias no fue ejecutado de acuerdo con las buenas prácticas de la ingeniería de carreteras.	2.0	4.3	4.0	3.4
Hallazgo 8: Se identificaron incumplimientos con las especificaciones del proyecto en parámetros volumétricos de algunos lotes de la MAC colocada	2.7	3.0	2.3	2.7