



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR)

Informe: EIC-Lanamme-INF-0643-2024

ANÁLISIS DE LOS ESTUDIOS PRELIMINARES, LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES, DEL PROCESO CONSTRUCTIVO Y DESEMPEÑO DEL PROYECTO DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PASO A DESNIVEL EN EL CRUCE “LA GALERA” RUTAS NACIONALES 2 Y 251. LICITACIÓN PÚBLICA NO. 2019-LN-000014-0006000001



Informe final
Preparado por:

Unidad de Auditoría Técnica
LanammeUCR

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

San José, Costa Rica
Julio, 2024





9. Valoración de resultados

<p>Hallazgo 1. La memoria de cálculo en hidráulica e hidrología no cumple con algunos de los requisitos del cartel de licitación</p>	
<p>Hallazgo 2. La información mostrada en planos sobre el sistema pluvial no cumple con la totalidad de los requisitos solicitados en el cartel de licitación y memoria de cálculo</p>	
<p>Observación 1. Se evidenciaron oportunidades de mejora en el diseño de la estructura de pavimento respecto a lo indicado en el cartel de licitación</p>	
<p>Observación 2. Se detectaron oportunidades de mejora en los documentos contractuales en cuanto a topografía</p>	
<p>Observación 3. Se detectaron oportunidades de mejora en el cumplimiento del plan de manejo de tránsito</p>	
<p>Hallazgo 3. La resistencia requerida a 28 días de las muestras de concreto de 280kg/cm² y 700kg/cm² tomadas por el LanammeUCR y por la verificación de calidad se encuentra por encima de la resistencia requerida en el diseño</p>	
<p>Observación 4. Los informes de diseño de mezcla asfáltica elaborados por el contratista presentan oportunidades de mejora</p>	
<p>Hallazgo 4. Se evidenció el cumplimiento de los parámetros volumétricos de las muestras de mezcla asfáltica tomadas por el LanammeUCR y por la verificación de calidad</p>	



<p>Observación 5. Los informes de diseño de base estabilizada presentan modificaciones respecto a lo indicado en la normativa CR-2010, versión actualizada en el 2017</p>		
<p>Observación 6. No se evidenció sustento técnico que respalde las modificaciones a la normativa de bases estabilizadas aprobada en la OM-6 Y OM-9 del proyecto</p>		
<p>Observación 7. Los resultados de resistencia a la compresión de pastillas de BE-25 tanto del laboratorio de verificación como del LanammeUCR presentan incumplimientos en el límite superior de la especificación del CR-2010 versión actualizada</p>		
<p>Hallazgo 5. Se identificaron incumplimientos en IRI en algunos de los tramos de 100 m evaluados en los carriles del proyecto</p>		
<p>Observación 8. Se evidenció una condición estructural de 27% de tramos evaluados en condición regular y 9% en condición severa para las secciones analizadas</p>		
<p>Observación 9. El 4% de los tramos evaluados presentó un coeficiente de fricción bajo</p>		
<p>9. Palabras clave auditoría técnica, estudios preliminares, estudios hidrológicos, estudios geotécnicos, estudios hidráulicos, diseño de pavimentos, diseño geométrico, diseño de materiales, calidad de materiales, base estabilizada, concreto, mezcla asfáltica, procesos constructivos, desempeño, pago en función de la calidad</p>	<p>10. Nivel de seguridad Ninguno</p>	<p>11. Núm. de páginas 96</p>



INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

Análisis de los estudios preliminares, gestión de la calidad del proceso constructivo y desempeño del proyecto de Diseño y Construcción del paso a desnivel en el cruce "La Galera" Rutas Nacionales 2 y 251. Licitación Pública No. 2019-LN-000014-0006000001

Departamento encargado del proyecto: Consejo Nacional de Vialidad, CONAVI
Dirección de Contratación de Vías y Puentes, CONAVI
Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, CONAVI

Supervisora del proyecto: Vieto y Asociados S.A.
Laboratorio de verificación de calidad: Vieto y Asociados S.A.

Empresa contratista: Consorcio TYPASA CONANSA PUENTE PREFE S.A.
Laboratorio de control de calidad: L.G.C. Ingeniería en pavimentos S.A.

Montos originales de los contratos: ₡2 019 966 005,75 – dos mil diecinueve millones novecientos sesenta y seis mil cinco colones con 75/100 - (Monto original del contrato)

Plazo original de ejecución: 510 (quinientos diez) días naturales, divididos de la siguiente manera: 150 (ciento cincuenta) días naturales para el diseño y 360 (trescientos sesenta) días naturales para la construcción (dato indicado en el contrato original)

Director General LanammeUCR:
Ing. Rolando Castillo Barahona, PhD

Coordinadora de Auditoría Técnica:
Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.

Auditores:
Ing. Ana Elena Hidalgo Arroyo, PhD. (Auditora Líder)
Ing. Francisco Fonseca Chaves (Auditor adjunto)
Ing. Luis Paulino Rodríguez (Auditor adjunto)

Expertos Técnicos
Ing. Ana Monge Sandí, MSc.
Ing. Esteban Oconitrillo Varela
Ing. Esteban Vargas, MSc
Programa de Ingeniería Estructural

Asesoría Legal:
Lic. Giovanni Sancho Sanz y Licda. Nidia María Segura Jiménez

Alance del informe: El alcance de esta auditoría técnica consiste en evaluar la calidad de los estudios preliminares utilizados en el diseño del proyecto, se analizó específicamente los estudios geotécnicos, los estudios hidrológicos e hidráulicos, los diseños de pavimento, y estudios de diseño geométrico y seguridad vial y los planos asociados. Además, se complementó con la evaluación de la calidad de los materiales utilizados y colocados en el proyecto, así como las prácticas y los procedimientos constructivos en el mismo y la evaluación del desempeño del proyecto, entre los meses de febrero 2023 a marzo 2024.



TABLA DE CONTENIDO

1.	FUNDAMENTACIÓN.....	10
2.	OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS	10
3.	OBJETIVOS DEL INFORME.....	11
	OBJETIVO GENERAL	11
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
4.	ALCANCE DEL INFORME	11
5.	ANTECEDENTES	12
6.	METODOLOGÍA.....	14
7.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	17
8.	AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSION PRELIMINAR EIC-LANAMME-INF-0643-2024.....	19
9.	RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA	20
	A. SOBRE LA REVISIÓN DE LOS ESTUDIOS DE HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA DEL PROYECTO.	21
	HALLAZGO 1: La memoria de cálculo en hidráulica e hidrología no cumple con algunos de los requisitos del cartel de licitación.....	21
	HALLAZGO 2: La información mostrada en planos sobre el sistema pluvial no cumple con la totalidad de los requisitos solicitados en el cartel de licitación y memoria de cálculo	23
	B. Sobre EL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO	25
	OBSERVACION 1: Se evidenciaron oportunidades de mejora en el diseño de la estructura de pavimento respecto a lo indicado en el cartel de licitación	25
	C. SOBRE ASPECTOS DE TOPOGRAFÍA.....	29
	OBSERVACION 2. Se detectaron oportunidades de mejora en los documentos contractuales en cuanto a topografía.	29
	D. SOBRE LA IMPLEMENTACION DEL PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO Y OTROS ASPECTOS DE SEGURIDAD VIAL.....	34
	OBSERVACION 3. Se detectaron oportunidades de mejora en el cumplimiento del plan de manejo de tránsito.	34
	E. SOBRE la calidad DEI CONCRETO	40
	HALLAZGO 3. la resistencia requerida a 28 días de las muestras de concreto de 280kg/cm ² y 700kg/cm ² tomadas por el LanammeUCR y por la Verificación de Calidad se encuentra por encima de la resistencia requerida en el diseño	40
	F. SOBRE EL DISEÑO DE MEZCLA Y LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA	46
	OBSERVACION 4. Los informes de diseño de Mezcla asfáltica ELABORADOS por el contratista presenta oportunidades de mejora.....	46
	HALLAZGO 4. Se evidenció el cumplimiento de los parámetros volumétricos de las muestras de mezcla asfáltica tomadas por el LanammeUCR y por la Verificación de Calidad.....	48
	G. SOBRE EL DISEÑO DE MEZCLA Y LA CALIDAD DE LA BASE ESTABILIZADA	50
	OBSERVACION 5. Los informes de diseño de Base estabilizada presentan modificaciones respecto a lo indicado en la normativa CR-2010, version actualizada en el 2017.	50
	OBSERVACION 6. no se evidenció sustento técnico que respalde las modificaciones a la normativa de bases estabilizadas aprobada en la OM-6 y OM-9 del proyecto	54
	OBSERVACION 7. Los resultados de resistencia a la compresión de PASTILLAS DE BE-25 tanto del laboratorio de Verificación como del LanammeUCR presentan incumplimientos en el límite superior de la especificación del CR-2010 versión actualizada.	60
	H. SOBRE LA MEDICIÓN DE REGULARIDAD SUPERFICIAL Y EL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL IRI	67



HALLAZGO 5 Se identificaron incumplimientos en IRI en algunos de los tramos de 100 m evaluados en los carriles del proyecto. 69

I. SOBRE EL ANÁLISIS DE DEFLEXIONES..... 74

OBSERVACION 8. Se evidenció una condición estructural de 27% de tramos evaluados en condición regular y 9% en condición severa para las secciones analizadas. 76

J. SOBRE EL AGARRE SUPERFICIAL, Grip Tester 79

OBSERVACION 9. EL 4% de los tramos evaluados presentó un coeficiente de fricción bajo 80

10. CONCLUSIONES..... 83

11. RECOMENDACIONES 87

12. REFERENCIAS 91

13. ANEXOS..... 94



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de correspondencia enviada y recibida del proyecto	15
Tabla 2. Giras técnicas realizadas al proyecto en el periodo de estudio	16
Tabla 3. Resultados de ensayos de temperatura, asentamiento o flujo realizados por el LanammeUCR, concreto f_c' :280 kg/cm ²	41
Tabla 4. Resultados de ensayos de temperatura, asentamiento o flujo realizados por la verificación de calidad, concreto f_c' :280 kg/cm ²	42
Tabla 5. Resultados de ensayos de temperatura, asentamiento o flujo realizados por el LanammeUCR, concreto f_c' :700 kg/cm ²	43
Tabla 6. Resultados de ensayos de temperatura, asentamiento o flujo realizados por el laboratorio de verificación de calidad, concreto f_c' :700 kg/cm ²	44
Tabla 7. Resultados de ensayos de volumetría para mezcla asfáltica en caliente de 19mm realizados por el LanammeUCR	49
Tabla 8. Resultados de ensayos de volumetría para mezcla asfáltica en caliente de 19mm realizados por verificación de calidad	50
Tabla 9. Comparación entre la actualización del CR-2010 en el 2017 (Norma AASTHO T-180) y las especificaciones aplicadas en el proyecto	51
Tabla 10. Renglones de pago según CR-2010 actualizado descritos en la OM-6	54
Tabla 11. Cambios realizados en la OM-9 con respecto a la normativa nacional	55
Tabla 12. Resumen de cambios entre la especificación nacional CR-2010 y lo acordado en el proyecto a través de la OM-6 y OM-9	60
Tabla 13. Resistencia a la compresión a los 7 días de los muestreos de base estabilizada BE-25 realizados por LanammeUCR. (Escenario 1)	62
Tabla 14. Resistencia a la compresión a los 7 días de los muestreos de base estabilizada BE-25 realizados por LanammeUCR. (Escenario 2)	64
Tabla 15. Resistencia a la compresión a los 7 días de los muestreos de base estabilizada BE-25 realizados por el laboratorio de verificación de calidad. (Escenario 2)	65
Tabla 16. Especificación IRI cumplimiento de promedio de diez valores de IRI	69
Tabla 17. Evaluación IRI, sección 1: Ruta 2 y 252: Dos carriles mismo sentido, desde aproximadamente el puente peatonal RN 2 a RN 252 hasta Gimnasio Oxygeno, carril externo.....	72
Tabla 18. Distribución de los sensores en el ensayo de FWD (cm)	74
Tabla 19. Clasificación de la condición estructural para pavimentos con base estabilizada y base granular.	76
Tabla 20. Resumen con la clasificación obtenida en los parámetros D ₀ , B _{LI} , M _{LI} y L _{LI} , correspondiente a cada uno de los estacionamientos y carriles evaluados de base estabilizada... 77	77
Tabla 21. Resumen con la clasificación obtenida en los parámetros D ₀ , B _{LI} , M _{LI} y L _{LI} , correspondiente a cada uno de los estacionamientos y carriles evaluados de base granular.....	78
Tabla 22. Clasificación porcentual de la fricción superficial del proyecto mediante el parámetro GripNumber.	80



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Intersección “La Galera”. Ruta Nacional No. 2 – Ruta Nacional No. 251	18
Figura 2. Clasificación vehicular utilizada en el informe de diseño de pavimentos	26
Figura 3. Clasificación vehicular por tipo de eje	27
Figura 4. Ausencia de sistemas de contención vehicular en márgenes de la vía aledañas a zonas de excavación, adecuadamente diseñados e instalados.....	35
Figura 5. Uso de dispositivos no normados como elementos de canalización en las zonas de control temporal.....	36
Figura 6. Ejemplos de borrado inadecuado de la demarcación vial existente	36
Figura 7. Ausencia de infraestructura de transporte público y señalización vial	37
Figura 8. Ausencia de facilidades para los usuarios del servicio de transporte público	37
Figura 9. Intersección sin banderilleros, señalización ni canalización respectiva	38
Figura 10. Zona del proyecto sin dispositivos de canalización vial.....	38
Figura 11. Resultados de ensayos de resistencia promedio a la compresión para muestras con fc' 280kg/cm ² realizados por el LanammeUCR	41
Figura 12. Resultados de ensayos de resistencia promedio a la compresión para muestras con fc' 280kg/cm ² realizados por el laboratorio de verificación de calidad	42
Figura 13. Resultados de ensayos de resistencia promedio a la compresión para muestras con fc' 700kg/cm ² realizados por el LanammeUCR	44
Figura 14. Resultados de ensayos de resistencia promedio a la compresión para muestras con fc' 700kg/cm ² realizados por el laboratorio de verificación de calidad.	45
Figura 15. Graduación propuesta en el diseño 01-1766-2023.....	47
Figura 16. Análisis de rango de cumplimiento de parámetros de diseño de mezcla asfáltica 01-1766-2023	47
Figura 17. Resultados de ensayos de resistencia a la compresión de BE realizadas por el laboratorio del LanammeUCR, analizados en el escenario 1.....	62
Figura 18. Resultados de ensayos de resistencia a la compresión de BE realizadas por el laboratorio de verificación de calidad (Escenario 2)	65
Figura 19. Perfil longitudinal de una carretera. Fuente: Adaptado de Sayers y Karamihas, 1998 ..	68
Figura 20. Perfiles longitudinales considerados para el cálculo del MRI	68
Figura 21. Ubicación de los puntos para medición de IRI.....	70
Figura 22. Evaluación IRI, sección 1: Ruta 2 y 252: Dos carriles mismo sentido, desde aproximadamente el puente peatonal RN 2 a RN 252 hasta Gimnasio Oxygeno.....	72
Figura 23. Clasificación de la condición de la superficie según el valor de Grip Number	79
Figura 24. Condición del proyecto mediante el indicador de fricción superficial GripNumber.....	81
Figura 25. Curva típica de deterioro	82



INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA.

Análisis de los estudios preliminares, la gestión de la calidad de los materiales, proceso constructivo y desempeño del proyecto de Diseño y Construcción del Paso a desnivel en el cruce “La galera” rutas nacionales 2 y 251. Licitación Pública No. 2019-LN-000014-0006000001

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 de Simplificación y Eficiencia Tributarias y su reforma mediante la Ley N°8603, dentro del Programa de Fiscalización de la Calidad de la Red Vial del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR) de la Universidad de Costa Rica (UCR). Asimismo, el proceso de Auditoría Técnica se fundamenta en el pronunciamiento C-087-2002 del 4 de abril del 2002, de la Procuraduría General de la República, que indica:

“...la fiscalización que realiza la Universidad a través del Laboratorio es una fiscalización externa, que trasciende los contratos de mérito, y por ende, obras específicas, para abarcar la totalidad de la red nacional pavimentada (por ende, proyectos ya finiquitados) y que incluso podría considerarse “superior”, en el sentido en que debe fiscalizar también los ‘Laboratorios que realizan análisis de calidad, auditar proyectos en ejecución, entre otros aspectos, evaluar la capacidad estructural y determinar los problemas de vulnerabilidad y riesgos de esa red. Lo cual implica una fiscalización a quienes podrían estar fiscalizando proyectos concretos.” (El subrayado no es del texto original)

2. OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS

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

Para este informe en particular se busca evaluar los estudios preliminares, la gestión de la calidad del concreto, mezcla asfáltica y base estabilizada, además de las prácticas y los procedimientos constructivos y desempeño del proyecto en cuestión, con el fin de fiscalizar la eficiencia en la gestión y ejecución del mismo, 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 DEL INFORME

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad de los estudios preliminares utilizados en el diseño, la gestión de la calidad de los materiales, el proceso constructivo y desempeño del proyecto: "Diseño y Construcción del paso a desnivel en el cruce "La Galera" Rutas Nacionales 2 y 251. Licitación Pública No. 2019-LN-000014-0006000001".

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la calidad y pertinencia de los estudios geotécnicos, el diseño de la estructura de pavimento, diseños de materiales y los estudios hidrológicos que fueron desarrollados como parte de los estudios preliminares del proyecto.
- Evaluar el manejo temporal del tránsito y la seguridad vial 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 de verificación de calidad del proyecto mediante estadística para determinar 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.
- Evaluar la gestión de la Administración en el proceso de ejecución del proyecto, según las disposiciones cartelarias y las buenas prácticas de ingeniería.
- Evaluar los parámetros de desempeño 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 la evaluación de los estudios preliminares utilizados en el diseño del proyecto, gestión de la calidad de los materiales y procesos constructivos y por último la medición de los parámetros de desempeño en el proyecto.

Este informe incluye la evaluación de diseño de materiales tales como concreto, base estabilizada con cemento (BE-25) y mezcla asfáltica en caliente (MAC). También se evaluó el diseño de la estructura de pavimento. 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 el Laboratorio de verificación. Además, se evaluó en esta auditoría las prácticas constructivas implementadas por el contratista. Por último, se incluyó la evaluación de los parámetros de desempeño como IRI, FWD y fricción.



El periodo de ejecución de esta auditoría técnica es el comprendido entre los meses de febrero 2023 y marzo 2024, durante la etapa constructiva del proyecto.

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

5. ANTECEDENTES

El proyecto se presentó originalmente en tres etapas: Etapa I (anteproyecto), Etapa II (diseño) y Etapa III (construcción).

Etapa I, los oferentes elaboraran propuestas siguiendo las directrices establecidas por la Administración, que se basan en un anteproyecto preliminar. El propósito de este anteproyecto es proporcionar un marco de referencia común para los cálculos, asegurando la comparabilidad de las ofertas. El documento debe incluir detalles esenciales como ubicación, longitud preliminar, diseño de la estructura, tipo de superestructura y subestructura, además de otros aspectos.

Etapa II, el contratista (CO) debía diseñar un paso a desnivel y sus accesos, asegurando la seguridad, eficiencia y capacidad adecuada según normativas. Esto incluyendo protecciones, señalamiento, reubicación de servicios y aceras peatonales. Debía proporcionar planos constructivos, especificaciones técnicas, cantidades de obra y metodología constructiva.

Etapa III, se llevaría a cabo la construcción de la estructura de paso a desnivel, la cual debía incluir protecciones, accesos, señalamiento, reubicación de servicios, aceras y limpieza del sitio. Esto de conformidad con las buenas prácticas de ingeniería y considerando el impacto ambiental.

El inicio de labores de la etapa de diseño fue comunicado al contratista el día 17 de diciembre de 2020 (Orden de servicio No.1, etapa II). Según el programa de trabajo establecido, el contratista entregó el Informe de Avance No.1 el 15 de febrero de 2021 (Orden de servicio No.2, etapa II) y el Informe de Avance No.2 el 8 de julio de 2021 (Orden de servicio No.10, etapa II). Debido a que para dichas fechas aún no se contaba con el contrato de supervisión, la Dirección de Diseño de Vías y Puentes se encargó de la revisión de estos informes. El informe de Avance No.1 fue aprobado el 10 de junio de 2021 (Orden de servicio No.7, etapa II).

La orden de inicio del contrato de supervisión fue notificada hasta el 13 de julio de 2022 (Orden de servicio No.1 supervisión, etapa II). Para esta fecha, las labores de diseño se encontraban en un estado avanzado, por lo que la Gerencia de Contratación Vial optó por suspender las actividades del contrato de supervisión (Orden de servicio No.2 supervisión, etapa II) y asumir completamente la revisión de todos los avances de la etapa de diseño, en aras de evitar modificaciones contractuales y agilizar este proceso debido al interés de



iniciar la etapa constructiva en el primer trimestre del 2023. Por lo que posteriormente, se giró una orden de modificación (Orden de modificación No.1, etapa II) que eliminó el plazo de supervisión de diseño e hizo un reacomodo de cantidades. El Informe de Avance No.2 fue aprobado el 6 de setiembre de 2022 (Orden de servicio No.25, etapa II) y el Informe de Avance No.3 fue entregado para revisión el 13 de septiembre de 2022 (Orden de servicio No.26, etapa II).

La Dirección de Contratación de Vías y Puentes planteó la posibilidad de iniciar a la brevedad posible con la fase de construcción. Debido a esto, el 13 de enero de 2023 se le comunicó al contratista sobre la posibilidad de iniciar la ejecución de la obra de forma adelantada, bajo la modalidad “*fast track*”, que consiste en sobreponer la fase de diseño con la fase de construcción, la cual quedó definida en la Orden de Modificación 1. Esto permite avanzar con actividades constructivas preliminares mientras se finalizan y aprueban los diseños, con la intención de adelantar el finiquito del proyecto. El 31 de enero de 2023 se emite la orden de inicio de dichas actividades constructivas iniciales (Orden de servicio No.1, etapa III), así como de las labores de supervisión de esta etapa (Orden de servicio No.1 supervisión, etapa III).

El 1 de abril de 2023 se giró la orden de modificación No.5, la cual permitió al contratista realizar por adelantado más actividades constructivas de los diseños que están parcialmente aprobados y sin cancelar. Para esa fecha, el informe No. 3 se encontraba en la tercera corrección. El 23 de junio de 2023 se giró la orden de modificación No.8, la cual habilitaba para su ejecución nuevos renglones de pago bajo la misma modalidad, además, en dicha orden se especificó un reacomodo de cantidades en los renglones de pago, según consideraciones del diseño que se encontraba en revisión. Para esta fecha, el informe No. 3 se encontraba en la cuarta corrección.

El día 4 de agosto de 2023 se comunicó en la orden de modificación No. 9, una cual modificación a las especificaciones técnicas del renglón de pago CR.302.01 Base estabilizada con cemento portland (BE-25). En esta, se ajustaron los materiales a utilizar, el diseño a implementar y el proceso de compactación a utilizar. Para el 18 de agosto de 2023, se realizó un reacomodo de cantidades, sin variación de monto ni de plazo y se aprobó la ejecución de actividades específicas de la etapa de construcción (Orden de Modificación No.10). Las cantidades que fueron reacomodadas corresponden con la estructura del tramo de túnel. Los renglones habilitados son pertenecientes a los trabajos preliminares, tramos de aproximación y tramos de túnel. Estos son habilitados a la espera de la validación del informe de avance No. 3 y presentación del informe No. 4.

Mediante la orden de modificación No. 11, emitida el 11 de setiembre de 2023, la administración modificó la fórmula de reajuste de precios tanto para la etapa de diseño como para la etapa de construcción, para los nuevos renglones de pago incorporados, estos son producto de los resultados obtenidos en los estudios básicos de sitio.

La orden de modificación No. 12, emitida el 15 de setiembre de 2023, aclara a la Gerencia de Contratación Vial y a la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes que se está trabajando el proyecto bajo la modalidad “*fast-track*” y que, por tanto, deben continuar



trabajando ambas etapas del proyecto (diseño y construcción) de manera paralela, emitiendo las órdenes de modificación necesarias para dicho fin. Siendo así que la Gerencia de Contratación Vial se dedicará exclusivamente a atender lo referente a la fase II de diseño y la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes a la emisión de órdenes de servicio y modificación para la fase III de construcción.

El día 18 de octubre se comunica una variación en el sumario de cantidades de oferta, que aumentó el monto del contrato en ₡376.852.736,44 (orden de modificación No. 13). El grupo de actividades que aumentan su monto son las de trabajos preliminares, tramos de aproximación y tramo de túnel. El 3 de noviembre del 2023 se comunicó la enmienda No.1 a la orden de modificación No. 13, debido a errores en la tabla 3 “renglones a habilitar y cantidades aprobadas para su ejecución” y en el anexo 1 “sumario de cantidades Etapa de construcción”.

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 Unidad Ejecutora (UEP) por medio del oficio EIC-Lanamme-0089-2023 del 09 de febrero del 2023, donde se convocó a las partes involucradas a una reunión que se efectuó el 15 de febrero del 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. También se realizó la medición de parámetros de desempeño en el proyecto, regularidad superficial (IRI), la deflectometría (FWD) y la fricción (Grip Number) para determinar la condición del proyecto.

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 a la Administración previo a la emisión de este informe preliminar.



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, se emitieron varios oficios y notas informe. En la Tabla 1, se muestran los oficios y las notas informe que han sido enviados durante la ejecución de la auditoría.

Tabla 1. Resumen de correspondencia enviada y recibida del proyecto

Oficio enviado por LanammeUCR	Fecha	Asunto	Respuesta del PIT-MOPT
EIC-Lanamme-0089-2023	09/02/2023	Inicio de Auditoría	GCTR-27-23-0149
EIC-Lanamme-0136-2023	07/03/2023	Lecciones aprendidas tema de estudios preliminares	DVP 38-2023-0186
EIC-Lanamme-0137-2023	14/03/2023	Revisión de estudios hidráulicos	DVP 36-2023-0166
EIC-Lanamme-0145-2023	08/03/2023	Revisión de diseño de pavimento	DVP 38-2023-0138
EIC-Lanamme-0179-2023	14/03/2023	Revisión de estudios de suelos	DVP 20-2023-0156 y DVP-20-2023-0174
EIC-Lanamme-403-2023	19/05/2023	Revisión de aspectos de seguridad vial y PMT	GCTR-27-23-0636
EIC-Lanamme-544-2023	23/06/2023	Revisión de aspectos geotécnicos	GCTR-27-23-0810
EIC-Lanamme-606-2023	12/07/2023	Revisión de aspectos topográficos	DVP 27-2023-0349
EIC-Lanamme-673-2023	25/07/2023	Revisión de diseño de pavimento	DVP-23-2023-0368
EIC-Lanamme-715-2023	15/08/2023	Solicitud de informe de avance 3	DCO 24-2023-0725
EIC-Lanamme-732-2023	08/08/2023	Observaciones al diseño y resultados de resistencia BE	GCTR-47-23-1027
EIC-Lanamme-733-2023	08/08/2023	Observaciones al diseño MAC	GCTR-47-23-0995
EIC-Lanamme-734-2023	15/08/2023	Revisión de aspectos de seguridad vial y PMT	GCTR-27-23-1030
EIC-Lanamme-804-2023	04/09/2023	Observaciones al diseño y resultados de resistencia BE	-
EIC-Lanamme-872-2023	22/09/2023	Solicitud de información. Estado de avance del proyecto	GCTR-27-23-1382
EIC-Lanamme-903-2023	06/11/2023	Solicitud de información.	GCTR-27-23-1811
EIC-Lanamme-1088-2023	21/09/2023	Resultado de ensayo de concreto	*
EIC-Lanamme-1105-2023	21/09/2023	Resultado de ensayo de BE	GCTI-47-23-1804 y GCTR-27-23-2088 (extensión plazo), GCTR-27-24-2069 (respuesta)
EIC-Lanamme-1110-2023	04/12/2023	Resultado de ensayo de concreto	*
EIC-Lanamme-1221-2023	08/12/2023	Observaciones de visita; Curado, traba y desnivel	GCTR-47-24-0064
EIC-Lanamme-1258-2023	15/12/2023	Resultado de ensayo de BE	GCTR-27-23-2088 (extensión plazo), GCTR-27-24-2069 (respuesta)
EIC-Lanamme-1297-2023	09/01/2023	Solicitud de información.	*
EIC-Lanamme-19-2024	05/01/2024	Solicitud de materiales de demarcación	*
EIC-Lanamme-104-2024	08/01/2024	Solicitud de información	*
EIC-Lanamme-170-2024	16/02/2024	Resultados IRI	GCTR-47-2024-0544 (0665) y GCTR-47-2024-0819 (0665)
EIC-Lanamme-311-2024	22/03/2024	Resultados FWD Grip Number	GCTR-47-24-1032
EIC-Lanamme-317-2024	22/03/2024	Observaciones aspectos de Seguridad Vial	GCTR-47-24-1031 y GCTR-27-24-1129
EIC-Lanamme-413-2024	24/04/2024	Respuesta oficio GCTR-47-24-1032	-
EIC-Lanamme-460-2024	08/05/2021	Remisión informe preliminar EIC-Lanamme-INF-0643-2024	GCTR-47-2024-1484 (Descargo informe preliminar)

Nota: - No se recibe respuesta por parte de la Administración

* No Aplica



En general, se han tratado los siguientes temas mediante la correspondencia:

- Solicitudes de información básica del proyecto incluyendo carteles de licitación, contratos, organigramas, planos e informes de diseño actualizados, entre otros.
- 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 los estudios de hidrología y drenaje.
- Revisión de los estudios geológicos y geotécnicos.
- Revisión de los documentos contractuales en aspectos topográficos.
- Verificación de la implementación del Plan de Manejo de Tránsito y otros aspectos de seguridad vial.
- Revisión de los diseños de mezcla del concreto, base estabilizada y mezcla asfáltica.
- Ensayos de calidad de materiales.
- Consultas sobre el avance físico del proyecto.
- Resultados de los ensayos de seguimiento

En cada nota informe emitida, se brindó un periodo de 10 días hábiles, para que la Administración, en caso de ser requerido, se refiriera al contenido de esta. Una vez analizadas las respuestas de la Administración, se procedió a su correspondiente análisis, 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	No	Actividad realizada	Día de visita
Marzo 2023	2	Estado general de avance del proyecto	9,20,
Abril 2023	1	Estado general de avance del proyecto	17
Mayo 2023	1	Estado general de avance del proyecto	24
Junio 2023	4	Estado general de avance del proyecto	12, 16, 20, 30
Julio 2023	6	Estado general de avance del proyecto	10, 10, 18, 25, 29, 31
Agosto 2023	3	Estado general de avance del proyecto	11, 18, 25
Septiembre 2023	2	Estado general de avance del proyecto	5,8
Octubre 2023	3	Estado general de avance del proyecto	06, 13, 19
Noviembre 2023	3	Estado general de avance del proyecto	14, 23, 30
Diciembre 2023	3	Estado general de avance del proyecto	14, 18 y 21
Enero 2024	2	Estado general de avance del proyecto	04 y 11

Nota: Tomado del archivo de la Unidad de Auditoría Técnica



DOCUMENTOS DE PREVALENCIA

En relación con los criterios utilizados en la ejecución del estudio, estos corresponden con la normativa técnica especificada en los siguientes documentos:

- Ley de Contratación Administrativa (Ley No. 7494 del 02 de mayo de 1995) y sus reformas y su respectivo Reglamento (Decreto Ejecutivo número 33411-H del 27 de setiembre del 2006) y sus reformas.
- El cartel de licitación, incluyendo las Especificaciones Especiales, sus aclaraciones y sus enmiendas.
- La oferta adjudicataria.
- Los contratos, ofertas y sus respectivos documentos.
- Los planos constructivos y otros tomos del proyecto como Condiciones Especiales.
- Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos Carreteras y Puentes (CR-2010) y su actualización.
- Buenas prácticas de la ingeniería de carreteras.

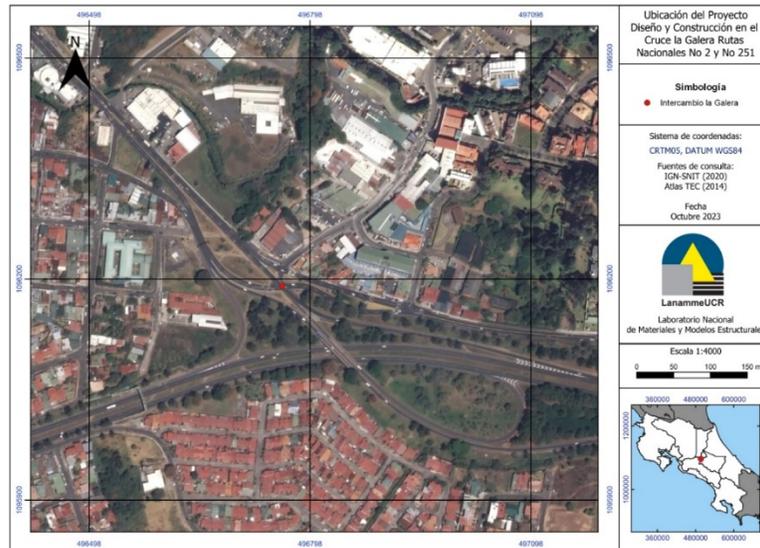
7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto consistió en el diseño y construcción de un paso a desnivel (inferior) con sus respectivos accesos de aproximación y el manejo pluvial correspondiente, que permite el libre tránsito de los vehículos que circulan por la Ruta Nacional No. 251 en el sentido Curridabat-Tres Ríos, basado en la ética, las correctas prácticas de la ingeniería y todos los requisitos indicados en los documentos de requerimientos.

El paso a desnivel permite el tránsito libremente por la Ruta Nacional No. 251 en el sentido Curridabat-Tres Ríos, pasando por debajo de la Ruta Nacional No. 2, en la Provincia: 01 San José; Cantón: 18 Curridabat; Distritos: 01 Curridabat y 03 Sánchez.



Figura 1. Intersección “La Galera”. Ruta Nacional No. 2 – Ruta Nacional No. 251



Nota: Fuentes: IGN-SNIT (2020) y Atlas TEC (2014).



8. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSION PRELIMINAR EIC-LANAMME-INF-0643-2024

Como parte de los procedimientos de auditoría técnica, mediante el oficio EIC-Lanamme-0460-2024 del 08 de mayo del 2024, se envió el informe final en versión preliminar, identificado como EIC-Lanamme-INF-0643-2024, 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. Dicho plazo finalizó el 20 de mayo del 2024 y por la solicitud de la Administración realizada en el oficio GCTR-47-2024-1484 se extendió. El día 20 de mayo de 2024, a la 14:00, se realizó la presentación oral de los resultados del informe preliminar con el fin de comentar aspectos relacionados con su contenido. A esta actividad asistieron los siguientes participantes:

Wendy Sequeira, Unidad de Auditoría Técnica, LanammeUCR
Francisco Fonseca, Unidad de Auditoría Técnica, LanammeUCR
Ana Elena Hidalgo, Unidad de Auditoría Técnica, LanammeUCR
Luis Paulino Solano, Unidad de Auditoría Técnica, LanammeUCR
Rolando Castillo, Dirección, LanammeUCR
Pablo Camacho, Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, Conavi
Alexander Guerra, Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, Conavi
Steffany Zamora, Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, Conavi
Luis Ramírez, Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, Conavi
Mónica Moreira, Gerencia de Contratación de Vías y Puentes, Conavi
Adriana Monge, Dirección de Diseño de Vías y Puentes, Conavi
Joshimar Tejeda, Auditoría Interna, Conavi
David Gutiérrez, Dirección Ejecutiva, Conavi
Oscar Brenes, Consorcio TYPASA-CONANSA-PUENTE PREFA
Ezequiel Vieto, Vieto y Asociados
Miguel Rojas, Vieto y Asociados
Andrés Jaubert, LGC
Jeffrey Ramírez, LGC

Posteriormente, 11 de junio del 2024, se recibió el oficio GCTR-47-2024-1568 (0665) como descargo al informe en versión preliminar EIC-Lanamme-INF-0643-2024. 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-0643-2024** 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.

Por lo tanto, las recomendaciones que se derivan del análisis de los hallazgos y observaciones deben ser atendidas planteando acciones correctivas y preventivas, que prevengan el riesgo potencial de incumplimiento en proyectos futuros, como parte de un proceso integral de mejora continua.



SOBRE LOS ESTUDIOS PRELIMINARES

A. SOBRE LA REVISIÓN DE LOS ESTUDIOS DE HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA DEL PROYECTO.

Como parte del desarrollo de esta auditoría técnica se procedió a realizar una revisión y análisis de los estudios hidrológicos e hidráulicos de las estructuras de drenaje del proyecto. La revisión consistió en analizar los requisitos establecidos por la Administración para el estudio hidrológico y los diseños hidráulicos, verificando su cumplimiento por parte de la empresa consultora, además de verificar si los estudios hidrológicos y los diseños hidráulicos cuentan con información suficiente y clara para explicar y justificar los métodos utilizados y también determinar si los resultados obtenidos presentan fundamento técnico que los respalde.

De acuerdo con lo mostrado en planos las obras pluviales incluyen:

- Tubería principal desde paso inferior a canal existente
- Tubería secundaria hasta rejilla en paso inferior
- Tubería sobre eje 10 hasta tubería existente de 760 mm de diámetro
- Se incluye el análisis del canal existente en el que desfoga la tubería principal.

Los resultados de la revisión fueron transmitidos a la Administración mediante el oficio EIC-Lanamme-0137-2023 del 07 de marzo del 2023. La respuesta fue recibida el 28 de marzo del 2023 mediante el oficio DVP 36-2023-0166.

En términos generales la Administración resalta la existencia de un profesional responsable del diseño, específicamente del área de hidrología-hidráulica. También destacó que la función de la Dirección de Diseño de Vías y Puentes del CONAVI es verificar los insumos, interpretando los términos del proyecto con criterio profesional y flexibilidad ética en ciertos procedimientos de diseño, siempre que no afecten significativamente el funcionamiento general del proyecto.

HALLAZGO 1: LA MEMORIA DE CÁLCULO EN HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA NO CUMPLE CON ALGUNOS DE LOS REQUISITOS DEL CARTEL DE LICITACIÓN.

Durante el periodo de estudio de esta Auditoría Técnica, en el año 2023, el equipo auditor realizó una revisión de los estudios de hidrología y drenaje del proyecto y los planos asociados a esos estudios. En esta revisión se evidenció que en el informe de avance No.3 existen incumplimientos en algunos de los requisitos del cartel de licitación en cuanto al alcance de la memoria de cálculo y diseño contratado. Específicamente, se identificó que el Informe de Avance No 3 no incluye la delimitación de cuencas para la totalidad de las estructuras del proyecto ni su uso del suelo. No se justifican parámetros de cálculo como tiempo de concentración, intensidad y coeficientes de escorrentía y tampoco muestra el procedimiento de cálculo de caudales de tuberías y cuerpo receptor. A continuación, se describen algunas de las oportunidades de mejora evidenciadas por el equipo auditor:



Información meteorológica

El apartado referente a la información meteorológica, según el Anexo 5-Drenaje, revela que el estudio se basó en datos de precipitación de tres estaciones: Hacienda la Laguna Curridabat (a 1,94 km), CIGEFI (a 3 km) e IMN Aranjuez (a 5 km), todas con más de 20 años de registro. Se proporcionan los datos originales de precipitación máxima en cumplimiento con los requisitos del cartel de licitación.

Sin embargo, el apartado 2.3.3 presenta una carencia al seleccionar el valor de intensidad de la tormenta de diseño, tampoco se especifica la forma en que fue seleccionado el tiempo de concentración de 10 minutos, incumpliendo las especificaciones del cartel de licitación que exige la inclusión del procedimiento para cada resultado. El equipo auditor señaló que el Anexo-5 Drenaje es incompleto al omitir el análisis detallado de los datos de las estaciones, ya que no muestra la distribución estadística seleccionada, prueba de ajuste ni tampoco las curvas IDF elaboradas. Esto contradice los requisitos del cartel que demanda una memoria de cálculo detallada y la presentación de curvas IDF respaldadas por información base adecuada. Adicionalmente, el documento utiliza estaciones meteorológicas lejanas, como Aranjuez a más de 5 km, sin justificación clara. Se recomendó a la Administración utilizar solo las estaciones más cercanas a la zona de estudio, como Hacienda la Laguna.

Manejo de aguas pluviales

El informe de avance 3 aborda la estimación de caudales para diversas estructuras, pero incumple con los requisitos contractuales establecidos en el cartel de licitación. Se destaca la falta de delimitación de cuencas para las estructuras de manejo de aguas pluviales, así como la ausencia de detalles esenciales, como curvas de nivel, uso del suelo y coeficientes de escorrentía. La memoria de cálculo carece de la información necesaria para respaldar las estimaciones de caudal, incumpliendo con la claridad y transparencia requeridas por el cartel de licitación.

Desfogue en canal existente

Se presentaron resultados del modelo hidráulico de un canal existente, pero no se detallaron las características de la sección trapezoidal. Adicionalmente, la memoria de cálculo careció de detalles sobre el caudal base y el procedimiento mediante el cual fue definido, incumpliendo la obligación de justificar el caudal según el cartel de licitación.

En el oficio DVP-36-2023-0166 del 28 de marzo del 2023, la Administración destacó la estructura y responsabilidades en un proyecto de diseño y construcción adjudicado a una empresa privada y el rol que desempeña un profesional especializado en hidrología-hidráulica, responsable de los diseños, planos constructivos y demás aspectos relacionados con esa área del proyecto. Además, se describe el proceso de verificación llevado a cabo por el personal de la Dirección de Diseño de Vías y Puentes del CONAVI, y la ausencia de normativa específica obligatoria en el área de hidrología-hidráulica en comparación con otras disciplinas y la limitada disponibilidad de documentos oficiales para la red vial nacional.



El equipo auditor comparte el criterio de la Administración, al indicar que el diseñador tiene responsabilidad sobre los diseños que realizó, sin embargo, es criterio de la Auditoría técnica que la Administración tiene la responsabilidad de velar por el cumplimiento de las condiciones que se están solicitando en los documentos contractuales, como el cartel y los planos.

HALLAZGO 2: LA INFORMACIÓN MOSTRADA EN PLANOS SOBRE EL SISTEMA PLUVIAL NO CUMPLE CON LA TOTALIDAD DE LOS REQUISITOS SOLICITADOS EN EL CARTEL DE LICITACIÓN Y MEMORIA DE CÁLCULO

El equipo auditor realizó una revisión a los planos constructivos, tomando en consideración que se cuenta con un informe hidráulico mediante el cual fue definido el sistema pluvial del proyecto, esta revisión se realizó partiendo del supuesto de que los planos fueron elaborados según el diseño realizado en los estudios previos para la obra.

En términos generales se evidenció que los planos no cumplen con requisitos de etiquetado solicitados en los documentos contractuales, la simbología no detalla la totalidad de los elementos mostrados, existen inconsistencias en cuanto a materiales y dimensiones seleccionados.

A continuación, se mencionan las observaciones derivadas de dicha revisión.

Información disponible en vistas en planta

En lo que respecta a la información disponible en las vistas en planta, el cartel de licitación establece criterios específicos para los tramos de tubería y estructuras presentes en los planos. Se evidencian deficiencias en el etiquetado de elementos en la lámina 29. El oficio EIC-Lanamme-137-2023 sugiere mejoras, especialmente en la inclusión de información sobre longitud y tipo de tubería, así como en la correcta identificación de las estructuras mediante texto y flechas. Esta falta de detalle puede comprometer la comprensión global del proyecto y su ejecución en obra.

Simbología

En relación con la simbología, el equipo auditor recomendó modificarla, focalizándose principalmente en la representación de nodos. La carencia de distinción entre nodos en canal existente y nodos en tuberías complica la identificación de elementos. Se recomendó ajustar la simbología para reflejar con mayor precisión la información contenida en los planos, mejorando así la legibilidad y comprensión por parte de los ejecutores de la obra.

Diferencias entre documentos escritos y planos

Se señalaron discrepancias entre el documento escrito y los planos, específicamente en la profundidad del canal bajo la rejilla. Las diferencias entre las especificaciones finales y los modelos hidráulicos utilizados no permiten al revisor identificar el diseño final. Se instó a definir y verificar las especificaciones finales, para garantizar una concordancia adecuada con los modelos hidráulicos empleados. Esta falta de alineación puede afectar la ejecución de la obra y comprometer la funcionalidad del sistema pluvial.



Detalles constructivos en pozos

En los detalles constructivos de pozos pluviales, se destaca la ausencia de información sobre las dimensiones de los elementos por construir. El equipo auditor recomendó en el oficio EIC-Lanamme-137-2023 incluir etiquetas en las vistas en planta o perfiles para proporcionar datos sobre el ancho y largo de cada pozo. Esta información es esencial para garantizar un desarrollo adecuado de la obra y evitar problemas constructivos durante la ejecución del proyecto. La claridad en los detalles constructivos es clave para el éxito de la implementación.

Es criterio del equipo auditor que la información mostrada en planos no cumple con la totalidad de los requisitos solicitados en el cartel de licitación y memoria de cálculo, presenta oportunidades de mejora y no coincide en algunas ocasiones con lo señalado en otros documentos técnicos, lo que afecta de forma negativa en la ejecución del proyecto.



B. SOBRE EL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

OBSERVACION 1: SE EVIDENCIARON OPORTUNIDADES DE MEJORA EN EL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RESPECTO A LO INDICADO EN EL CARTEL DE LICITACIÓN

Como parte del proceso de la auditoría técnica que se desarrolló en el proyecto en cuestión, se realizó una evaluación del informe técnico “Estudio de Pavimento” elaborado en 2021, del informe de avance 3. La cual fue comunicada a la Administración en el oficio EIC-Lanamme-673-2023 del 28 de julio del 2023. Se recibió la respuesta de la Administración en el oficio DVP 38-2023-0368-2023 del 10 de agosto del 2023.

La evaluación consistió en verificar que el diseño del pavimento del proyecto cumple con la normativa vigente, así como verificar que los supuestos de diseño se encuentran justificados desde el punto de vista técnico y contractual. El informe de avance 3 presentó subsanaciones al informe de avance 2.

Este informe de diseño de pavimentos presenta oportunidades de mejora. El informe no cumple con los requisitos de conteos vehiculares en el punto 2, no se asignaron correctamente los valores de factor camión y no se realizó la corrección por daño relativo al módulo resiliente de la subrasante. A continuación, se detallan las observaciones realizadas por el equipo auditor al diseño de la estructura de pavimento.

Composición vehicular y Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)

El estudio de tráfico utilizado en el informe de avance 2 fue llamado “Cálculo de Tránsito Promedio Diario Anual Paso Desnivel La Galera” documento elaborado por INTRACA en 2021. Para el diseño presentado en el avance 3, este fue actualizado y sustituido por el informe INTRACA-IT-2022-163. El segundo informe de conteos vehicular amplió su contenido para incluir el análisis del tráfico en la vía del túnel. El análisis del punto 1 utiliza como insumo los aforos manuales del primer informe.

Los valores de tránsito promedio diario presentados se obtuvieron a través de conteos en dos días diferentes (miércoles y jueves), con duración de 24 horas cada uno, cumpliendo de esta manera con lo dispuesto por el cartel de licitación. Tras aplicar los factores de expansión y factor COVID para los días de los conteos realizados en el mes de enero, que el informe especifica fueron obtenidos del Anuario de Tránsito de 2019 para la estación de control 07 ubicada en Tres Ríos.

La empresa INTRACA realizó la proyección para el año 2023 y el año 2038, construyendo una curva logística con la sección de control 10920 sobre la ruta nacional No.251 obteniendo para el año 2023 un valor de 8624 vehículos en el punto 1.

Para calcular el promedio diario en el punto 2, INTRACA utilizó la metodología de expansión de datos de un recuento de corta duración, elaborado por la Secretaría de Planificación Sectorial del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). Como insumo se utilizaron los conteos horarios en la intersección 6, sin embargo, esta metodología no

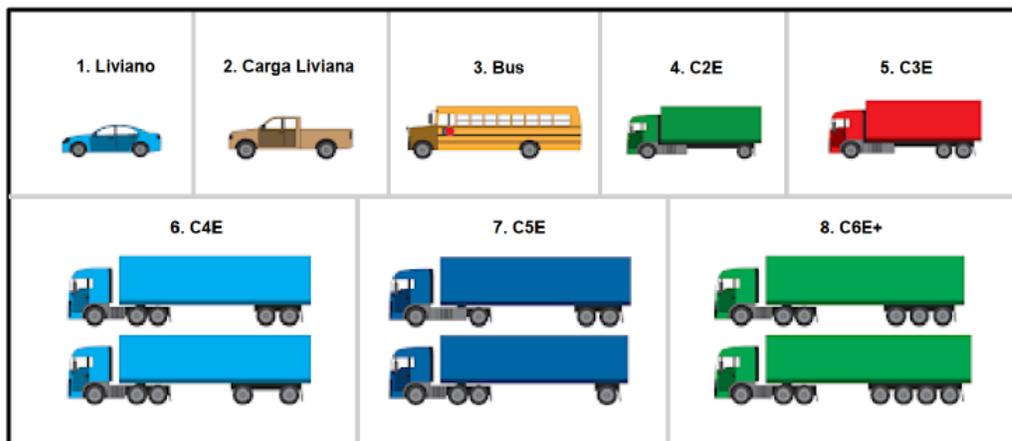


cumple con el cartel de licitación ya que no corresponde a conteos de 48 horas tal y como se realizaron en el punto 1. El TPDA obtenido por INTRACA para 2023 es de 21 771 vehículos.

De acuerdo con el apartado 5.2 del informe técnico, los tipos de vehículo responden a la clasificación utilizada por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), se ilustra cada uno de ellos en la siguiente figura. Sin embargo, según se especifica en el estudio de tránsito elaborado por INTRACA en 2021, las imágenes de cada tipo de vehículo que se aprecian en la Figura 2 pertenecen a la clasificación utilizada por la Federal Highway Administration (FHWA), realizando la conversión manualmente a la clasificación utilizada por el MOPT. Se debe aclarar que las categorías de vehículos utilizadas no corresponden a la clasificación utilizada en el “Reglamento de Circulación por Carretera con Base en el Peso y las Dimensiones de los Vehículos de Carga. N.º 31363-MOPT”, siendo este el documento oficial que rige a nivel nacional.

Por otra parte, el denominado vehículo C4E tiene 5 ejes y el vehículo C5E tiene 4 ejes, invirtiendo en la clasificación el número de ejes de cada uno de ellos.

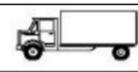
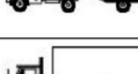
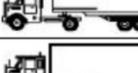
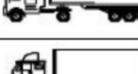
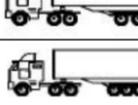
Figura 2. Clasificación vehicular utilizada en el informe de diseño de pavimentos



Fuente: Conavi, 2021

Se muestra en la Figura 3 la configuración de ejes y tipos de vehículos más importantes que se encuentran presentes en el reglamento N.º 31363-MOPT.

Figura 3. Clasificación vehicular por tipo de eje

C2	
C3	
C4	
T2-S1	
T2-S2	
T2-S3	
T3-S1	
T3-S2	
T3-S3	

Fuente: Navarro, 2008, modificado por Rodríguez, 2018

A modo comparativo se observa que el vehículo C4E equivale a un vehículo T3-S2, el vehículo C5E equivale a vehículos T2-S2 y vehículos T3-S1, finalmente se observa que el vehículo C6E+ equivale a vehículos T3-S3. El vehículo C6E+ también incluye una configuración con cuatro ejes en su remolque (T3-S4), esta variante no se incluye en la Figura 3.

Se debe aclarar que el vehículo C4 de la Figura 3 no tiene similar en la Figura 2, ya que cuenta con un eje trídem que no se incluye en la clasificación empleada en el informe de diseño de pavimentos. Por lo que se desconoce el porcentaje de vehículos C4 dentro del conteo realizado, y se omite su existencia dentro del cálculo de ejes equivalentes.

Es criterio del equipo auditor que la clasificación utilizada no es la más conveniente para el diseño de pavimentos, ya que las categorías C5E y C6E poseen dos tipos de vehículos con configuraciones de ejes diferentes, cada una de ellas posee valores de factor camión distintos, y es necesario separarlos al realizar el cálculo de ejes equivalentes. Además, se omite incluir en el cálculo el porcentaje de vehículos C4 de la clasificación empleada por el MOPT.



Caracterización de subrasante

El apartado 7.6 detalla la ecuación utilizada para determinar el módulo resiliente de la subrasante aplicando la siguiente ecuación.

$$Mr(\text{psi}) = 1500 \text{ CBR}$$

Obteniendo valores de diseño de 3000 psi en el punto 1 (CBR= 2) y 4500 psi en el punto # 2 (CBR= 3). El informe muestra la ecuación de corrección por daño relativo, sin embargo, no realiza esta corrección en el valor de diseño.

La Administración respondió a esto con el oficio DVP 38-2023-0368-2023 del 10 de agosto del 2023, en este documento solo se hace referencia a lo siguiente, dejando el tema de la composición vehicular, el cálculo del TPD y la caracterización de la subrasante sin referencia.

Se aclara que, la ampliación de la Ruta Nacional No. 2, no se encuentre comprendida dentro del alcance la Licitación Pública No. 2019LN-000014-0006000001 "Diseño y Construcción del Paso a Desnivel en el Cruce "La Galera", Rutas Nacionales Nos. 2 y 251", por lo que no es regida por dichos términos de referencia.

En lo que corresponde a las diferencias de CBR y tránsito utilizados en esta ampliación con respecto a los de la licitación en cuestión, es de esperarse ya que, aunque son sectores cercanos, la ampliación corresponde a la Ruta Nacional No. 2 y se utiliza el tránsito correspondiente, que circula por la vía, mientras para lo que es el proyecto producto de la licitación, el tránsito es el que se desvía de la Ruta Nacional No. 2 hacia la Ruta Nacional No. 251, por lo tanto, es menor.

En cuanto al CBR de diseño es la misma situación, para lo que es la ampliación de la Ruta Nacional No.2, los CBR fueron realizados en lo que es el sector que se muestra en la figura No.1, mientras que para el caso producto de la licitación los sondeos utilizados para el diseño de la estructura son los que corresponden a valores tomados en el sector de la Ruta Nacional No. 251 (PCA4 y PCA5, color rojo), que se pueden observar en la figura No.2, ya que el diseño requerido es para este sector.

Es criterio del equipo auditor que, si bien es cierto que el CO y el diseñador tiene responsabilidad profesional sobre el informe de diseño de la estructura de pavimento presentado, no se exime a la Administración de la responsabilidad que esta tiene de velar por el cumplimiento de las especificaciones contractuales y del buen funcionamiento de la obra.



C. SOBRE ASPECTOS DE TOPOGRAFÍA

OBSERVACION 2. SE DETECTARON OPORTUNIDADES DE MEJORA EN LOS DOCUMENTOS CONTRACTUALES EN CUANTO A TOPOGRAFÍA.

En conjunto con la Escuela de Ingeniería en Topografía de la UCR (EIT) se realizó una visita al proyecto el día 16 de mayo y el 06 de diciembre del 2023. Adicionalmente, se analizó, por parte del personal de expertos técnicos, el material relacionado a la topografía. La EIT emitió el informe: Hallazgos y Observaciones a los archivos: Diseño y Construcción del paso a desnivel en el cruce de “La Galera”, Rutas Nacionales No 2 y 251- Los documentos revisados y aportados por la Administración son los siguientes:

- Amojonamiento de puntos fijos Geo-Referenciados
- Establecimiento de bancos de nivel
- Levantamiento de poligonal cerrada
- Levantamiento de detalles
- Afectaciones y-o posibles expropiaciones
- Reporte Topográfico
- Cartel de Licitación
- Contrato de Licitación

Los resultados se comunicaron a la Administración en el oficio EIC-Lanamme-606-2023 del 13 de julio del 2023 a continuación, detallan las principales observaciones y la respuesta de la Administración descrita en el oficio DVP 27-2023-0349 del 26 de julio del 2023.

En términos generales, se evidenciaron oportunidades de mejora en el proyecto. Algunas de las recomendaciones indicadas por la EIT incluyen corregir errores conceptuales en gráficos, especificar la época de medición, agregar información sobre las estaciones de referencia, delimitar tolerancias e incertidumbres para equipos topográficos y mejorar la confección de bancos de nivel. Además, se sugiere tomar imágenes desde diferentes ángulos y utilizar referencias externas en la materialización.

Oportunidades de mejora observadas en el Apartado de Amojonamiento de Puntos Fijos Geo-Referenciados y los resultados presentados en el Reporte Topográfico.

Se detectó una leve diferencia en los datos crudos y lo que se presenta en el Reporte de Topografía. El gráfico adjuntado Triangulación1 presenta diversos errores de concepto, ya que indica un sistema de coordenadas denominado CRTM, y debería de indicarse Proyección Cartográfica CRTM05. Se recomienda indicar la época de medición en el mismo. Al poner en el gráfico que es Estación de Referencia de medición RTCM, es recomendable agregar que son Estaciones de referencia de operación continua.

A nivel general, las fichas técnicas cumplen los requisitos solicitados en el Cartel de Licitación. Siendo completas, claras y concisas; por lo que es información que puede ser replicada en futuros carteles.

En el oficio DVP 27-23-0349, La Administración indica que:

Informe EIC-Lanamme-INF-0643-24	julio , 2024	Página 29 de 96
---------------------------------	--------------	-----------------



... la información de alturas de instrumento al momento de medición con equipos GNSS resulta de utilidad para tener la posibilidad de reproducir el ajuste realizado por el contratista, no obstante, siempre se solicita el proyecto de ajuste como tal para evitar cualquier confusión en lo realizado por su parte. Debido a lo anterior, al abrir el proyecto de ajuste (formato *.mjt) es posible no solo corroborar que se transforma las alturas inclinadas a verticales, sino que también se corrige mediante el software de procesamiento debido a esta transformación. Debido a esto, en efecto existe una diferencia de 1 (un) centímetro que solamente se presenta en el informe de topografía y que no es correcto, sin embargo, la información procesada y elaborada fue a partir del dato indicado en los datos crudos y procesamiento de estos.

Respecto al punto No. 3 de esta observación, se tomará en consideración la recomendación para su implementación oportuna en las futuras contrataciones.

Sobre la Información de los equipos para Ingeniería Topográfica.

En la información contractual no fue posible detectar un apartado que delimite la tolerancia e incertidumbres requerida de equipos topográficos, con los que se realizarán los trabajos. No obstante, para el caso específico del proyecto, en la información revisada se adjuntan las fichas técnicas de los equipos utilizados, en el de la estación total se cuenta con el certificado de verificación. Esta es una buena práctica por implementar en proyectos similares. Por lo que se recomienda valorar solicitar este tipo de información en los documentos contractuales.

En el informe indican el uso de la estación Sokkia CX-65, de esta se cuenta con el certificado de verificación, pero tanto en la ficha técnica como informe alude al uso de la estación CX-50. Esto es importante acotarlo, ya que los certificados no son transferibles entre equipos, y en caso de realizar un cambio debería de aportarse el certificado respectivo e indicar el cambio a la administración, ya que si bien es cierto ambos presentan las mismas características a nivel de precisiones $\sigma = \pm 5''$ en la desviación estándar angular y $\sigma \pm (2 \text{ mm} \pm 2 \text{ ppm} \times D)$ mm en la desviación estándar en medidas de distancias, solamente se cuenta con el certificado de verificación de la estación total CX-65 y se desconocen las condiciones de la Estación Total CX-50, ya que no se presenta la documentación requerida.

Estos certificados son vitales para asegurar la trazabilidad de las mediciones y por tanto la calidad y fiabilidad de los datos suministrados por el equipo que serán utilizados a posteriori para insumos para el proyecto.

En el oficio DVP 27-23-0349, La Administración indica que:

...se indica en el documento de requerimientos la tolerancia para el establecimiento de poligonales y además se solicitan equipos con certificados de verificación en la ejecución de actividades topográficas, no obstante, no es posible definir una tolerancia en equipos como tal debido a que sería motivo de limitación al contratista en la ejecución de trabajos con un solo tipo de equipo, contrario a lo dispuesto en la Ley.

Así mismo se aclara que tanto en el informe de topografía como en el certificado de verificación entregado se indica que el equipo utilizado es una estación marca



Sokkia modelo CX-65, y que se entrega la ficha técnica mediante el documento “sokkia_cx50_brochure_sok_1034_reva_sm.pdf”, mismo que contiene información de los modelos CX-50 y CX-55, los cuales contemplan las mismas características en cuanto a mediciones angulares y lineales que la utilizada en el proyecto (CX-65).

Sobre los Bancos de Nivel.

Las fichas técnicas de los bancos de nivel cumplen con lo solicitado en el cartel y sirven como antecedente para replicar.

Se detectó una oportunidad de mejora en la colocación de los mojones y bancos de nivel, se recomendó sustituir la platina o clavo, por una chapa redondeada con punto centro, para su utilización tanto en las redes planimétricas como altimétricas. Dicha chapa puede ser utilizada de pivote asegurando que las diferencias de nivel obtenidas sean consistentes tanto en mediciones de frente como de espalda al aplicar las técnicas de nivelación.

En lo referente a la referenciación de los mojones y bancos de nivel, se recomendó a la Administración solicitar imágenes desde distintos ángulos del mojón, para que su localización no dependa de una única perspectiva visual. Además de utilizar referencias fuera de la zona de trabajo. Para su materialización se recomendó considerar:

- Estar situadas hacia afuera del corredor del proyecto, con una distancia de separación de este de al menos 5 (cinco) metros.
- Señalizar las bases de forma y en el lugar que garanticen su permanencia, no obstante, cada Mojón debe poseer como mínimo 3 (tres) referencias para su localización a objetos estables y de larga duración (postes, esquinas de cuadrantes, otros vértices, estructuras de drenajes, etc.).

En el oficio DVP 27-23-0349, la Administración indica que:

... se valora la recomendación de cambiar superficies planas por cóncavas, para su implementación oportuna en las futuras contrataciones en el caso de que corresponda, no obstante, para este proyecto no se considera necesario la aplicación indicada pues no ha interferido con la calidad del insumo contratado.

...se tomará en consideración la recomendación de solicitar referencias a al menos 5 (cinco) metros del mojón para su implementación oportuna en las futuras contrataciones, no obstante, esto dependerá de cada sitio y la disponibilidad de elementos de referencia cercanos.

Se identifican buenas prácticas referentes al registro catastral y posibles expropiaciones.

La manera en que se presentan los datos del mosaico catastral y de las posibles expropiaciones se considera ideal, ya que la información contenida en estos apartados es clara. El mosaico catastral, se presenta tanto en formato .dwg, como en formato Shape file, tal y como se estipula en el cartel de licitación. Además, estos archivos cumplen con todos los requisitos solicitados. El archivo shapefile, contiene la información necesaria en las tablas de atributos de los vectores



El requerimiento de estos dos tipos de archivos facilita el acceso a la información, por lo que se considera una buena práctica la replicación de este en futuros carteles.

Presentación de láminas y planos.

En el cartel de licitación se dan instrucciones y requerimientos sobre cómo se deben presentar las láminas y los planos. Esto se considera una buena práctica ya que no deja abierto a interpretación este apartado.

Errores generales y oportunidades de mejora en la presentación de perfiles en las láminas.

En la revisión de las láminas adjuntas, se han encontrado algunas oportunidades de mejora en la generación de los perfiles longitudinales y transversales de la carretera. En general, los ejes deberían venir con etiquetas que especifiquen que se está graficando. Además de esto, deben contener las unidades de elevación del terreno (las cuales para este caso se suponen son en metros).

Algunas secciones transversales tienen el perfil del terreno muy justo al límite del perfil, por lo que se recomienda añadir una o dos cotas más para evitar que esto suceda y se pueda apreciar de mejor manera el perfil.

En el oficio DVP 27-23-0349, la Administración indica que:

Para la etapa contractual en la que se encuentra el proyecto no se va a solicitar una corrección de la información ya recibida debido a que esto no interfiere con la calidad y la posibilidad de concluir lo que el insumo como tal representa, sin embargo, se tomará en consideración lo indicado para futuras contrataciones. Esto mismo aplica para lo indicado en los puntos Nos. 2 y 3 de esta observación.

También se identificaron buenas prácticas en cuanto al tema de Topografía que se recomienda se mantenga y se repliquen en diferentes proyectos a cargo de la Administración, por ejemplo:

- A nivel general, las fichas técnicas cumplen los requisitos solicitados en el cartel de licitación. Siendo completas, claras y concisas; por lo que es información que pueda ser replicada en futuros carteles.
- En algunos casos como en el de la estación total se cuenta con el certificado de verificación. Esta es una buena práctica que se puede implementar en proyectos similares.
- La manera en que se presentan los datos del mosaico catastral y de las posibles expropiaciones se considera ideal, ya que la información contenida en estos apartados es muy clara. El mosaico catastral, se presenta tanto en formato .dwg, como en formato Shape file, tal y como se estipula en el cartel de licitación. Además, estos archivos cumplen con todos los requisitos.
- En el cartel de licitación se dan instrucciones y requerimientos sobre cómo se deben presentar las láminas y los planos. Esto se considera una buena práctica ya que no deja abierto a interpretación este apartado.
- Como producto de la vista al proyecto se recomienda como oportunidades de mejora para proyectos similares, implementar medidas de seguridad al ubicar pilares cerca



de la zona de trabajo, como el uso de vallas o dispositivos de protección, para prevenir compromisos durante la obra o por vehículos particulares. Además, se aconseja mantener los pilares fuera de la influencia directa de la obra para su uso en tareas de control posterior. En cuanto a la topografía de campo, se destaca la importancia de seguir buenas prácticas, como la Trisección, para garantizar la precisión en los levantamientos. También se sugiere utilizar dianas diseñadas o una escuadra con un marcador fino al marcar puntos de control, minimizando la influencia del ojo humano en las mediciones.

La Administración mencionó en el oficio DVP 27-2023-0349 del 26 de julio del 2023 que considerará las recomendaciones en la elaboración de nuevos proyectos.

La EIT recalcó la importancia de las implicaciones que tienen en diferentes actividades de Ingeniería Topográfica la incertidumbre de los equipos para dar fiabilidad a las mediciones, por lo que se recomendó a la Administración velar por que se considere en temas de alta precisión tomar en cuenta el instrumental a utilizar e indicarlo en los documentos contractuales. En la mayoría de las licitaciones se solicita el certificado de calibración, no obstante, la EIT a través de esta auditoría técnica ha recomendado a la Administración solicitar las certificaciones respectivas indicadas en el pliego de requerimientos, para determinar si cumplen con la documentación solicitada y si el instrumental utilizado cumple con las condiciones. También es importante señalar que cuando se solicita un certificado de equipo en un cartel debe considerarse su validez, el costo y que, en Costa Rica, actualmente no hay 'laboratorios que los emitan, no obstante, en el país sí se generan certificados de verificación para subsanar este defecto. Por lo que se recomienda que para no incurrir en errores en el cartel se solicite en los documentos contractuales, el certificado de verificación.



D. SOBRE LA IMPLEMENTACION DEL PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO Y OTROS ASPECTOS DE SEGURIDAD VIAL

Como parte del proceso de fiscalización que lleva a cabo el LanammeUCR para garantizar la calidad de la Red Vial Nacional, se evalúan los aspectos vinculados con la seguridad vial de los proyectos, de tal forma que constituyan un insumo para la toma de decisiones de la Administración.

Es de vital importancia que se consideren apropiadamente a todos los usuarios de la carretera, se diseñen las vías según la normativa y buenas prácticas nacionales e internacionales y se considere la seguridad vial en todas las etapas de los proyectos: anteproyecto, diseño, construcción y puesta en servicio; razón por la cual, la Unidad de Seguridad Vial y Transportes del PITRA-LanammeUCR en colaboración con la Unidad de Auditoría Técnica presentó un resumen de las observaciones identificadas en materia de la ejecución del plan de manejo de tránsito aprobado para el proyecto, de acuerdo con lo observado en las visitas de campo del 20 de marzo de 2023 y el 29 de marzo de 2023.

Los resultados de esta revisión se remitieron a la Administración mediante el oficio EIC-Lanamme-403-2023 del 14 de mayo del 2023. Se recibió el oficio GCTR-27-23-0636 de 21 de junio del 2023 con la respuesta a las observaciones.

En el informe de criterio técnico USVT-INF-CT-16-2023: Evaluación de aspectos de seguridad vial en el proyecto Paso a desnivel en el cruce “La Galera” sobre Ruta Nacional 2 y Ruta Nacional 251, San José del 31 de julio del 2023, la USVT detectó la persistencia de estas condiciones en el proyecto, y fueron comunicadas a la Administración en el oficio EIC-Lanamme-734-2023. La Administración contestó a estas observaciones en el oficio GCTR 27-23-1030 del 07/09/2023 indicando que han sido atendidas.

OBSERVACION 3. SE DETECTARON OPORTUNIDADES DE MEJORA EN EL CUMPLIMIENTO DEL PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO.

De acuerdo con lo observado por la Unidad de Seguridad Vial y Transportes del LanammeUCR en las visitas realizadas al proyecto durante el año 2023, se pudo evidenciar algunos incumplimientos en el Plan de Manejo del Tránsito (PMT) aprobado. Entre estos se encuentran:

- Barreras de concreto insuficientes en márgenes de la vía, con falta de continuidad y anclaje en la instalación de barreras de concreto en las zonas de trabajo.
- Demarcación vial inadecuada antes de los trabajos y falta de señalamiento temporal.
- Ausencia de infraestructura segura para usuarios de transporte público y peatones, especialmente en áreas de influencia del proyecto.
- Borrado deficiente de la señalización vial horizontal existente.
- Intersección sin elementos mínimos de seguridad vial, como elementos de canalización y banderilleros.



- Falta de dispositivos de canalización que eviten giros no permitidos hacia San José en la salida del paso temporal hacia RN 251.

A continuación, se detallan las observaciones realizadas en cuanto a este tema en específico:

Sobre los márgenes de la vía

Se constató en la visita del 19 de julio del 2023 que se habían instalado barreras de concreto en las zonas de trabajo, sin embargo, se identificó que se colocaron de forma aislada y no contaban con un anclaje al pavimento ni entre barreras consecutivas. Por lo que se recalca sobre los riesgos a los que se expusieron los usuarios ante una posible salida de la vía, dado que las barreras de concreto aisladas no se comportan como un sistema de contención vehicular. Al colocarse de manera aislada se consideran como obstáculos que podrían agravar las consecuencias de un accidente de tránsito al ser impactadas. Además, la posible caída de estas barreras al sitio de excavación fue un riesgo alto para los trabajadores en el proyecto. En la Figura 4, se muestran ejemplos de lo indicado anteriormente.

Figura 4. Ausencia de sistemas de contención vehicular en márgenes de la vía aledañas a zonas de excavación, adecuadamente diseñados e instalados



Fuente: USVT-INF-CT-16-2023

Se identificó en la visita al proyecto la colocación de dispositivos de canalización no normados, como se puede apreciar en la Figura 5. Esta situación se presentó a lo largo del margen derecho de la Ruta Nacional 251, en sentido Curridabat – Tres Ríos.

Figura 5. *Uso de dispositivos no normados como elementos de canalización en las zonas de control temporal*



Fuente: USVT-INF-CT-16-2023

Borrado inadecuado de la señalización vial horizontal

LA USVT identificó casos de borrado inadecuado de la demarcación vial, como se muestra en la Figura 6. La señalización vial horizontal correspondiente a las condiciones de la vía previo al inicio de los trabajos se mantenía visible para los usuarios. Un borrado deficiente de la demarcación vial puede generar confusión en los usuarios de la vía e incrementar las posibilidades de que sucedieran accidentes de tránsito, principalmente en horas de la noche y durante periodos de poca visibilidad.

Figura 6. *Ejemplos de borrado inadecuado de la demarcación vial existente*



Fuente: USVT-INF-CT-16-2023

Sobre la infraestructura peatonal

En el oficio GCTR-27-23-0636 se indicó que no se ha contemplado la construcción de infraestructura para transporte público como parte de las obras temporales, sin embargo, se recomienda considerar soluciones para las condiciones a las que se exponen los usuarios del servicio. En la Figura 7 y Figura 8 se evidencia que no hay una zona segura para que las personas esperen el bus ni las condiciones mínimas necesarias para movilizarse.

Figura 7. Ausencia de infraestructura de transporte público y señalización vial



Fuente: USVT-INF-CT-16-2023

Figura 8. Ausencia de facilidades para los usuarios del servicio de transporte público



Fuente: USVT-INF-CT-16-2023

Intersección sin elementos mínimos de seguridad vial

La USVT en la visita realizada al proyecto, detectó ausencia de elementos de canalización y banderilleros en la intersección de la Ruta Nacional 251 y la calle 111, como se muestra en la Figura 9, esta condición aumenta las posibilidades de conflictos viales y accidentes de tránsito.

Figura 9. *Intersección sin banderilleros, señalización ni canalización respectiva*



Fuente: USVT-INF-CT-16-2023

Sobre la ausencia de señalización vial temporal

Se identificó una falta de dispositivos de canalización que eviten giros no permitidos hacia San José, como se observa en la Figura 10, tal y como se había mencionado en el informe USVT-INF-CT-07-2023 de febrero de 2023.

Figura 10. *Zona del proyecto sin dispositivos de canalización vial*



Fuente: USVT-INF-CT-16-2023

Estas observaciones fueron comunicadas a la Administración mediante el oficio de auditoría técnica EIC-Lanamme-734-2023 en agosto del 2023.

En el oficio GCTR-27-23-1030 del 07 de septiembre de 2023 la Administración se refirió a los aspectos mencionados en el informe técnico USVT-INF-CT-16-2023. En términos generales la Administración indicó que se solicitó al Contratista atender la recomendación realizadas por la USVT del LanammeUCR

Sobre los márgenes de la vía: Se solicitó al contratista atender la recomendación de colocar las barreras de concreto de manera continua y dejar un retiro del borde del talud, para conservar un espacio de seguridad en caso de impacto, por otro lado, para minimizar



este riesgo, el paso cuenta con una restricción de velocidad de 30 km/h, tal y como está señalado.

Sobre los dispositivos de canalización no normados a lo largo del margen derecho de la RN 251, sentido Curridabat- Tres Ríos: Se solicitó al contratista tomar la recomendación para la corrección de los dispositivos utilizados para delimitar el proyecto por medio de la malla naranja alrededor del área del proyecto.

Sobre el borrado inadecuado de la señalización vial horizontal: Se atendió la observación, y se procedió a mejorar el borrado de la señalización horizontal en el cambio de sentido sobre la Ruta Nacional 251.

Sobre la infraestructura peatonal: Se atendió la observación sobre la ausencia de un espacio seguro para la movilización de los peatones mientras esperan al bus, se colocaron barreras para guiar y resguardar el tránsito de peatones hasta el cruce demarcado. Además, se colocó personal en el cruce del paso peatonal para atender el cruce seguro de los usuarios.

Sobre la intersección sin elementos mínimos de seguridad vial: La atención de la intersección fue apoyada por oficiales de tránsito cuando era necesario y cuando se disponía de personal, sin embargo, el PMT ni el proyecto tiene dicho alcance.

Sobre la ausencia de señalización vial temporal: Se atendió la observación sobre la falta de dispositivos de canalización que eviten giros no permitidos hacia San José en la salida del paso temporal hacia RN 251, se indica que las barreras se colocarán nuevamente, ya que estas sufren de vandalismo de forma constante y además son removidas por los oficiales de tránsito, cuando estos tienen presencia en sitio para mejorar la fluidez del tránsito en horas de la mañana.

Posterior a las observaciones realizadas por el equipo auditor, la Administración solicitó aplicar medidas correctivas, y mediante los anexos al oficio de descargo del informe preliminar, la supervisión añadió evidencia fotográfica a través del oficio GCTR-47-2024-1568 (0665) que demuestran haber implementado mejoras. Es criterio del equipo auditor que las medidas adoptadas representaron un aporte positivo a la ejecución de la obra.

A pesar de las medidas correctivas indicadas y evidenciadas por la Administración en los documentos antes mencionados, la USVT evidenció que persistía el incumplimiento de los dispositivos aprobados en el PMT como los dispositivos de canalización del tránsito y oportunidades de mejora en cuanto a las facilidades peatonales. A pesar de haber identificado las oportunidades de mejora durante la ejecución de los trabajos en la vía citadas en el presente informe, se reconoce la disposición de la Administración para corregir y mejorar algunas de las condiciones de seguridad vial en el proyecto; especialmente en lo relacionado con señalización vial y movilidad peatonal.



DISEÑO DE MATERIALES

E. SOBRE LA CALIDAD DEL CONCRETO

HALLAZGO 3. LA RESISTENCIA REQUERIDA A 28 DÍAS DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO DE 280KG/CM² Y 700KG/CM² TOMADAS POR EL LANAMMEUCR Y POR LA VERIFICACIÓN DE CALIDAD SE ENCUENTRA POR ENCIMA DE LA RESISTENCIA REQUERIDA EN EL DISEÑO

El análisis de la gestión de la calidad de los materiales del proyecto se realizó utilizando como base los documentos contractuales del proyecto, el Cartel y Contrato. En el proyecto la versión vigente del CR-2010 que aplica es la versión publicada en La Gaceta N° 99 de 09 de mayo del 2017, donde en el decreto N° 40333-MOPT, se oficializa las modificaciones, actualizaciones y creación de algunas secciones y subsecciones de Manual CR-2010. Bajo este marco contractual se evaluó la gestión de la calidad del proyecto en un plazo de análisis que abarcó los meses comprendidos entre marzo y diciembre 2023.

La calidad del concreto estructural colocado de diferentes resistencias a la compresión, 280kg/cm² y 700kg/cm², fue analizada a través de los parámetros de temperatura de colocación, asentamiento y resistencia a la compresión simple a los 28 días acorde al diseño. Posteriormente, se realizó una revisión de los resultados de ensayos obtenidos por el LanammeUCR y por el laboratorio de Verificación de Calidad. El cumplimiento se valoró según lo indicado en la sección 552. *Concreto Estructural* y la aceptación y el pago con la sección 107 Aceptación del trabajo.

Concreto con resistencia esperada de 280kg/cm²

Para el concreto estructural se analizaron los parámetros: temperatura de colocación, asentamiento y resistencia a la compresión simple a los 28 días. El parámetro de resistencia se obtuvo de los oficios GTI-27-23-0447, VIETO-GAL-0062, CTCPP-109-2023 y VIETO-GAL-0066, donde se hace referencia a los informes de diseño de concreto.

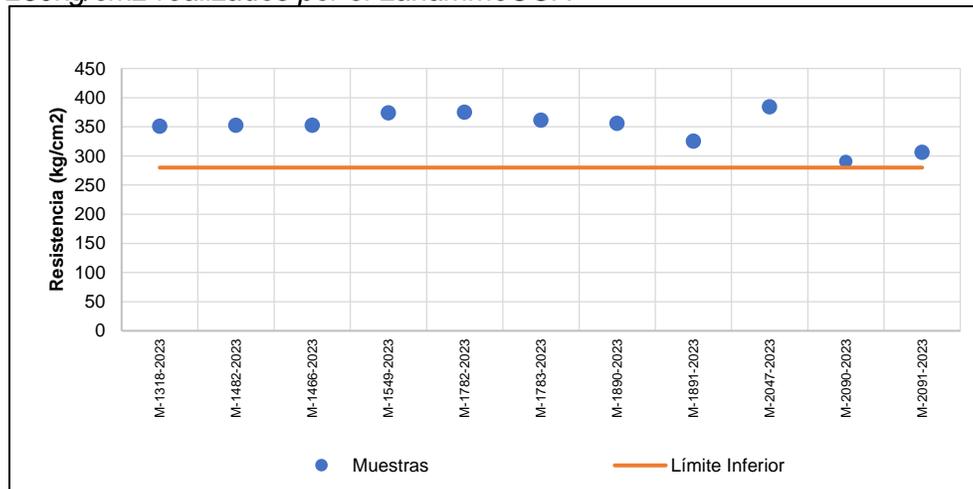
En las siguientes tablas se muestran los resultados de los ensayos realizados por LanammeUCR para las muestras ensayadas dentro del periodo de la auditoría técnica.



Tabla 3. Resultados de ensayos de temperatura, asentamiento o flujo realizados por el LanammeUCR, concreto $f_c':280 \text{ kg/cm}^2$

Informe	Muestra	Elemento	Fecha de muestreo	Temperatura (°C)	Asentamiento (mm)	Resistencia kg/cm^2
EIC-Lanamme-INF-1089-2023	M-1318-2023	Losa	20/07/2023	27,0	160	351
EIC-Lanamme-INF-1232-2023	M-1482-2023	Muro	21/08/2023	26,0	165	353
EIC-Lanamme-INF-1231-2023	M-1466-2023	Muro	16/08/2023	26,0	175	353
EIC-Lanamme-INF-1279-2023	M-1549-2023	Muro	07/09/2023	26,0	165	374
EIC-Lanamme-INF-1465-2023	M-1782-2023	Losa	06/10/2023	24,0	200	375
EIC-Lanamme-INF-1465-2023	M-1783-2023	Losa	06/10/2023	24,0	210	362
EIC-Lanamme-INF-1507-2023	M-1890-2023	Muro	21/10/2023	26,0	190	356
EIC-Lanamme-INF-1507-2023	M-1891-2023	Muro	21/10/2023	26,0	170	326
EIC-Lanamme-INF-1644-2023	M-2047-2023	Losa sumidero	11/11/2023	26,5	200	384
EIC-Lanamme-INF-1688-2023	M-2090-2023	Muro	18/11/2023	23,5	240	290
EIC-Lanamme-INF-1688-2023	M-2091-2023	Muro	18/11/2023	25,5	170	307

Figura 11. Resultados de ensayos de resistencia promedio a la compresión para muestras con $f_c' 280 \text{ kg/cm}^2$ realizados por el LanammeUCR



Tal y como se puede observar en esta información, no se identificaron incumplimientos en la resistencia a la compresión de los datos analizados.

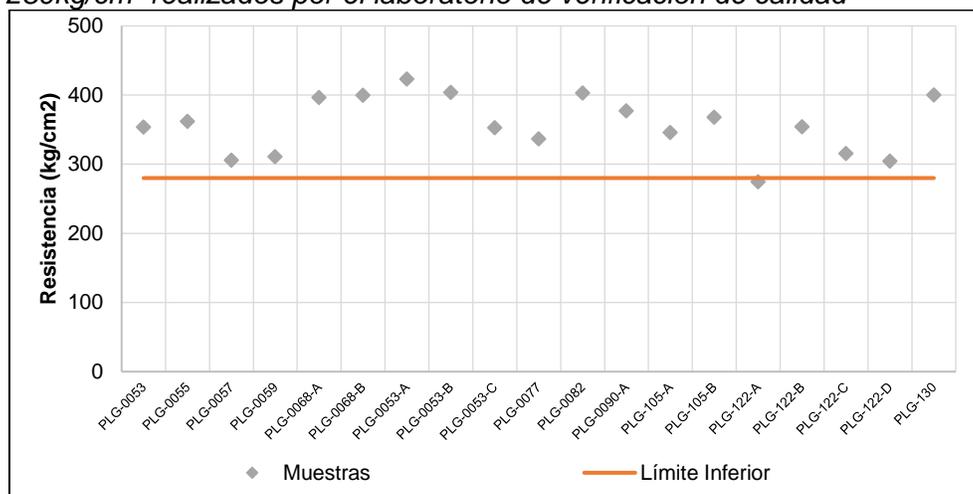
A continuación, se analizan los resultados de resistencia a la compresión de concreto estructural de 280 kg/cm^2 obtenidos por el laboratorio de verificación. El periodo de muestreo fue de julio 2023 a octubre 2023. La mayoría de los valores se encuentran por encima del valor de resistencia esperada hasta 300 kg/cm^2 , excepto una muestra de agosto del 2023.



Tabla 4. Resultados de ensayos de temperatura, asentamiento o flujo realizados por la verificación de calidad, concreto $f_c':280 \text{ kg/cm}^2$

Informe	Muestra	Elemento	Fecha de muestreo	Temperatura (°C)	Asentamiento (mm)	Resistencia kg/cm^2
23-PLG-0053-1231-C	PLG-0053	Losa	20/07/2023	26,5	165	354
23-PLG-0055-1231-C	PLG-0055	Losa	20/07/2023	27,0	205	362
23-PLG-0057-1231-B	PLG-0057	Losa	22/07/2023	26,5	205	306
23-PLG-0059-1231-C	PLG-0059	Losa	22/07/2023	24,0	205	311
23-PLG-0068-1231-C	PLG-0068-A	Losa	02/08/2023	22,5	240	397
23-PLG-0068-1231-C	PLG-0068-B	Losa	02/08/2023	23,5	185	400
23-PLG-0070-1231-C	PLG-0053-A	Losa	07/08/2023	23,0	185	423
23-PLG-0070-1231-C	PLG-0053-B	Losa	07/08/2023	26,0	200	404
23-PLG-0070-1231-C	PLG-0053-C	Losa	07/08/2023	27,0	200	353
23-PLG-0077-1231-C	PLG-0077	Pared	16/08/2023	27,0	235	336
23-PLG-0082-1231-C	PLG-0082	Pared	21/08/2023	26,5	185	403
23-PLG-0090-1231-C	PLG-0090-A	Pared	28/08/2023	30,0	205	377
23-PLG-0090-1231-C	PLG-105-A	Muro	05/10/2023	27,5	225	346
23-PLG-0090-1231-C	PLG-105-B	Muro	05/10/2023	27,0	190	368
23-PLG-0090-1231-C	PLG-122-A	Pared	23/10/2023	25,5	205	274
23-PLG-0090-1231-C	PLG-122-B	Pared	23/10/2023	28,0	220	354
23-PLG-0090-1231-C	PLG-122-C	Pared	23/10/2023	28,0	200	315
23-PLG-0090-1231-C	PLG-122-D	Pared	23/10/2023	28,5	205	304
23-PLG-0090-1231-C	PLG-130	Muro	28/10/2023	22,5	210	400

Figura 12. Resultados de ensayos de resistencia promedio a la compresión para muestras con $f_c' 280 \text{ kg/cm}^2$ realizados por el laboratorio de verificación de calidad





El equipo auditor determinó el factor de pago para la resistencia a la compresión de cilindros de concreto con resistencia esperada de 280kg/cm^2 a partir de los datos del laboratorio de verificación de calidad, utilizando la sección 552. Concreto Estructural, la subsección 552.21 Pago y la sección 107.05 Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago (valor del trabajo) del CR-2010. Se definió como lote la producción mensual de concreto que responde al mismo diseño de mezcla. Para los meses de julio, agosto y octubre del 2023 este factor es de un 100%.

Concreto con resistencia esperada de 700kg/cm^2

Para el concreto estructural de los elementos prefabricado se analizaron los parámetros: temperatura de colocación, asentamiento y resistencia a la compresión simple a los 28 días. El parámetro de resistencia se obtuvo de los oficios GCTI-27-23-0919, donde se hace referencia al informe de diseño de concreto con una resistencia esperada de 700kg/cm^2 .

En las siguientes tablas y figuras se muestran los resultados de los ensayos realizados por LanammeUCR y del laboratorio de verificación de calidad para las muestras ensayadas dentro del periodo de la auditoría técnica.

Tabla 5. Resultados de ensayos de temperatura, asentamiento o flujo realizados por el LanammeUCR, concreto $f_c':700\text{ kg/cm}^2$

Informe	Muestra	Elemento	Fecha de muestreo	Temperatura (°C)	Asentamiento (mm)	Resistencia kg/cm^2
EIC-Lanamme-INF-1229-2023	M-1487-2023	Viga T	23/08/2023	30,5	490	956
EIC-Lanamme-INF-1268-2023	M-1524-2023	Viga T	05/09/2023	28,0	700	767
EIC-Lanamme-INF-1298-2023	M-1555-2023	Viga T	12/09/2023	35,0	310	799
EIC-Lanamme-INF-1449-2023	M-1762-2023	Viga puntal	03/10/2023	31,5	750	899
EIC-Lanamme-INF-1484-2023	M-1817-2023	Viga T	11/10/2023	23,0	225	772
EIC-Lanamme-INF-1500-2023	M-1854-2023	Viga puntal	17/10/2023	26,5	650	907
EIC-Lanamme-INF-1506-2023	M-1879-2023	Viga T	20/10/2023	29,5	760	707



Figura 13. Resultados de ensayos de resistencia promedio a la compresión para muestras con $f_c' 700\text{kg/cm}^2$ realizados por el LanammeUCR

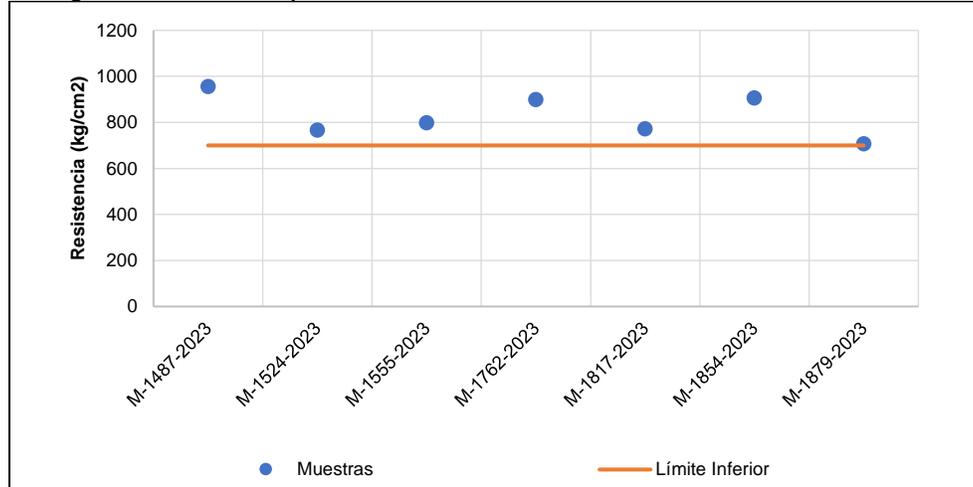
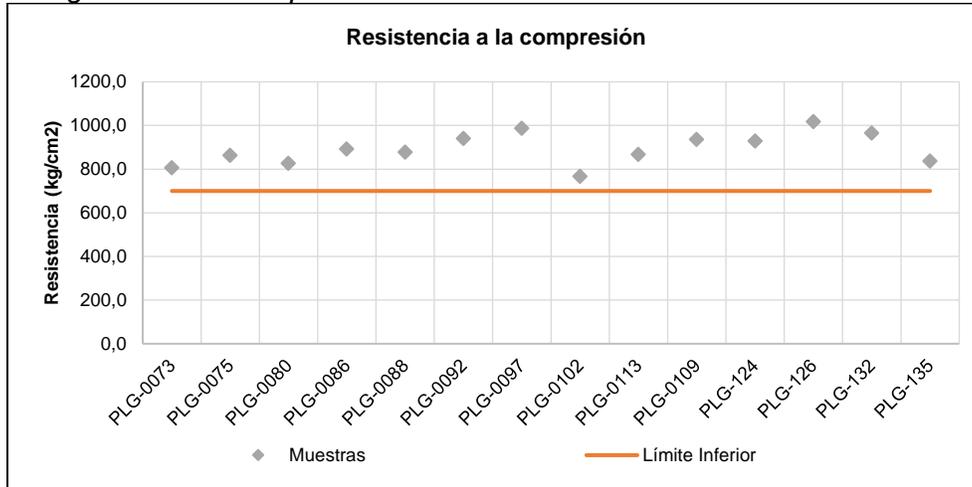


Tabla 6. Resultados de ensayos de temperatura, asentamiento o flujo realizados por el laboratorio de verificación de calidad, concreto $f_c':700\text{ kg/cm}^2$

Informe	Muestra	Elemento	Fecha de muestreo	Temperatura (°C)	Asentamiento (mm)	Resistencia kg/cm^2
23-PLG-0073-1231-C	PLG-0073	Viga T	11/08/2023	28,0	660	768
23-PLG-0075-1231-C	PLG-0075	Viga T	16/08/2023	28,0	690	869
23-PLG-0080-1231-C	PLG-0080	Viga T	19/08/2023	32,0	680	937
23-PLG-0086-1231-C	PLG-0086	Viga T	23/08/2023	32,5	500	930
23-PLG-0088-1231-B	PLG-0088	Viga T	26/08/2023	31,5	800	1018
23-PLG-0092-1231-C	PLG-0092	Viga T	29/08/2023	30,0	600	965
23-PLG-0097-1231-C	PLG-0097	Viga T	01/09/2023	29,5	770	838
23-PLG-0097-1231-C	PLG-0102	Viga T	03/10/2023	29,0	750	807
23-PLG-0097-1231-C	PLG-0113	Viga T	12/10/2023	37,0	320	864
23-PLG-0097-1231-C	PLG-0109	Viga T	06/10/2023	29,5	480	827
23-PLG-0097-1231-C	PLG-124	Viga T	24/10/2023	27,5	570	893
23-PLG-0097-1231-C	PLG-126	Viga T	26/10/2023	26,5	750	878
23-PLG-0097-1231-C	PLG-132	Viga T	28/10/2023	28,3	770	941
23-PLG-0097-1231-C	PLG-135	Viga T	31/10/2023	33,0	740	987



Figura 14. Resultados de ensayos de resistencia promedio a la compresión para muestras con f_c' 700kg/cm² realizados por el laboratorio de verificación de calidad.



En el caso de la resistencia a la compresión simple, tanto en los datos de LanammeUCR como en los resultados presentados por el laboratorio de verificación de la calidad se evidenció el cumplimiento de la resistencia de diseño esperada (ver Figuras 13 y 14), en el periodo de alcance de esta auditoría técnica.

El equipo auditor determinó el factor de pago para la resistencia a la compresión de cilindros de concreto con resistencia esperada de 700kg/cm² a partir de los datos del laboratorio de verificación de calidad, utilizando la sección 552.Concreto Estructural, la subsección 552.21 Pago y la sección 107.05 Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago (valor del trabajo) del CR-2010. Se definió como lote la producción mensual de concreto que responde al mismo diseño de mezcla. Para los meses de agosto y octubre del 2023 este factor es de un 100%.



F. SOBRE EL DISEÑO DE MEZCLA Y LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA

OBSERVACION 4. LOS INFORMES DE DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ELABORADOS POR EL CONTRATISTA PRESENTA OPORTUNIDADES DE MEJORA

El equipo auditor realizó la revisión del diseño de la mezcla asfáltica, diseño presentado por la empresa Contratista mediante el informe No 01-1766-2023 emitido por LGC. Ingeniería de Pavimentos S.A. con fecha del 10 de julio de 2023.

El diseño del material considera una mezcla asfáltica tipo AB y de tránsito pesado un tamaño nominal de 19 mm diseñada con el método Marshall Estándar, la cual se evaluó bajo los criterios y lineamientos del Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2020, específicamente con la sección 401 Diseño De Mezcla Asfáltica por el Método Marshall y la sección 405.03 Aprobación del diseño y la fórmula de trabajo para la mezcla asfáltica. La mezcla asfáltica en un primer momento fue producida en la planta de la empresa CONANSA ubicada en Calle Blancos, luego en la planta de MECO.

A partir de la evaluación del informe 01-1766-2023 se observó que el diseño de mezcla asfáltica del proyecto cumple con el contenido y ensayos requeridos en la sección 405.3 del cartel de licitación.

En cuanto al requerimiento del diseño Marshall establecido en la sección 401.03, sobre determinar el contenido de ligante asfáltico óptimo para una combinación determinada de agregados y ligante asfáltico, por medio de la elaboración de especímenes de prueba estándar de aproximadamente 64 mm de alto y 102 mm de diámetro. Se debe indicar que el mismo se cumple al definir un valor de asfalto óptimo sobre el agregado de 5,84% (5,50% sobre la mezcla), aplicándose el criterio de cumplimiento de propiedades volumétricas establecidos en la Tabla 401-01 "Requisitos para el diseño de la mezcla asfáltica utilizando el método Marshall.

Adicionalmente, en el informe 01-1766-2023, se presentan los resultados de los parámetros volumétricos obtenidos a partir del rango de tolerancia $\pm 0,5\%$ respecto al valor óptimo del contenido de asfalto (ver Figura 15). El equipo auditor evidenció un incumplimiento en los parámetros de VFA y contenido de vacíos observados en el rango de trabajo ($\pm 0,5\%$) del contenido de asfalto óptimo 5,50%.



Figura 15. Graduación propuesta en el diseño 01-1766-2023.

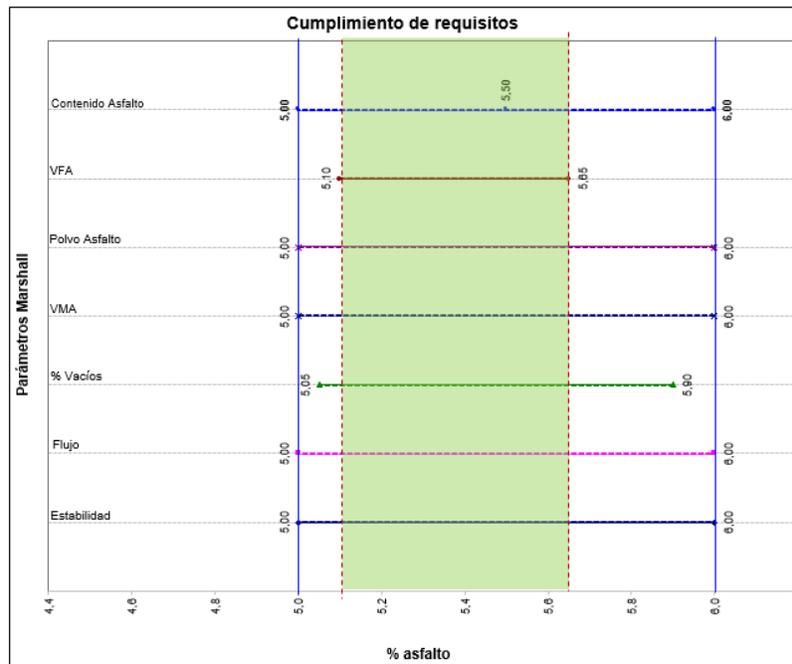
PARÁMETROS DE LA MEZCLA CON EL PORCENTAJE ÓPTIMO DE ASFALTO

Parámetro	Unidad	Rango de trabajo		
		Óptimo -0,5 %	Óptimo	Óptimo +0,5 %
Contenido de asfalto	%	5,00	5,50	6,00
Contenido de vacíos	%	5,2	4,0	2,9
Vacíos en el agregado mineral (VMA)	%	14,1	14,1	14,2
Vacíos llenos con asfalto (VFA)	%	64	72	80
Relación polvo / asfalto	-	1,3	1,2	1,1
Estabilidad Marshall	kgf	1810	1700	1620
Flujo Marshall	cm/100	27,5	29,5	31,5
Gravedad específica	kg/m ³	2,398	2,410	2,420
Asfalto efectivo	%	3,957	4,426	4,946
Gravedad específica bruta agregado grueso combinado	-	2,677	2,677	2,677
Absorción agregado grueso combinado	%	1,82	1,82	1,82
Gravedad específica bruta agregado fino	-	2,635	2,635	2,635
Absorción agregado fino	%	2,45	2,45	2,45
Gravedad específica bruta agregados combinados	%	2,656	2,656	2,656
Absorción agregados combinados	%	2,14	2,14	2,14
Gravedad específica máxima teórica	kg/m ³	2,528	2,511	2,491

Fuente LGC, 2023

El equipo auditor identificó con los datos presentados en el diseño 01-1766-2023 que el rango de trabajo efectivo para evitar los incumplimientos en la mezcla asfáltica se reduce hasta en un 45% al indicado, ya que como se puede observar en la Figura 16, por debajo del valor de 5,1% y por encima de 5,65% del contenido de asfalto se presentan incumplimientos en el parámetro de VFA.

Figura 16. Análisis de rango de cumplimiento de parámetros de diseño de mezcla asfáltica 01-1766-2023



Fuente: LanammeUCR



Es importante recalcar la importancia sobre el monitoreo del contenido de asfalto durante el proceso de producción de la mezcla asfáltica, ya que el rango de trabajo establecido en el diseño presenta valores en VFA y en el contenido de vacíos cercanos con incumplimientos, de lo contrario se estarían presentando incumplimientos volumétricos del material, haciendo que la mezcla sea más susceptible a deterioros o un inadecuado desempeño.

La información se comunicó a la Administración en el oficio EIC-Lanamme-733-2023 del 08 de agosto del 2023. La Administración respondió con el oficio GCTI-47-23-0995 (0665) el 30 de agosto del 2023.

En este documento indicó al equipo auditor que, en el proyecto se lleva un control sobre el contenido del ligante asfáltico siguiendo las recomendaciones del LanammeUCR y también se estará monitoreando la gravedad específica de los agregados utilizados en la producción de la mezcla. Igualmente se mencionó que la verificación de calidad tiene la función de monitoreo y muestreo respectivo para verificar el cumplimiento.

Con respecto al tema de la selección y tipo de mezcla asfáltica, la Administración señaló que, a partir de los resultados de fatiga de la mezcla, se categoriza la mezcla como tipo D para capas asfálticas de rodadura, siendo esta para un tránsito superior a los 10 millones de ejes equivalentes cumpliendo así las capacidades de diseño.

HALLAZGO 4. SE EVIDENCIÓ EL CUMPLIMIENTO DE LOS PARÁMETROS VOLUMÉTRICOS DE LAS MUESTRAS DE MEZCLA ASFÁLTICA TOMADAS POR EL LANAMMEUCR Y POR LA VERIFICACIÓN DE CALIDAD

El análisis de la gestión de la calidad de los materiales del proyecto se realizó utilizando como base los documentos contractuales del proyecto, el Cartel y Contrato. En este proyecto la versión vigente del CR-2010 que aplica es la versión publicada en La Gaceta N° 99 de 09 de mayo del 2017, donde en el decreto N° 40333-MOPT, se oficializa las modificaciones, actualizaciones y creación de algunas secciones y subsecciones de Manual CR-2010. Bajo este marco contractual se evaluó la gestión de la calidad del proyecto, cuyo plazo del análisis abarcó los meses comprendidos entre marzo y diciembre de 2023.

Para la mezcla asfáltica en caliente se analizaron los parámetros: granulometría, VFA, VMA, polvo/asfalto, porcentaje de vacíos, contenido de asfalto, estabilidad, flujo y vacíos en núcleos, el cumplimiento se valoró según lo indicado en la sección 405. *Suministro y colocación de mezcla asfáltica en caliente* y la aceptación y el pago con la sección 107 Aceptación del trabajo. Los límites para la mezcla asfáltica de 19 mm se obtuvieron del Informe de Resultados No 01-1766-2023 emitido por LGC. Ingeniería de Pavimentos S.A. con fecha del 10 de julio de 2023.

Se determinó, cuando fue posible, el factor de pago, según la sección 107.05 del CR-2010, tanto para los datos de LanammeUCR, como los datos del laboratorio de Verificación de calidad. Durante el proceso de auditoría se comunicó a la Administración los resultados de



los ensayos realizados por el laboratorio del LanammeUCR y las observaciones en cuanto a la gestión de la calidad en el proyecto a través de oficios y notas-informes.

Resultados de calidad de la Mezcla Asfáltica Caliente de TMN 19mm del LanammeUCR

Para la mezcla asfáltica en caliente se analizaron los parámetros: granulometría, VFA, VMA, polvo/asfalto, porcentaje de vacíos, contenido de asfalto, estabilidad, flujo y vacíos en núcleos. Para los parámetros granulometría, porcentaje de vacíos, contenido de asfalto y vacíos en núcleos se verificó el factor de pago según la sección 107.05 del Cartel de Licitación del proyecto, cuando el número de muestras analizadas lo permitió.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de los ensayos de volumetría, estabilidad y granulometría realizadas por LanammeUCR para la muestra ensayada.

Tabla 7. Resultados de ensayos de volumetría para mezcla asfáltica en caliente de 19mm realizados por el LanammeUCR

Informe	Muestra	Fecha de producción	Marshall		Asfalto (PTM) (%)	Vacíos (%)	VMA (%)	VFA (%)	P/A (%)
			Estabilidad	Flujo					
EIC-Lanamme-INF-0140-2024	M-2197-2023	04/12/2023	15224	2,8	5,34	4,3	13,5	68	1,2

Los parámetros volumétricos ensayados como contenido de asfalto (PMT), vacíos, VMA y VFA de la muestra para la mezcla asfáltica con tamaño máximo nominal de 19 mm cumplen con los límites y tolerancias de la especificación. No fue posible aplicar la sección 107.05, ya que el número de muestras no alcanza el mínimo de 5. En cuanto a la granulometría de la muestra, se encuentran dentro de los límites de la especificación. Estos datos fueron reportados a la Administración en el oficio EIC-Lanamme-104-2024.

Resultados de calidad de la Mezcla Asfáltica Caliente TMN 19mm de Verificación de Calidad

Se analizaron 2 muestras de laboratorio de verificación de calidad, en el periodo analizado que comprende los meses de marzo a octubre del 2023. Las muestras analizadas presentan una tendencia a encontrarse dentro de los parámetros contractuales y lo establecido en el diseño correspondiente. No fue posible aplicar la sección 107.05, ya que el número de muestras no alcanza el mínimo de 5. En cuanto a la granulometría de las muestras, se encuentran dentro de los límites de la especificación.



Tabla 8. Resultados de ensayos de volumetría para mezcla asfáltica en caliente de 19mm realizados por verificación de calidad

Informe	Muestra	Fecha de producción	Marshall		Asfalto (PTM) (%)	Vacíos (%)	VMA (%)	VFA (%)	P/A (%)
			Estabilidad	Flujo					
23-PLG-0061-1231	PLG-0061	29/07/2023	17800	3,4	5,18	4,5	14,2	68	1,2
23-PLG-0064-1231	PLG-0064	29/07/2023	17540	3,4	5,06	4,6	14,2	68	1,2

G. SOBRE EL DISEÑO DE MEZCLA Y LA CALIDAD DE LA BASE ESTABILIZADA

El equipo auditor realizó la revisión del diseño de base estabilizada del proyecto, diseño presentado por la empresa LGC Ingeniería de Pavimento SA mediante el informe No 01-1764-2023, con fecha del 10 de julio del 2023 y se comunicó a la Administración en el oficio EIC-Lanamme-732-2023. A manera de descargo la Administración presentó el oficio GCTR-47-23-1027 del 28/08/2023 y anexos.

También se presenta el análisis de calidad de la base estabilizada, tanto para las muestras tomadas por el LanammeUCR, como por el laboratorio de verificación de calidad, Con respecto a este tema se ha comunicado a la Administración de los resultados de cilindros de BE del LanammeUCR en los oficios EIC-Lanamme-732-2023 (08/08/2023), EIC-Lanamme-804-2023 (31/08/2023), EIC-Lanamme-1110-2023 (21/09/2023) y EIC-Lanamme-1297-2023 (15/12/2023). Al respecto la Administración brindó respuesta en los oficios GCTR-47-23-1027 (28/08/2023), y GCTR-27-24-2069 (15/12/2023)

OBSERVACION 5. LOS INFORMES DE DISEÑO DE BASE ESTABILIZADA PRESENTAN MODIFICACIONES RESPECTO A LO INDICADO EN LA NORMATIVA CR-2010, VERSION ACTUALIZADA EN EL 2017.

En relación con el contenido del diseño de base estabilizada, se destaca que cumple en su mayoría con los requisitos mínimos establecidos en la "Sección 302. Base granular estabilizada con cemento" del CR-2010, Decreto Ejecutivo DE-40333-MOPT del 16 de enero de 2017.

En el informe de diseño, se detallan aspectos clave, como la fuente de material, los resultados de ensayos aplicables, el contenido inicial de cemento necesario para la resistencia a la compresión a los 7 días, y la utilización de puntos de saturación para determinar la densidad máxima.

Sin embargo, se observó una discrepancia en el método de ensayo utilizado para la densificación y compactación de las pastillas de BE para el cálculo de la resistencia a la compresión, ya que el informe menciona el uso del método AASTHO T-180 Método D, mientras que en la sección 302.03 se especifica el Método C.

Por otro lado, en el informe de diseño se indica que el método de ensayo utilizado es AASTHO T-180 Método D (Esfuerzo modificado) y en la *Tabla 2. I-48. Método en ensayo*

Informe EIC-Lanamme-INF-0643-24	julio , 2024	Página 50 de 96
---------------------------------	--------------	-----------------



para la resistencia a la compresión de especímenes de suelo-cemento, incluye una leyenda que indica que Diseño de BE-25 con Cemento Progreso UI ((Molde de 4", 3 capas, 22 golpes, mazo de 4,54 kg).

En relación con el moldeo de los especímenes en tres capas y con 22 golpes, el oficio LM-PI-025-2018, realiza la aclaración que en la sección 302.03 Diseños de mezcla (equivalente BE-25)

“se deberán preparar los especímenes de acuerdo con la norma AASHTO T180 método C (molde de 4 in, 5 capas, 25 golpes, mazo de 4,54 kg)”.

Así mismo, en la sección 302.11 Control de calidad en obra, el oficio LM-PI-025-2018 indica que

“el método de compactación para la preparación de especímenes tanto para diseño como para control de calidad deberá realizarse de acuerdo con AASHTO T180 Método C (molde de 4 in, 5 capas, 25 golpes, mazo de 4.54 kg)”

Por lo que llama la atención a esta Auditoría el uso tanto en el diseño como en el control y verificación de calidad de esta modificación de la especificación. Este método de densificación y elaboración de los especímenes utilizado difiere de la normativa de referencia nacional vigente y estandarizada, ya que el moldeo se realizó en tres capas y utilizando 22 golpes por capa; con las demás variables en igualdad de condiciones.

Al observar la siguiente tabla (ver Tabla 1) el método utilizado por el diseñador (LGC) no coincide con ninguno de los métodos mencionados en la norma AASTHO T-180, no se adapta al Método C al cambiar el número de capas y golpes, ni tampoco al Método D, al utilizar moldes de 6 in, sino de 4 in.

Tabla 9. Comparación entre la actualización del CR-2010 en el 2017 (Norma AASTHO T-180) y las especificaciones aplicadas en el proyecto

Variable	Método C*	Método D	Informe No 01-1764-2023
Diámetro del molde	4 in	6 in	4 in
Cantidad de Capas	5	5	3
Cantidad de golpes por capa	25	56	22
Mazo (kg)	4,54	4,54	4,54

*Metodología indicada en el CR-2010, actualización 2017

Es criterio del equipo auditor que utilizar un método no normado ni estandarizado limita la comparación y revisión de los resultados para validar los mismos y garantizar el cumplimiento de los materiales utilizados en la construcción de la obra. Por lo que se concluye que la elaboración de los especímenes de base estabilizada en 3 capas es contraria a lo indicado en la actualización del CR-2010.

En el caso de los requisitos granulométricos del agregado para base estabilizada y el límite líquido e índice plástico en el diseño se observó que se utiliza como referencia una granulometría Tipo C para bases granulares, esto de acuerdo con la sección 703.05 Agregado para capas de subbase y base del CR-2010 actualización 2017.



En la sección de Análisis de resultados del diseño No 01-17764-2023, se menciona:

“Se propone la graduación tipo “C” del Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes y sus actualizaciones subsección 703.05, tabla 703-7 como requerimiento de bandas granulométricas ya que a nuestro criterio contribuye con la solicitud de una estructura de material con cualidades de mayor competencia.”

Utilizando como referencia los límites indicados para estos parámetros en la sección 703.05, el agregado analizado cumple con las especificaciones, sin embargo, llama la atención la afirmación de la nota anterior donde se asegura que este material *contribuye con la solicitud de una estructura de material con cualidades de mayor competencia*, por lo que se consultó a la Administración sobre la justificación técnica que respalda la decisión de cambiar la graduación del material granular.

En el oficio GCTR-47-23-1027 (0665) del 28/08/2023 se detalla la respuesta de la Administración a las observaciones realizadas por el equipo auditor. A continuación, se presenta un resumen de lo indicado en dicho documento:

- En el caso del Proyecto “la Galera” el contratista cotizó base granular de la sección 703.05 pero incluyendo el cemento, con lo cual no se estaba claro si se trataba de la sección 302 o la sección 304. Esta confusión se generó por un error en el reglón de pago, que en la descripción indicaba una base granular estabilizada con cemento y en la estructura de costos se incluía el cemento.
- Se modificó el agregado indicado en el apartado 703.21 por el agregado de la 703.05, implica un agregado de mejor calidad por ende mayores resistencias.
- Se decide usar la sección 302 en lugar de 304, como reglón de pago, por que incluye el cemento.
- Se adecuó la resistencia indicada en 304 a 302, que se espera sea mayor.
- Se decidió ajustar el moldeo de pastillas de diseño y de control de calidad a un 97% de compactación y no un 100% como lo indica la normativa, por lo que se ajusta a 22 golpes y tres capas.
- Se realizó la OM6 donde se corrigieron las especificaciones de varios renglones de pago asociados a la contratación y se modificó al renglón de pago 302.01 Base estabilizada con cemento tipo BE- 25.
- Se realizó la Orden de Modificación N°9: Aclaración y ajuste de las especificaciones técnicas correspondientes al renglón de pago CR.302.01 Base estabilizada con cemento portland (BE-25), incluye Cemento Portland.

La Administración también señaló que era esperable obtener resistencias mayores, en el diseño como plan remedial ante este escenario, llevó a cabo prácticas constructivas en sitio como micro fisurado o corte de la capa de base estabilizada, para aliviar los esfuerzos de tensión generados en la capa producto del aumento de su rigidez. Aunado a esto, también se propuso la colocación de una geomalla sobre la capa de base estabilizada, para evitar el reflejo de las grietas o cortes realizados en la carpeta asfáltica.



La Administración mencionó en su respuesta que se ajustaron las resistencias de control para la base estabilizada, ya que una base estabilizada que cumpla con el requisito de pérdida de masa en “Doce Ciclos” siempre va a tener una resistencia superior a 3,9 MPa máximo especificado en la Sección 302.

En conclusión, en el diseño del material de base estabilizada el equipo auditor ha identificado diferencias en los informes de diseño de concreto hidráulico presentados por el contratista, en contravención con la normativa CR-2010 actualizada en el 2017, la utilización de un método no estandarizado y sin fundamento técnico o normativo dificulta la comparación y revisión de los resultados, lo cual representa una seria limitación en la evaluación de la obra.

Cabe recalcar que en el documento Memorando EIC-Lanamme-171-2024 del 22/02/2024, de la Unidad de Normativa y Actualización Técnica del LanammeUCR (UNAT), indicó que se considera que la buena práctica fue aplicada parcialmente, siendo que, tal como se plantea como parte de los criterios de la UAT, “la Administración selecciona partes de la sección 302 y otras de la 304 al definir los estándares de diseño y aceptación de la base estabilizada del proyecto” entre otros motivos, para no tener que cumplir con el requerimiento de un límite de resistencia máxima. Es relevante tomar en cuenta que, el renglón de pago no solamente se debe asociar con los materiales empleados, sino que también afecta los procesos constructivos y, por ende, maquinaria, personal, ensayos y otros.

Por tanto, en vista de que no se aplica la Sección 302 tal y como se indica en el manual CR-2010 y las modificaciones realizadas en este proyecto corresponden a temas de fondo que cambian aspectos esenciales tal como la técnica, es recomendable entonces la creación de un renglón de pago especial y único para dicho proyecto, para lo cual se requeriría una justificación técnica fundamental en cuanto a las razones de la selección de dicha práctica y más importante aún, por qué no se aplican las técnicas ya especificadas en la normativa. De ahí la importancia de la aplicación de la normativa técnica, ya que permite definir el marco de las prácticas constructivas recomendables y, por ende, evita el uso de prácticas empíricas, es decir, sin análisis o pruebas de su cumplimiento y ventajas para el país, pudiendo ser contrarias a los principios de eficiencia y eficacia en cuanto al uso del erario.

Además, preocupa a la auditoría técnica cómo la Administración asume un riesgo innecesario a la hora de tener que implementar un plan remedial o prácticas constructivas en sitio como micro fisurado o corte de la capa de base estabilizada, para aliviar los esfuerzos de tensión generados en la capa producto del aumento de la rigidez de la base estabilizada, en lugar de optimizar el diseño de mezcla y obtener un producto con menor resistencia que se adapte a las necesidades del proyecto.



OBSERVACION 6. NO SE EVIDENCIÓ SUSTENTO TÉCNICO QUE RESPALDE LAS MODIFICACIONES A LA NORMATIVA DE BASES ESTABILIZADAS APROBADA EN LA OM-6 Y OM-9 DEL PROYECTO

La OM 6 *Aclaración y ajuste de las especificaciones técnicas correspondientes a los renglones de pago de oferta, según la definición establecida en el CR-2010 y sus actualizaciones, sin cambio de objeto, plazo, ni monto*, del 18 de abril de 2023 se aprueba con el objetivo de ajustar el número, detalle y descripción de los renglones de pago definidos en oferta, para cumplir con lo dispuesto en el CR-2010 y sus actualizaciones.

Según consta en el expediente de la Licitación Pública 2019LN-000014-0006000001, proyecto *Diseño y construcción del paso a desnivel en el cruce “La Galera”, Rutas Nacionales Nos. 2 y 251*, el cartel fue publicado en el Sistema Integrado de Compras Públicas (SICOP), el 7 de octubre de 2019, y la apertura de las ofertas se realizó el 2 de diciembre de 2019. Dado que las actualizaciones del CR-2010 están vigentes desde el 16 de enero del 2017, fue preciso realizar los ajustes en los renglones de pago para que estos consideren las especificaciones técnicas de la versión vigente al momento de publicar la presente contratación.

En virtud de lo anterior se corrigió el sumario de cantidades con los renglones de pago en apego al CR-2010 y sus actualizaciones vigentes, utilizando el indicado en la Tabla 10.

Tabla 10. Renglones de pago según CR-2010 actualizado descritos en la OM-6

Renglón de pago	Descripción	Unidad
	TRABAJOS PRELIMINARES	
CR.201.01	Limpieza y desmonte	ha
CR.303.02	Reacondicionamiento de la subrasante	m2
CR.203.01	Remoción de Cajas de Registro y/o Pozos de Registro	unidad
CR.203.02	Remoción de Tuberías o Alcantarillas	m
CR.156.00	Desvíos provisionales de obra	global
	TRAMOS DE APROXIMACIÓN	
	EXPLANACIONES EJE 0	
CR.203.03	Remoción de pavimento	m2
CR.204.03	Excavación en la vía	m3
	PAVIMENTOS EJE 0	
CR.301.01	Subbase granular (CBR>30%)	m3
CR.302.01	Base estabilizada con cemento portland (BE-25), incluye Cemento Portland	m3
CR.405.05	Capa de mezcla asfáltica en caliente tipo C preparada en planta central	ton
CR.413.01	Riego de imprimación	m2
CR.414.01	Riego de liga	l
CR.413.03	Material de secado	m3
	EXPLANACIONES EJE 10	
CR.203.03	Remoción de pavimento	m2
CR.204.03	Excavación en la vía	m3
CR.204.08	Excavación de material de préstamo Caso 2	m3
	PAVIMENTOS EJE 10	
CR.301.01	Subbase granular (CBR>30%)	m3
CR.302.01	Base estabilizada con cemento portland (BE-25), incluye Cemento Portland	m3
CR.405.05	Capa de mezcla asfáltica en caliente tipo C preparada en planta central	ton
CR.413.01	Riego de imprimación	m2
CR.414.01	Riego de liga	l

Fuente: OM6, CONAVI



La Tabla 10 indica que se utilizará el renglón de pago CR.302.01 Base estabilizada con cemento portland (BE-25), incluyendo el Cemento Portland, para la aceptación y pago del ítem de pavimentos, esto de conformidad con la normativa nacional actualizada.

En el oficio GCTR-47-23-1027 (0665) la Administración indicó que para el proyecto La Galera, en la oferta la base estabilizada se presentó como un renglón de pago que no correspondía a los indicados en el CR2010, pero la descripción de este indicaba que se trataba de una base granular estabilizada con cemento, esto porque en la estructura de costos se incluía el cemento. Debido a esta situación, el renglón de base no estaba asociado ni al 302 o al 304 sino que estaba equivocado con otra numeración, de modo que en una reunión con los representantes de CONAVI, del Contratista y de Vieto y Asociados como inspección de apoyo a la Administración, se discutió que el renglón debía ser corregido.

También se indicó en dicho oficio que se requirió aclarar la especificación y ajustar otros parámetros de la sección 302 por los indicados en la sección 304, para poder utilizar la sección 302, con el renglón de pago 302.01 Base estabilizada con cemento tipo BE- 25, en concordancia con la OM-6.

Es criterio del equipo auditor que la actualización y cambios realizados en los regiones de pago en el proyecto La Galera con el objetivo de actualizar y adaptar el Contrato a la normativa nacional vigente, es una buena práctica que permite evaluar y controlar el desarrollo del proyecto vial de acuerdo con los estándares de calidad normados.

En la OM 9, *Aclaración y ajuste de las especificaciones técnicas correspondientes al renglón de pago CR.302.01 Base estabilizada con cemento portland (BE-25), incluye Cemento Portland, sin cambio de objeto, plazo, ni monto*, del 21 de julio del 2023 define cambios en la aplicación del renglón de pago 302.01 con respecto a lo establecido en la normativa nacional CR-2010 versión actualizada en el 2017.

Los cambios aprobados en esta orden de modificación 9 se resumen a continuación.

Tabla 11. Cambios realizados en la OM-9 con respecto a la normativa nacional

Parámetro	CR-2010 versión actualizada 2017	OM-9 proyecto La Galera
Agregado para base estabilizada	Granulometría indicada en la sección 703.21	Granulometría indicada en la sección 703.05
Método de densificación	AASHTO T 134 (Método B) Mazo 4,54 kg Proctor Modificado	AASHTO T 134 (Proctor Estándar)
Método de moldeo de espécimen	AASHTO T 180 (Método C) Mazo 4,54 kg Proctor Modificado	Moldeo 3 capas y 22 golpes Mazo 4,54 kg Proctor Modificado
Gestión de calidad Aceptación y pago del material	Sección 107.05 Límites superior e inferior CR-2010 versión actualizada	Sección 107.04 Límite inferior CR-2010

Fuente: OM9, CONAVI y CR-2010



En la OM-9 se indicó que, con el objeto de obtener pastillas compactadas de base estabilizada, debe ajustarse el número de golpes hasta obtener un número de golpes que logre una densidad del 97% de compactación de la densidad máxima determinado con la modificación propuesta. Y que con el material de base que propone utilizar el contratista para obtener un 97 % de compactación se deben aplicar 22 golpes por capas para el diseño y para las pastillas del control de calidad. Si no se ajusta el número de golpes el contratista debe de cumplir con una densidad mínima del 100 % del Proctor de referencia.

Con respecto a los cambios realizados en la OM-9, no solamente modificando lo especificado en el manual de especificaciones técnicas nacional, CR-2010, sino también a la normativa internacional AASTHO. El equipo auditor no comparte el criterio de la Administración y considera que al utilizar un método no normado ni estandarizado limita la comparación y revisión de los resultados para validar los mismos y garantizar el cumplimiento de los materiales utilizados en la construcción de la obra.

La Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR no comparte y no recibe los criterios técnicos que respaldan la aprobación de la OM 9.

La energía de compactación utilizada durante la construcción y la preparación de los especímenes para ensayos de laboratorio, que posteriormente serán utilizados para la determinación de la densidad máxima y del contenido óptimo de humedad en la mezcla, son de los parámetros que mayor influencia tienen en la resistencia de las bases estabilizadas. El CR-2010 en la subsección 302.06 indica: “La base estabilizada será compactada de manera uniforme hasta obtener una densidad máxima seca no menor del 97 %”. Este valor de densidad solicitado por el CR-2010 debe interpretarse como un valor mínimo, mas no como una cota máxima. De acuerdo con estadísticas obtenidas de ensayos de ‘Laboratorios de verificación en proyectos auditados por LanammeUCR’¹, los resultados de compactación superan el mínimo establecido en la totalidad de los registros. Debido a lo anterior se concluyó que la especificación se encuentra acorde a los procedimientos constructivos utilizados en el país. Ya que el moldeo de especímenes mediante la norma AASHTO T 180 evalúa el material colocado con un valor de densidad máxima seca del 100%, resulta beneficioso que el material colocado en campo presente condiciones lo más semejantes posibles a las utilizadas en los ensayos de laboratorio.

En 2018, posterior a la publicación de la oficialización del CR-2010 hecha en 2017, el LanammeUCR emitió el oficio LM-PI-025-2018 en el cual se realizaron una serie de aclaraciones en diferentes apartados. En términos generales, esta aclaración hace referencia a tres subsecciones de la sección 302 “Base Granular Estabilizada con Cemento” del CR-2010 (oficialización del 2017). Específicamente se refiere a las subsecciones 302.03 “Diseño de mezcla (equivalente a BE-25)”, 302.11 “Control de calidad en obra” y 302.15 “Requerimientos mínimos para muestreo y ensayos”. Para todas estas subsecciones se solicita que la preparación de los especímenes de base estabilizada se realice de acuerdo

¹ Arriola, R. (2023). Memorando EIC-Lanamme-171-2024: Respuesta a solicitud de criterio técnico con respecto a la modificación realizada para el ítem de base estabilizada en el proyecto paso a desnivel "La Galera". Programa de Ingeniería de Transporte (PITRA). Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR).



con la norma AASHTO T 180 Método C. Dicho documento es de conocimiento de la Administración.

En el oficio GCTR-47-23-1027 (0665) con respecto a la resistencia a la compresión del diseño se mencionó que debido a los cambios realizados en el material granular es de esperar una resistencia más alta de la indicada en la sección 302, donde se define un mínimo de 2,1 MPa y máximo de 3,9 MPa.

La Administración señaló que para el caso de la sección 304, se solicita una resistencia mínima de 2,8 MPa y no se especificaba una resistencia máxima, razón que fue considerada cuando se realizó el cambio a la especificación -302-, ya que esperan obtener resistencias mayores, es de esta manera que, en el diseño como plan remedial ante este escenario, se plantea llevar a cabo prácticas constructivas en sitio como micro fisurado o corte de la capa de base estabilizada, para aliviar los esfuerzos de tensión generados en la capa producto del aumento de su rigidez. Aunado a esto, también se propone la colocación de una geomalla sobre la capa de base estabilizada, para evitar el reflejo de las grietas o cortes realizados en la carpeta asfáltica.

La Administración justifica en el oficio GCTR-47-23-1027 el tener resistencias altas en una base con cemento indicando que de esta manera se mejora la respuesta ante cargas, pues su módulo es más alto, siendo su desventaja que pueden producirse grietas por contracción que fácilmente se mitigan con cortes modulados y la colocación de una grilla. Y concluye que el tener resistencias altas no debería ser un problema en un pavimento sino más bien algo beneficioso y controlable.

Por otro lado, en el mismo oficio cabe destacar que en la sección 302 del CR-2020, específicamente en la Tabla 302-01, se restringe el contenido mínimo de cemento a utilizar -el cual es de 3 %-, siendo un contenido de cemento con el que se obtendrán resistencias a la compresión altas, cumpliendo a satisfacción con la resistencia mínima establecida. El contenido mínimo de cemento a utilizar es otra causa de la obtención de resistencias elevadas, ya que debe cumplirse con la prueba de pérdida de masa, incrementando aún más la resistencia a la compresión.

Con respecto a este tema en específico es criterio del equipo auditor que un adecuado diseño de la base estabilizada reduce el agrietamiento por contracción en mezclas con alto contenido de cemento, y con ello reduce daños en la estructura de pavimento. Es por esto por lo que, la definición de parámetros como el contenido de cemento, agua y la energía de compactación por utilizar en la construcción de esta, es de suma importancia para que la resistencia sea óptima, y evitar que se produzca un efecto adverso en la estructura producto de agrietamientos y que tengan que implementarse medidas de mitigación o acciones correctivas.

El límite máximo en la resistencia a compresión incluido en la sección 302 del CR-2010 es respuesta a diferentes situaciones presentadas en proyectos de infraestructura vial en el país, en los cuales los ensayos de laboratorio de bases estabilizadas con cemento evidenciaron altas resistencias, además de ser una de las razones de la iniciativa



presentada por parte de la Contraloría General de la República al solicitar al MOPT y a LanammeUCR la emisión de un criterio técnico en referencia al tema.

También es importante mencionar que por ejemplo en normas internacionales como *Guide to Cement-Treated Base (CTB)* de la *Portland Cement Association (PCA)*, las resistencias para bases estabilizadas con cemento aceptadas están en el rango de los 300 psi y los 550 psi, esto en unidades del Sistema Internacional equivale a aproximadamente 2,1 MPa y 5,5 MPa. Para el caso particular de Costa Rica al igual que la guía de la PCA, establece un límite máximo y límite mínimo de resistencia. Los límites establecidos en el CR-2010 en su actualización 2017 responden a la realidad de los materiales y procedimientos constructivos aceptados a nivel nacional.

El equipo auditor pudo evidenciar que tanto en la OM 9 como en el oficio GCTR-47-23-1027, la Administración selecciona partes de la sección 302 y otras de la 304 al definir los estándares de diseño y aceptación de la base estabilizada del proyecto, lo cual no es adecuado en el desarrollo de un proyecto ya que establece un precedente y promueve que esta práctica se popularice y no se aplique la normativa nacional sino una especificación especial para cada proyecto en particular. Esto, sin una adecuada justificación técnica.

Es importante destacar también como un cambio relevante en la normativa vigente, el cambio de contenido de la sección 304 del CR-2020, ahora titulada “Recuperación de pavimento para capas de base”. En su versión anterior, el CR-2010, esta sección hacía referencia a la estabilización de agregados. En el año 2016, mediante el oficio LM-IC-D-0657 -16 y en atención al oficio o CRAM-2016-021, LanammeUCR emitió un criterio técnico sobre las observaciones hechas en el oficio ICCYC028-2016. Entre estas observaciones se destaca la ambigüedad entre las secciones 302 y 304 del CR-2010, situación previamente detectada por LanammeUCR. En 2019, LanammeUCR emite el informe LM-PI-UNAT-048-19 “Estudio de la propuesta de actualización de la sección 304 Recuperación y estabilización en sitio, de capas de pavimento, del CR-2020” en relación con este tema y en vista de la emisión del CR-2020.

Mediante este informe se identificó la necesidad de realizar una modificación en el alcance de la sección 304 de la oficialización del CR-2010 hecha en 2017, con el fin de evitar la dualidad de contenido entre esta y la sección 302. También se identificó la ausencia de un límite máximo para la resistencia a la compresión en la sección 304 de la oficialización hecha al CR-2010 en 2017, situación que puede dar pie al diseño de bases estabilizadas con cemento con altas resistencias. Esto era lo que precisamente se quería evitar mediante la inclusión de esta cota superior a la resistencia en la sección 302 de la misma versión del manual.

Ante lo anteriormente mencionado, se emitió la recomendación de optar por unificar ambas secciones en cuanto a contenidos referentes a bases estabilizadas con cemento y, por otro lado, hacer un reajuste en la sección 304 del CR-2010. Entre los cambios más relevantes de esta sección están el cambio de nombre, aclaración de objetivos y alcance de esta.



A pesar de afirmar que en el proyecto se tienen incumplimientos en cuanto a los valores límites de resistencia a la compresión, la Administración señala que la aplicación de la sección 107.05 no aplica debido al cambio realizado en la OM-9 a la normativa contractual. Esto genera un riesgo para la misma Administración ya que debe aplicar una metodología alternativa de aceptación y pago del material al no utilizar la metodología establecida en el CR-2010.

Estos argumentos son presentados a la Administración en el oficio EIC-Lanamme-1110-2023 (13/11/2023). En el documento de respuesta GCTR-47-24-0069, la Administración indicó:

Es importante considerar que para la resistencia de la base estabilizada no se ha visto comprometida con los cambios detallados en la OM No.9 de la presente contratación, como se evidencia en los resultados de los cuales Lanamme dispone. En referencia al oficio que su representada hace mención, el LM-PI-025-2018, a pesar de que el oficio es de conocimiento de la Administración, es importante considerar que el proyecto tiene como base de acatamiento lo dispuesto en el CR-2010 y sus actualizaciones del 2017.

Con respecto al tema de los riesgos y consecuencias asociadas a los valores altos en la resistencia a la compresión en bases estabilizadas, esta Ingeniería de Proyecto no omite indicar que como bien se indicó en el oficio GCTR-47-23-1027 (0665) se adoptaron las medidas técnicas para garantizar la calidad de la estructura de pavimento.

Al respecto, es criterio del equipo auditor y tal y como se mencionó anteriormente, al ser base de acatamiento lo dispuesto en el CR-2010 y sus actualizaciones del 2017, es que el oficio LM-PI-025-2018, cobra importancia, ya que en este se detallan una serie de aclaraciones en diferentes apartados. En términos generales, esta aclaración hace referencia a tres subsecciones de la sección 302 “Base Granular Estabilizada con Cemento” del CR-2010 (oficialización del 2017). Específicamente se refiere a las subsecciones 302.03 “Diseño de mezcla (equivalente a BE-25)”, 302.11 “Control de calidad en obra” y 302.15 “Requerimientos mínimos para muestreo y ensayos”. Para todas estas subsecciones se solicita que la preparación de los especímenes de base estabilizada se realice de acuerdo con la norma AASHTO T 180 Método C.



OBSERVACION 7. LOS RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PASTILLAS DE BE-25 TANTO DEL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN COMO DEL LANAMMEUCR PRESENTAN INCUMPLIMIENTOS EN EL LÍMITE SUPERIOR DE LA ESPECIFICACIÓN DEL CR-2010 VERSIÓN ACTUALIZADA.

Para realizar el análisis de la gestión de la calidad se muestran dos escenarios.

- El primer escenario se describe utilizando la especificación del CR-2010 actualización 2017 y el procedimiento de densificación y compactación establecido en esta norma, fabricando pastillas en 5 capas 25 golpes; así como el análisis de la calidad de acuerdo con la sección 107.05 y lo indicado en el apartado de 302. Base estabilizada.
- El segundo escenario se describe en la OM-6 y OM-9 del proyecto en cuestión

Los principales cambios se describen en la siguiente tabla

Tabla 12. Resumen de cambios entre la especificación nacional CR-2010 y lo acordado en el proyecto a través de la OM-6 y OM-9

Parámetro	Escenario 1. Cumplimiento de la especificación CR-2010 actualización 2017	Escenario 2. Metodología del proyecto, OM-6 y OM-9
Agregado para base estabilizada	Granulometría indicada en la sección 703.21	Granulometría indicada en la sección 703.05
Método de densificación	AASHTO T 134 (Método B) Mazo 4.54 kg Proctor Modificado	AASHTO T 134 (Proctor Estándar)
Método de moldeo de espécimen	AASHTO T 180 (Método C) Mazo 4,54 kg Proctor Modificado	Moldeo 3 capas y 22 golpes Mazo 4,54 kg Proctor Modificado
Gestión de calidad Aceptación y pago del material	Sección 107.05 Límites superior e inferior CR-2010 versión actualizada	Sección 107.04 Límite inferior CR-2010

Resultados de resistencia a compresión de la BE-25 del LanammeUCR

En los oficios EIC-Lanamme-732-2023, EIC-Lanamme-110-2023 y EIC-Lanamme-1297-2023 se comunicó a la Administración sobre los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de cilindros de base estabilizada colocados en el proyecto, en los dos primeros oficios se reportaron los resultados de acuerdo al escenario 1, escenario que a criterio de este equipo auditor es el método que debe ser utilizado. En el oficio EIC-Lanamme-1297-2023 se reportaron los resultados utilizando el escenario 2 con el objetivo de realizar una comparación con los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación.

El valor de resistencia promedio de la muestra M-1836-2023 tomada de la sección de pavimento de la ampliación, estacionamiento 0+600 al 0+530 presentada en el informe EICLanamme-INF-1536-2023, tiene como resultado un valor 123,0 kgf/cm², valor por encima del límite superior de la especificación, aproximadamente en 4 veces el valor indicado en la especificación, lo que evidencia además un incumplimiento con la normativa



contractual. En el caso de la muestra M-1850-2023 tomada de la sección de pavimento de la ampliación, estacionamiento 0+320 al 0+395 presentada en el informe EIC-Lanamme-INF-1538-2023, tiene como resultado un valor 84,4 kgf/cm².

Es de conocimiento de esta auditoría técnica que existe en este proyecto, tanto en el diseño como en el control y verificación de calidad, una modificación de la especificación en el método de densificación y elaboración de los especímenes utilizados diferente a la normativa de referencia nacional estandarizada, por lo tanto, los valores obtenidos en los informes de laboratorio EIC-Lanamme-INF-1536-2023 y EIC-Lanamme-INF-1538-2023 no son comparables de forma directa.

Es esencial recalcar que el valor obtenido de resistencia a la compresión en este muestreo tiene un valor por encima del límite superior de la especificación, como consecuencia aumenta el riesgo de que se presenten agrietamientos por contracción de manera aleatoria en la superficie.

En el documento GCTR-47-24-0069, la Administración indicó al respecto de los resultados de los informes de laboratorio, lo siguiente:

Tal y como es mencionado en el oficio EIC-Lanamme-1110-2023, los valores obtenidos en los informes de laboratorio EIC-Lanamme-INF-1536-2023 y EIC-Lanamme-INF-1538-2023 no son comparables de forma directa, esto considerando las órdenes de Modificación No. 6 y No. 9 aprobadas para el proyecto.

En este documento la Administración también resaltó que:

Es importante considerar que para la resistencia de la base estabilizada no se ha visto comprometida con los cambios detallados en la OM No.9 de la presente contratación, como se evidencia en los resultados de los cuales Lanamme dispone.

En referencia al oficio que su representada hace mención, el LM-PI-025-2018, a pesar de que el oficio es de conocimiento de la Administración, es importante considerar que el proyecto tiene como base de acatamiento lo dispuesto en el CR-2010 y sus actualizaciones del 2017.

Con respecto al tema de los riesgos y consecuencias asociadas a los valores altos en la resistencia a la compresión en bases estabilizadas, esta Ingeniería de Proyecto no omite indicar que como bien se indicó en el oficio GCTR-47-23-1027 (0665) se adoptaron las medidas técnicas para garantizar la calidad de la estructura de pavimento.

Al respecto, es criterio del equipo auditor y tal y como se mencionó anteriormente, al ser base de acatamiento lo dispuesto en el CR-2010 y sus actualizaciones del 2017, es que el oficio LM-PI-025-2018, cobra importancia, ya que en este se detallan una serie de aclaraciones en diferentes apartados. En términos generales, esta aclaración hace referencia a tres subsecciones de la sección 302 "Base Granular Estabilizada con Cemento" del CR-2010 (oficialización del 2017). Específicamente, se refiere a las subsecciones 302.03 "Diseño de mezcla (equivalente a BE-25)", 302.11 "Control de calidad en obra" y



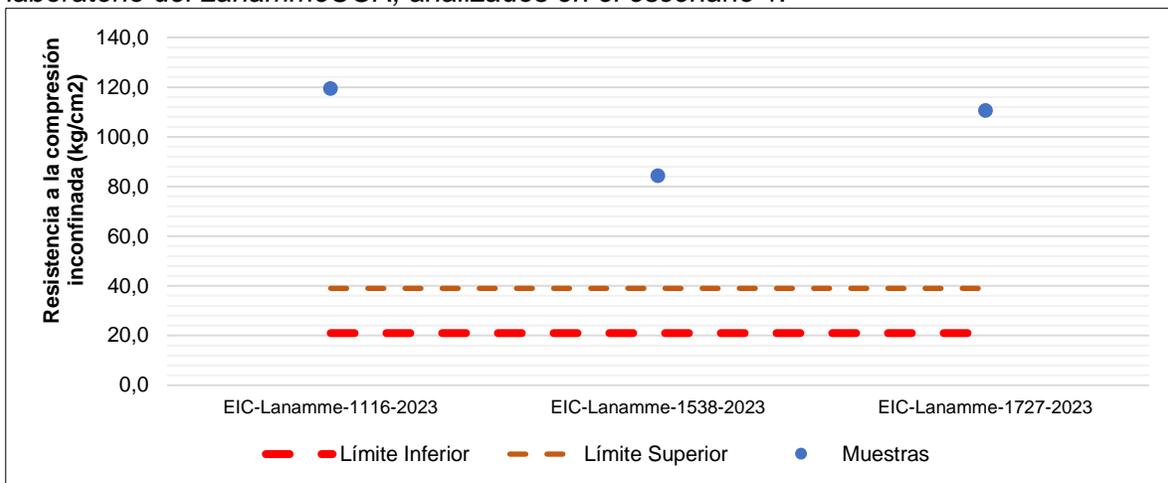
302.15 “Requerimientos mínimos para muestreo y ensayos”. Para todas estas subsecciones se solicita que la preparación de los especímenes de base estabilizada se realice de acuerdo con la norma AASHTO T 180 Método C. Dicho documento es de conocimiento de la Administración.

En general, los resultados de los informes EIC-Lanamme-1116-2023, EIC-Lanamme-1538-2023 y EIC-Lanamme-1721-2023 se encuentran muy por encima del límite superior de especificación en las tres muestras analizadas (ver Tabla 1).

Tabla 13. Resistencia a la compresión a los 7 días de los muestreos de base estabilizada BE-25 realizados por LanammeUCR. (Escenario 1)

Informe	Ubicación	Muestra	Fecha de moldeo	Resistencia Promedio (kg/cm ²)
EIC-Lanamme-1116-2023	La Galera. Sentido SJ-Cartago Estacionamiento 0+190 a0+206	M-1287-2023	18/07/2023	119,5
EIC-Lanamme-1538-2023	La Galera. Estacionamiento: 0+320 a 0+395, Sentido: Lado derecho, Curridabat-Tres Ríos.	M-1852-2023	18/10/2023	84,4
EIC-Lanamme-1727-2023	Estacionamiento: 0 + 271 a 0 + 320. Sentido aproximación este a túnel. Dosificación: 1,59 sacos por metro cúbico. Espesor de 30 cm.	M-2114-2023	23/11/20213	110,7

Figura 17. Resultados de ensayos de resistencia a la compresión de BE realizadas por el laboratorio del LanammeUCR, analizados en el escenario 1.



Escenario 2

- Resultados de resistencia a compresión de la BE-25 del LanammeUCR

En el oficio EIC-Lanamme-1297-2023 (13/12/2023), se adjuntó los resultados de los ensayos de pastillas de BE realizados por el LanammeUCR (EIC-Lanamme-1727-2023 y



EIC-Lanamme-1728-2023), en particular estos resultados además de realizarse con el método de compactación y densificación de la especificación contractual y la normativa nacional con 5 capas de 25 golpes (EIC-Lanamme-INF-1727-2023), en virtud de la OM-9 se realizó el muestreo y ensayo presentados en el Informe EIC-Lanamme-INF-1728-2023, donde se siguió el procedimiento de moldeo y compactación de acuerdo a lo indicado por la Administración en 3 capas con 22 golpes. En este caso el resultado del ensayo de resistencia a la compresión de la muestra M-2113-2023 es de 100,9 kgf/cm², valor que se encuentra no solamente por encima del límite superior de la especificación, indicado en el CR-2010, sino de la resistencia proyectada en el diseño. Por lo que se reitera la observación de que valores de resistencia a la compresión en este orden de magnitud, aumentan el riesgo de que se presenten agrietamientos por contracción de manera aleatoria en la superficie.

En el documento GCTR-47-24-0069, la Administración indicó al respecto de los resultados de los informes de laboratorio, lo siguiente:

De acuerdo con lo señalado por la supervisora del proyecto, en la Sección 304 únicamente se solicita resistencia a la compresión mínima de 2.8 Mpa y no necesita resistencia máxima. Por otra parte, la Sección 304 para el moldeo de las pastillas se solicita el método ASHTO T134 que corresponde a un Proctor de material estabilizado con cemento utilizando 3 capas de 25 golpes por capa y para determinar la resistencia a la compresión a los 7 días utilizando la norma ASTM D1633 Método A, esta norma indica que las pastillas deben ser moldeadas con 3 capas y 25 golpes por capa, que es lo correcto que se debería estar utilizando, sin embargo, para ajustarse un poco a la Sección 302 se realizó el ajuste correspondiente al número de golpes.

Según lo indicado en el oficio 23-VIETO-GAL-0144 el Ing. Ezequiel Vieta Solís, el procedimiento utilizado por LanammeUCR de 5 capas 25 golpes por capa no se ajusta a ninguna norma internacional, por lo que se considera no debe utilizarse y se debe acatar lo indicado a las normas internacionales para moldeo de base estabilizada.

Según coordinación con las diferentes partes involucradas en el proyecto, en las reuniones de seguimiento se comentó sobre los aspectos necesarios para definir el mecanismo de aceptación de pago en función de la calidad. Mediante el oficio N°823-2023 fue presentado por parte del Contratista la propuesta con las recomendaciones planteadas por la Supervisión. Esta Ingeniería de Proyecto remitió la información a la Supervisora para la revisión y validación, de modo que mediante el oficio 23-VIETO-GAL-0151 con fecha del 12 de enero del presente año se remite la validación para que se apruebe el mecanismo de aceptación de pago en función de la Calidad.

En cuanto esta afirmación no es de recibo por el equipo auditor, tal y como se ha descrito a lo largo de esta sección del documento, se ha respaldado y se explicado a la Administración los fundamentos técnicos y normativos, tanto nacionales como internacionales donde se

Informe EIC-Lanamme-INF-0643-24	julio , 2024	Página 63 de 96
---------------------------------	--------------	-----------------



fundamentan el criterio de esta auditoría y del LanammeUCR en cuanto al método de densificación y compactación de las pastillas de base estabilizada. Esta auditoría técnica considera que permitir este tipo de variaciones en las especificaciones a nivel de proyecto es un riesgo inminente para la Administración, ya que sienta un precedente y tal y como es el caso específico que se está tratando, donde la modificación realizada a la especificación limitó la aplicación de gestión de la calidad del material al eliminar el límite superior y no aplicar la sección 107.05 del CR-2010 sino 107.04 y se requirió la colocación de una geomalla para mitigar el efecto de la alta resistencia de la base estabilizada.

En la Tabla 14, se resume el informe de laboratorio EIC-Lanamme-1728-2024 en el cual la muestra se ensayó de acuerdo con el escenario 2. El valor obtenido de 100,8kg/cm² se encuentra en el mismo orden de magnitud de las muestras fabricadas siguiendo el procedimiento del escenario 1, siendo este un valor de resistencia a compresión elevado. De acuerdo con lo indicado en la OM-9, en este caso solamente se debe verificar que la resistencia mínima sea mayor de 2,8 Mpa y no necesita resistencia máxima.

Tabla 14. Resistencia a la compresión a los 7 días de los muestreos de base estabilizada BE-25 realizados por LanammeUCR. (Escenario 2)

Informe	Ubicación	Muestra	Fecha de moldeo	Resistencia Promedio (kg/cm ²)
EIC-Lanamme-1728-2023	Estacionamiento: 0 + 271 a 0 + 320. Sentido aproximación este a túnel. Dosificación: 1,59 sacos por metro cúbico. Espesor de 30 cm.	M-2113-2023	23/11/20213	100,8

- Resultados de resistencia a compresión de la BE-25 del laboratorio de verificación de calidad

Se analizaron los resultados de los ensayos realizados por el laboratorio de verificación de la calidad a la base estabilizada con cemento del proyecto. Los resultados de Verificación de la Calidad se obtuvieron de los informes de Verificación que fueron remitidos a esta Unidad de Auditoría Técnica. Cabe recalcar que estas muestras fueron elaboradas y analizadas con los conceptos detallados en el escenario 2.

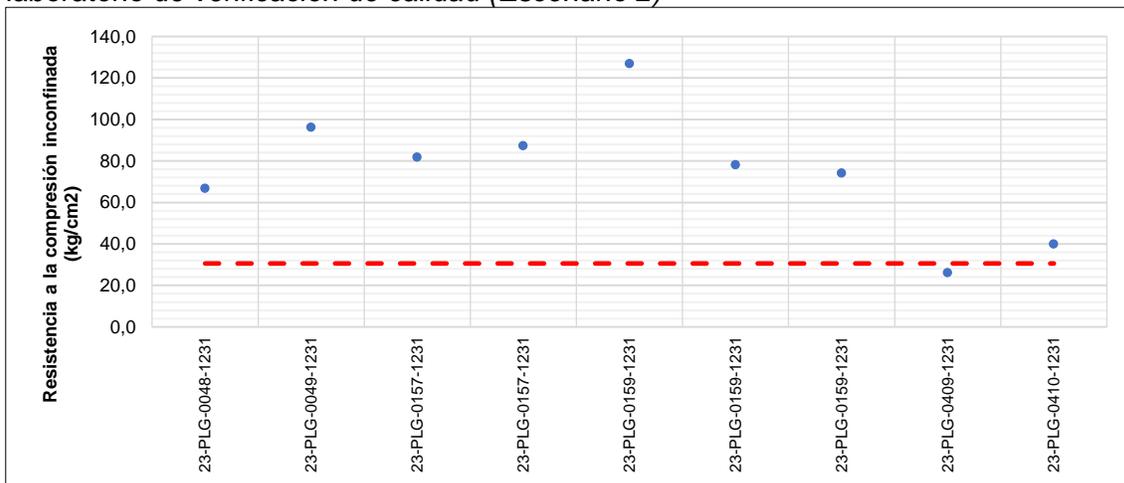


Tabla 15. Resistencia a la compresión a los 7 días de los muestreos de base estabilizada BE-25 realizados por el laboratorio de verificación de calidad. (Escenario 2)

Informe	Ubicación	Muestra	Fecha de moldeo	Resistencia Promedio (kg/cm ²)
23-PLG-0048-1231	Eje 30 MD, 0+100 Base: Tajo Sarapiquí Cemento: El Progreso UG	-	18/07/2023	66,77
23-PLG-0049-1231	Eje 30 MI, 0+200, 0+210 y 0+220 Base: Tajo Sarapiquí Cemento: El Progreso UG	-	18/07/2023	96,33
23-PLG-0157-1231	En RN 251 - Eje 10, entre las estaciones 0+600 a 0+740, muestra de la estación 0+690	A	23/10/2023	81,80
23-PLG-0157-1231	En RN 251 - Eje 10, entre las estaciones 0+600 a 0+740, muestra de la estación 0+630	B	23/10/2023	87,41
23-PLG-0159-1231	En RN 251 - Eje 10, entre las estaciones 0+530 a 0+600, muestra de las estaciones 0+580,0+560 y 0+550	A	25/10/2023	126,91
23-PLG-0159-1231	En RN 251 - Eje 10, entre las estaciones 0+465 a 0+395, muestra de las estaciones 0+440 y 0+420	B	25/10/2023	78,24
23-PLG-0159-1231	En RN 251 - Eje 10, muestras tomadas entre las estaciones 0+580,0+560 y 0+550 y las estaciones 0+440 y 0+420	A-B	25/10/2023	74,16
23-PLG-0409-1231	En RN 251 - Eje 10, entre las estaciones 0+395 a 0+330	A	27/10/2023	26,25
23-PLG-0410-1231	En RN 251 - Eje 10, entre las estaciones 0+395 a 0+330	A	27/10/2023	40,01

(-) No se registró información

Figura 18. Resultados de ensayos de resistencia a la compresión de BE realizadas por el laboratorio de verificación de calidad (Escenario 2)



De acuerdo con lo indicado en la OM-9, en este caso solamente se debe verificar que la resistencia mínima sea mayor de 2,8 Mpa y no necesita resistencia máxima, los datos de verificación de calidad, excepto la muestra A del informe 23-PLG-0409-1231, se encuentra por encima de este valor. Es criterio del equipo auditor que en general los valores de las



muestras de base estabilizada, tanto del LanammeUCR como del laboratorio de verificación de calidad, son altos.

Normas internacionales como *Guide to Cement-Treated Base (CTB)* de la *Portland Cement Association (PCA)*, las resistencias para bases estabilizadas con cemento aceptadas están en el rango de los 300 psi y los 550 psi, esto en unidades del Sistema Internacional equivale a aproximadamente 2,1 MPa y 5,5 MPa

El límite máximo en la resistencia a compresión incluido en la sección 302 del CR-2010 es respuesta a diferentes situaciones presentadas en proyectos de infraestructura vial en el país, en los cuales los ensayos de laboratorio de bases estabilizadas con cemento evidenciaron altas resistencias, además de ser una de las razones de la iniciativa presentada por parte de la Contraloría General de la República al solicitar al MOPT y a LanammeUCR la emisión de un criterio técnico en referencia al tema.

Por lo tanto, se recomienda a la Administración valorar los resultados obtenidos producto de la metodología particular empleada en el proyecto. Ya que, a partir de ella, se obtienen resultados de resistencia a la compresión con valores entes los 70-100kg/cm², los cuales en primer lugar distan significativamente de la resistencia de diseño, y además favorecen el agrietamiento por contracción de esta capa y por ende el reflejo de grietas, patrones de deterioro que tuvieron que ser atendidos en este caso de forma previa, con la fisuración de la capa y la colocación de una geomalla, para evitar la presencia de esta condición en el proyecto.



DESEMPEÑO INICIAL DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

Este estudio consistió en la ejecución y análisis de ensayos de campo no destructivos para determinar la condición estructural, de regularidad superficial y de agarre superficial inicial del pavimento construido.

Los ensayos de campo se realizaron en el periodo comprendido entre enero y marzo del 2024. También se evaluaron los resultados de la medición de regularidad superficial realizada por el laboratorio de verificación del proyecto.

H. SOBRE LA MEDICIÓN DE REGULARIDAD SUPERFICIAL Y EL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL IRI

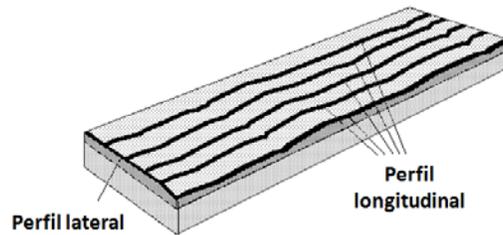
La regularidad superficial, de acuerdo con la norma ASTM 867-06 “Standard Terminology Relating to Vehicle – Pavement Systems”, corresponde a la desviación de una determinada superficie (carretera) respecto a una superficie plana teórica. Dichas desviaciones afectan tres aspectos principales: el confort de usuario, la seguridad vial y los costos de mantenimiento, tanto de los usuarios hacia sus vehículos, como de la Administración hacia las carreteras.

Este parámetro, por su importancia, ha tratado de ser cuantificado a lo largo del desarrollo de la ingeniería de pavimentos mediante diversos índices que en sus inicios consistieron en medidas subjetivas que relacionaban el confort del usuario al transitar por una carretera con la regularidad superficial de la misma.

El IRI resume matemáticamente el perfil longitudinal de la superficie de camino en una huella, representando las vibraciones inducidas por la rugosidad del camino en un auto de pasajeros estándar, producto de la simulación del modelo de cuarto de coche para una velocidad de desplazamiento de 80 km/h (Sayers, Gillespie y Paterson, 1986). Para caminos pavimentados el rango de la escala del IRI es de 0 m/km a 12 m/km, donde 0 representa una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino intransitable; para vías no pavimentadas la escala se extiende hasta el valor de 20 m/km.

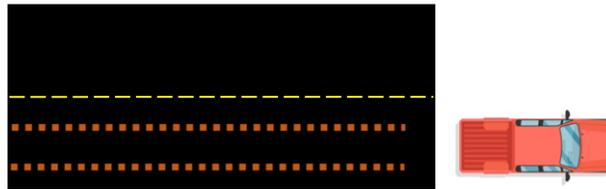
Perfil longitudinal de la superficie de camino: Corte en dos dimensiones de la superficie de la carretera (ver Figura 19.). Se pueden tomar muchos perfiles de una carretera a lo largo de diferentes líneas imaginarias. Sin embargo, para el cálculo del IRI interesa el perfil longitudinal ubicado bajo las huellas de las llantas de los vehículos, pues estos perfiles representan las franjas sobre las cuales se da el tránsito vehicular.

Figura 19. Perfil longitudinal de una carretera. Fuente: Adaptado de Sayers y Karamihas, 1998



Como el IRI se define como una propiedad del perfil longitudinal, si se quisiera establecer un valor de regularidad en el carril de una carretera habría que definir cuántos perfiles tomar en dicho carril. Usualmente, para determinar la regularidad de un carril, se toman los perfiles en ambas huellas de las llantas de un vehículo y se calcula el IRI promedio de las huellas izquierda y derecha de un vehículo (ver Figura 20.), este parámetro se conoce como Mean Roughness Index (MRI).

Figura 20. Perfiles longitudinales considerados para el cálculo del MRI



Por otra parte, aunque casi siempre se habla del valor de IRI de una carretera, para ser precisos se debe especificar a cada cuánto se determina dicho valor, ya que intervalos de longitud mayores ocultan niveles altos de regularidad superficial en los pavimentos. De este modo, la base de cálculo del IRI debe ser consistente con el tipo de análisis que se esté realizando, por ejemplo: si se está priorizando rutas para su posterior intervención (análisis a nivel de red) se suele utilizar una base de medición a cada 200 m. Por el contrario, si se desea evaluar un proyecto (control de calidad y aceptación) conviene utilizar bases de cálculo con intervalos menores –a cada 10 m, 50 m o 100 m– según la importancia del proyecto.

Otro aspecto que debe tomarse en cuenta en el cálculo del IRI de una carretera, especialmente cuando se realizan mediciones de perfil para el control de calidad o aceptación de un proyecto, son las singularidades. Las singularidades son alternaciones al perfil longitudinal del camino que no provienen de fallas constructivas, por ejemplo: puentes, tapas de alcantarillas, cruces ferroviarios entre otros elementos que afectan al cálculo del IRI. Dichas singularidades deben ser identificadas, ya que al no atribuirse a fallas constructivas no se le pueden atribuir al contratista para efectos de control de calidad o aceptación de una obra vial.



HALLAZGO 5 SE IDENTIFICARON INCUMPLIMIENTOS EN IRI EN ALGUNOS DE LOS TRAMOS DE 100 M EVALUADOS EN LOS CARRILES DEL PROYECTO.

Se identificaron incumplimientos en IRI en algunos de los tramos de 100 m evaluados en los carriles del proyecto de acuerdo con la especificación de valores individuales de 3,0 m/km como valor máximo.

Se realizó la medición de la regularidad superficial del tramo central del proyecto. La evaluación del IRI como parámetro de desempeño del proyecto fue realizada siguiendo los lineamientos establecidos en la sección 401.16 Control de regularidad (IRI) en carpetas de mezclas asfálticas en caliente del pliego de prescripciones técnicas del Tomo 7 del cartel de licitación. En dicha sección se establece en relación con el cumplimiento de valores individuales de IRI y media fija del proyecto que:

“Se entenderá que la superficie del pavimento tiene una regularidad aceptable, si todos los promedios consecutivos de diez valores de IRI tienen un valor igual o inferior al indicado en la siguiente tabla y ninguno de los valores individuales supera 3,0 m / km.”

Tabla 16. Especificación IRI cumplimiento de promedio de diez valores de IRI

Porcentaje de m/km	Rodadura e Intermedia	
	Tipo de vía	
	Autopistas y Vías concesiona-	Resto de Vías
50	<1.5	<1.5
80	<1.8	<2.0
100	<2.0	<2.5

Fuente: MOPT, 2015.

“El IRI medio en el caso de las autopistas y vías concesionadas será como máximo de 1.69, del resto de vías 1.85 y el de otras capas bituminosas 2.35. Si se asume una distribución normal para la serie de valores de IRI, los percentiles que se muestran anteriormente permiten definir un valor promedio de 1,85 m/km y una desviación (σ) de 0,39 m/km, que será la máxima aceptable.”

Los datos fueron suministrados por el laboratorio de pavimentos del LanammeUCR en el informe EIC-Lanamme-INF-0174-2024, con fecha de realización de ensayo del 15/01/2024. En relación con la evaluación realizada se debe indicar que la misma consideró dos secciones del proyecto como longitud total evaluada de aproximadamente 1km como se muestra en la siguiente figura.

- Sección 1: Ruta 2 y 252: Dos carriles mismo sentido, desde aproximadamente el puente peatonal RN 2 a RN 252 hasta Gimnasio Oxygeno. (700m)
- Sección 2: Ruta 252: Dos carriles mismo sentido, del consultorio clínico a RN 252: Gimnasio Oxygeno. Sentido SJ-Calle Vieja

Figura 21. Ubicación de los puntos para medición de IRI.



Fuente: EIC-Lanamme-INF-0174-2024 IRI, 2024

Por la longitud total del proyecto se determinaron los valores individuales de las secciones evaluadas. Se muestran a continuación los resultados del análisis de IRI realizado por el Equipo Auditor los cuales fueron comunicados en el oficio EIC-Lanamme-170-2024. En los documentos GCTR-47-2024-0544 (0665) y GCTR-47-2024-0819 (0665), la Administración indicó las singularidades aprobadas, de acuerdo a la normativa nacional, solamente se presentan los valores de IRI considerando estas, a continuación, se describen las singularidades descritas en dichos documentos.

El inicio de colocación de la carpeta asfáltica por parte del proyecto fue desde el estacionamiento 0+060, esto considerando que se coordinó con la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes realizar un recarpeteo a todo el ancho de la vía y no solo en el ancho que consideraba el proyecto.

- *Pasos transversales del sistema pluvial en las estaciones 0+162,5 a la 0+167.6 y de la 0+230 a la 0+234.*
- *El proyecto no cuenta con una estructura de pavimento continúa, hay diferencia de espesores y condiciones, las cuales se describen a continuación:*
 - *Desde el estacionamiento 0+060 hasta el 0+139 (entrada al paso inferior) se tiene una estructura de pavimentos:*
 - *En el paso inferior se colocó una carpeta con un espesor mínimo de 16 cm sobre la losa de concreto.*
 - *Desde el estacionamiento 0+271 hasta el 0+331 (salida al paso inferior) se tiene la siguiente estructura de pavimentos:*
 - *Desde el estacionamiento 0+331 al 0+733 se tiene una estructura de pavimentos*



Tomando en cuenta los resultados de la Tabla 2 del informe EIC-Lanamme-170-2024, del estacionamiento inicial 0 al estacionamiento final 400, los valores fuera del límite máximo están dentro de las singularidades mencionadas.

(Fuente: GCTR-47-0544)

Tomando como referencia la sección 405.07 Control de Regularidad en capas de Mezcla Asfáltica en Calientes del CR-2010, actualización 2017, específicamente la subsección 405.07.01 Definiciones, donde se indica que:

Singularidad: Es un cambio en el perfil longitudinal, tal como puentes, alcantarillas y líneas férreas, cambio de la estructura del pavimento, vados, rampas de intersecciones, entre otros.

(CR-2010)

Por lo que para la realización de este análisis se consideraran las singularidades indicadas por la Administración en el informe.

En el documento GCTR-47-24-0544 también se indicó:

Igualmente es necesario aclarar que en el sentido 2-1 desde el Gimnasio Oxígeno hasta el Consultorio Clínico, la actividad ejecutada fue perfilado y colocación de carpeta, de manera que no se valida realizar la medición del IRI en dicho tramo como estructura nueva.

Tal y como lo indica la Administración si esta sección es una sobrecapa, esta debe ser evaluado con la sección 405.08 Control de Regularidad Superficial en sobrecapas, reciclajes con sobrecapas o sobrecapas sobre fresados, de Mezcla Asfáltica en Caliente, del CR-2010 y con la sección 405.07.

Evaluación IRI carriles de sección 1: Ruta 2 y 252: Dos carriles mismo sentido, desde aproximadamente el puente peatonal RN 2 a RN 252 hasta Gimnasio Oxígeno.

En la Tabla 17 y Figura 22 se muestran los resultados de los valores individuales para el carril externo e interno en la sección 1. Los valores medidos se encuentran entre 1,8m/km y 3,6m/km que acorde con la clasificación del informe de evaluación de la red vial publicado en agosto del 2019², se categoriza con una condición “Buena” a “Regular”. También se pueden observar valores por encima del límite máximo especificado en el CR-2010 para valores individuales (3,0m/km)

² La clasificación se realiza con referencia al informe de evaluación de la red vial publicado en agosto del 2019

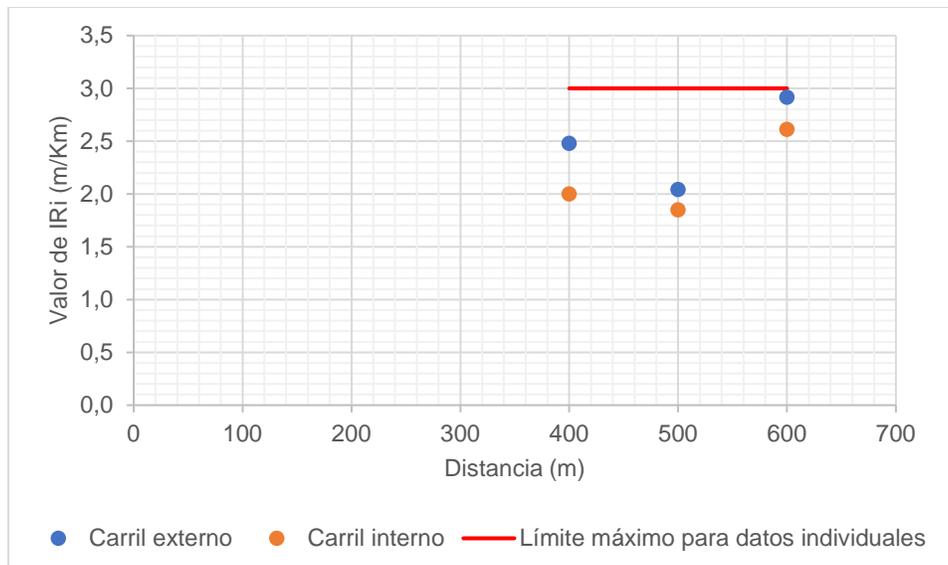


Tabla 17. Evaluación IRI, sección 1: Ruta 2 y 252: Dos carriles mismo sentido, desde aproximadamente el puente peatonal RN 2 a RN 252 hasta Gimnasio Oxygeno, carril externo

Est inicial	Est final	Carril	Valor del IRI (m/km)	Cumplimiento
400	500	externo	2,5	Cumple
500	600	externo	2,0	Cumple
600	700	externo	2,9	Cumple
700	800	externo	Tramo final menor a 100 m	No se considera
0	100	interno	2,9	Cumple
400	500	interno	2,0	Cumple
500	600	interno	1,8	Cumple
600	700	interno	2,6	Cumple
700	800	interno	Tramo final menor a 100 m	No se considera

:- No Aplica

Figura 22. Evaluación IRI, sección 1: Ruta 2 y 252: Dos carriles mismo sentido, desde aproximadamente el puente peatonal RN 2 a RN 252 hasta Gimnasio Oxygeno, carril externo





En el oficio GCTR-27-2024-0819 (0065) del 22/03/2024 la Administración anexó el informe 24- PLG-0020-1231 presentado por la Supervisora del Proyecto, donde se presentan los datos de medición de regularidad superficial del laboratorio de verificación y las recomendaciones del tramo que no cumple.

En la tabla 1 del informe 24- PLG-0020-1231, se indicó una lista de 5 singularidades aprobadas en el tramo evaluado, estas se describen a continuación:

Tabla N° 1. Descripción de singularidades reportadas para el lado derecho, carril interno y carril externo.

Item	Descripción	Estacionamiento
		Referencia de la estación
Singularidad 1	Entrada Túnel	0+132.8
Singularidad 2	Paso Alcantarilla	0+157.7
Singularidad 3	Paso Alcantarilla	0+224.9
Singularidad 4	Salida de Túnel	0+266.2
Singularidad 5	Cambio de la estructura del pavimento	0+325.5

Fuente: 24- PLG-0020-1231

Del análisis realizado por la supervisión del proyecto a los datos medidos, el informe 24-PLG-0020-1231 concluyó que, para las dos secciones medidas para valores individuales Lado Derecho Carril Interno, los valores obtenidos son 0+460 a 0+560 de 1,7m/km y del estacionamiento 0+570 a 0+670 de 2,1 m/km, valores menores que el límite establecido por la especificación para valores individuales de 100 m/km.

Para la sección evaluada por la Supervisora, en el carril externo los valores obtenidos son 0+460 a 0+560 de 1,7m/km y del estacionamiento 0+570 a 0+670 de 2,56 m/km, en el caso de este último valor la Supervisora indicó en su informe que este resultado, el cual representa un mayor superior a la especificación de <2,5; se puede deber a que se efectuó la prueba después de colocada la capa de pintura termoplástica que afecta ligeramente, se recomienda hacer una localización puntual de valores altos en los 100 m para revisar si está asociado a un factor externo, específicamente los valores de 3,76 m/km.

Por lo que, del análisis de valores individuales de IRI realizado por el equipo auditor y la Supervisora, se pudo evidenciar incumplimientos en algunos de los tramos de 100 m evaluados en los carriles del proyecto de acuerdo con la especificación de 3,0 m/km como valor máximo. Por lo que se recomienda a la Administración velar por el cumplimiento de la especificación y aplicar las medidas necesarias en los tramos que presentan esta condición.

En la sección del proyecto en donde se colocó una sobrecapa, no fue posible evaluar la regularidad superficial, ya que no se cuenta con la medición de esta condición antes de realizar la intervención. Por lo que se recomendó a la Administración velar por el cumplimiento de la especificación y valorar para futuros proyectos realizar las mediciones necesarias para garantizar la aplicación total de la normativa contractual.



I. SOBRE EL ANÁLISIS DE DEFLEXIONES

En este apartado se describe el ensayo de deflectometría del proyecto, determinado mediante el FWD, deflectómetro de impacto o Falling Weight Deflectometer por sus siglas en inglés. Sobre este apartado es importante señalar que los resultados expuestos no son de carácter contractual, sin embargo, se rescata su importancia como una herramienta para la Administración en aras de que se cuenten con indicadores de la capacidad estructural del proyecto tras la colocación de la capa final de ruedo.

El deflectómetro de impacto es un equipo que mide el hundimiento o deflexión instantánea que experimenta el pavimento en un punto, debido al golpe de un peso definido (en este caso de 40 KN o 566 MPa) lanzado desde un mecanismo diseñado específicamente con ese propósito. Esta carga cae sobre un plato circular cuya área de contacto es similar a la de una llanta de vehículo; las deflexiones obtenidas son registradas por 9 sensores, el primero directamente bajo en el plato de carga, y los demás dispuestos en un arreglo lineal con una distancia máxima de 180 cm, como se muestra en la Tabla 18. Con esta disposición es posible relacionar el tamaño de las deflexiones con las características de los materiales que componen el pavimento³.

Tabla 18. Distribución de los sensores en el ensayo de FWD (cm).

Ubicación	D0	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
X	0	20	30	45	60	90	120	150	180
Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Actualmente, existen diversas técnicas para relacionar estas deflexiones con la capacidad estructural de la carretera, las cuales se basan en la teoría del pavimento como una estructura multicapa.

Por último, el valor de la deflexión D0 fue corregido por temperatura utilizando como referencia a zonificación climática establecida por Orozco (2007)⁴. Además, para realizar la corrección por temperatura se emplean las metodologías y gráficos empleados por el Asphalt Institute (Temperatura del pavimento en función de la profundidad) y los gráficos de la SHRP (Strategic Highway Research Program) que asignan un Factor de Corrección en función del tipo de subrasante y la Temperatura Representativa del Pavimento.

El análisis realizado toma en cuenta distintos parámetros asociados al cuenco de deflexiones que se generan a partir del ensayo de FWD. Específicamente se toman en cuenta los siguientes parámetros:

- **Deflexión máxima (D0):** este parámetro refleja el aporte a nivel de deflexiones de todas las capas del pavimento, así como la condición de la subrasante.

³ LanammeUCR. (2015). *Informe de evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica años 2014 - 2015*. San Pedro, Montes de Oca: Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional.

⁴ Orozco, E. (2007). *Zonificación Climática de Costa Rica para la Gestión de Infraestructura Vial*. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.



- **Indicador de curvatura superficial (BLI):** este indicador específicamente caracteriza la capacidad estructural de las capas superficiales (mezcla asfáltica) y capas de base (Horak, 2008)⁵.

$$\text{BLI} = d_0 - d_3$$

Donde:

BLI=Indicador de curvatura superficial.

d_0 , d_3 =deflexiones en mm medidas a la distancia 0 y 300 mm respectivamente, desde el centro de aplicación de la carga.

- **BDI indicador de daño base (MLI):** Este indicador caracteriza la rigidez de la parte intermedia o subbase del pavimento, considerando la diferencia de deflexión entre los 300 mm y 600 mm medidos desde el punto de aplicación de la carga, (Horak, 2008).

$$\text{MLI} = d_3 - d_5$$

Donde:

MLI=Indicador de daño base.

d_3 , d_5 =deflexiones en mm medidas a la distancia 300, 600, mm respectivamente, desde el centro de aplicación de la carga.

- **Indicador de curvatura base (LLI):** encargado de presentar la rigidez de la parte inferior del pavimento, específicamente en la subrasante, considerando la diferencia de deflexión entre las distancias de 600 mm y 900 mm, (Horak, 2008).

$$\text{LLI} = d_5 - d_6$$

Donde:

LLI=Indicador de curvatura base.

d_5 y d_6 =deflexiones en mm medidas a la distancia 600 y 900mm respectivamente, desde el centro de aplicación de la carga.

En la Tabla 19 se muestra la clasificación de la condición estructural para pavimentos con base estabilizada, en función de los indicadores descritos anteriormente, clasificación que fue presentada por (Horak, 2008), tanto para base estabilizada como para base granular.

⁵ Horak, E. (2008). Benchmarking the structural condition of flexible pavements with deflection bowl parameters. Journal of the South African Institution of Civil Engineering, 50(2), 2-9.



Tabla 19. Clasificación de la condición estructural para pavimentos con base estabilizada y base granular.

Material de base	Clasificación de condición estructural	Parámetros del cuenco de deflexión			
		D0 (µm)	BLI (µm)	MLI (µm)	LLI (µm)
Base Granular	Buena	<500	<200	<100	<50
	Regular	500-750	200-400	100-200	50-100
	Severa	>750	>400	>200	>100
Base Estabilizada	Buena	<200	<100	<50	<40
	Regular	200-400	100-300	50-100	40-80
	Severa	>400	>300	>100	>80

En cuanto a la frecuencia de medición de este ensayo, se tiene que esta depende del nivel para el cual se esté recabando la información. Según la guía Standard Guide for General Pavement Deflection Measurements D 4695-03 de la organización ASTM (American Standard for Testing Materials), para una evaluación detallada y específica a nivel de proyecto, la cual se realiza con el propósito de localizar áreas que presenten altas deflexiones, las deflexiones son típicamente medidas con un espaciamiento de 10 m a 100 m. Por lo tanto, de acuerdo con las recomendaciones establecidas en esta guía, en el presente informe se analizaron datos de FWD registrados a cada 50 m. Este análisis no es de carácter contractual, no obstante, tiene como fin determinar estado funcional del pavimento e identificar si las prácticas constructivas y la calidad de los materiales utilizados en la construcción del pavimento cumplen con las especificaciones del proyecto y las buenas prácticas de la ingeniería.

OBSERVACION 8. SE EVIDENCIÓ UNA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE 27% DE TRAMOS EVALUADOS EN CONDICIÓN REGULAR Y 9% EN CONDICIÓN SEVERA PARA LAS SECCIONES ANALIZADAS.

Según los resultados obtenidos del análisis de deflexiones, realizado por el LanammeUCR, existe un riesgo potencial de que la capacidad estructural del pavimento se vea afectada en secciones puntuales del proyecto.

En el oficio GCTR-47-24-1032 del 16 de abril del 2024, la Administración comunicó a la Unidad de Auditoría Técnica lo siguiente:

“Mediante una revisión del informe IEC- Lanamme-311-2024 presenta una condición de interpretación equivocada al momento de análisis mediante la metodología de Horak, esto en los carriles interno y externo del sentido Tres Ríos - San José, debido a que se realiza el análisis utilizando la tabla de valores de clasificación de la condición estructural de pavimentos para base estabilizada, lo cual no es así debido a que en el sentido 2-1 Tres Ríos - San José se realizó una intervención de tipo perfilado y sobrecapa. El paquete estructural que se encuentra en sitio para el sentido mencionado no presenta base estabilizada, lo cual esta situación cambia los



valores de interpretación de resultados emitidos para el tipo de condición de clasificación estructural pasando de base estabilizada a material granular como se indica en la siguiente imagen...”

Tomando en cuenta esta aclaración se realizó el análisis de los resultados en dos secciones. A continuación, se presenta la condición del proyecto con base en los parámetros D0, BLI, MLI y LLI, para la sección del proyecto con base estabilizada y base granular, de acuerdo al documento de la Administración.

Tabla 20. Resumen con la clasificación obtenida en los parámetros D0, BLI, MLI y LLI, correspondiente a cada uno de los estacionamientos y carriles evaluados de base estabilizada.

Lugar/Sentido	Estación	D0 (µm)	BLI (µm)	MLI (µm)	LLI (µm)
Sentido San José _Tres Ríos (Externo)	0	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido San José _Tres Ríos (Externo)	50	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido San José _Tres Ríos (Externo)	100	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido San José _Tres Ríos (Externo)	150	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido San José _Tres Ríos (Externo)	200	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido San José _Tres Ríos (Externo)	250	Regular	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido San José _Tres Ríos (Externo)	300	Regular	Bueno	Bueno	Regular
Sentido San José _Tres Ríos (Externo)	350	Regular	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido San José _Tres Ríos (Externo)	401	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido San José _Tres Ríos (Externo)	450	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido San José _Tres Ríos (Externo)	500	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido San José _Tres Ríos (Externo)	550	Regular	Bueno	Regular	Regular
Sentido San José _Tres Ríos (Externo)	600	Regular	Bueno	Bueno	Regular
Sentido San José _Tres Ríos (Externo)	650	Regular	Bueno	Bueno	Regular
Sentido San José _Tres Ríos (Interno)	0	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido San José _Tres Ríos (Interno)	50	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido San José _Tres Ríos (Interno)	100	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido San José _Tres Ríos (Interno)	150	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido San José _Tres Ríos (Interno)	200	Regular	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido San José _Tres Ríos (Interno)	250	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido San José _Tres Ríos (Interno)	300	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido San José _Tres Ríos (Interno)	350	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido San José _Tres Ríos (Interno)	400	Regular	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido San José _Tres Ríos (Interno)	450	Regular	Bueno	Bueno	Regular
Sentido San José _Tres Ríos (Interno)	500	Regular	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido San José _Tres Ríos (Interno)	550	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido San José _Tres Ríos (Interno)	600	Regular	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido San José _Tres Ríos (Interno)	650	Regular	Bueno	Bueno	Regular



Tabla 21. Resumen con la clasificación obtenida en los parámetros D0, BLI, MLI y LLI, correspondiente a cada uno de los estacionamientos y carriles evaluados de base granular

Lugar/Sentido	Estación	D0 (µm)	Bali (µm)	MLI (µm)	LLI (µm)
Sentido Tres Ríos - San José (Externo)	0	Severo	Regular	Severo	Severo
Sentido Tres Ríos - San José (Externo)	50	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido Tres Ríos - San José (Externo)	100	Bueno	Bueno	Bueno	Regular
Sentido Tres Ríos - San José (Externo)	150	Severo	Bueno	Regular	Severo
Sentido Tres Ríos - San José (Externo)	200	Regular	Bueno	Bueno	Regular
Sentido Tres Ríos - San José (Externo)	250	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido Tres Ríos - San José (Externo)	300	Regular	Bueno	Bueno	Regular
Sentido Tres Ríos - San José (Externo)	350	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido Tres Ríos - San José (Externo)	400	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido Tres Ríos - San José (Externo)	450	Bueno	Bueno	Bueno	Regular
Sentido Tres Ríos - San José (Externo)	500	Severo	Bueno	Regular	Severo
Sentido Tres Ríos - San José (Externo)	550	Severo	Bueno	Regular	Severo
Sentido Tres Ríos - San José (Externo)	600	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido Tres Ríos - San José (Interno)	0	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido Tres Ríos - San José (Interno)	50	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido Tres Ríos - San José (Interno)	100	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido Tres Ríos - San José (Interno)	150	Bueno	Bueno	Bueno	Regular
Sentido Tres Ríos - San José (Interno)	200	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido Tres Ríos - San José (Interno)	250	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido Tres Ríos - San José (Interno)	300	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido Tres Ríos - San José (Interno)	350	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido Tres Ríos - San José (Interno)	400	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido Tres Ríos - San José (Interno)	450	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido Tres Ríos - San José (Interno)	500	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Sentido Tres Ríos - San José (Interno)	550	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno

Según el criterio del equipo auditor, para un proyecto de obra nueva, dada la inversión realizada y la probabilidad de que se generen deterioros prematuros debido a una capacidad estructural insuficiente, una condición estructural regular o severa no es aceptable. Se recomienda a la Administración monitorear el desempeño de los tramos puntuales de la estructura de pavimento donde se evidencia esta condición y es posible aparición de deterioros prematuros.



J. SOBRE EL AGARRE SUPERFICIAL, GRIP TESTER

Este método de ensayo determina la resistencia al deslizamiento de una superficie haciendo uso de un dispositivo Grip Tester. El método permite medir la resistencia al deslizamiento a lo largo de una superficie continua o una superficie pavimentada externa o bajo techo. Las velocidades de ensayo pueden variar de 5 km/h a 130 km/h dependiendo de la aplicación.

Estas mediciones tienen como objetivo medir la fricción de una superficie en condiciones estándar, y en ellas hay que mojar dicha superficie de forma controlada. Estas pruebas son una parte necesaria de cualquier sistema de administración del pavimento. Suministra datos confiables, de los lugares exactos para llevar a cabo la corrección del mantenimiento que, debido al clima y al desgaste por uso, pueden dar como resultado que las superficies sean resbaladizas.

Para este proyecto, la medición del agarre superficial se realizó mediante el equipo Grip Tester. Las mediciones se hicieron cada 5 m, en ambos sentidos de la vía y en los dos carriles de ésta, sobre el tramo principal. El ensayo se realizó sin la presencia de lluvia ni otras condiciones adversas para la medición a una velocidad de 50 km/h aproximadamente.

Los resultados fueron categorizados según la clasificación establecida en el informe de evaluación de la red vial nacional que publica el LanammeUCR bianualmente, tal y como se observa en la siguiente figura, y comparados contra el nivel de alerta señalado en la norma de ensayo BS: 7941-2 - norma de ensayo para medir la resistencia al deslizamiento de una superficie haciendo uso de un dispositivo Grip Tester – para una calzada doble (Grip Number = 0,48).

Figura 23. Clasificación de la condición de la superficie según el valor de Grip Number

GN	Condición	Nivel			Tipo de Pavimento característico
		Deslizamiento	Probabilidad de accidentes	Riesgo medio de accidentabilidad*	
< 0,50	Malo	Muy deslizante	Muy alta probabilidad	mayor a 20	Pavimento flexible compuesto de agregado pulimentable ej.: calizo
0,50 – 0,60	Regular	Deslizante	Alta probabilidad	16 a 20	Pavimento flexible con alto grado de exudación y pérdida de textura
0,60 – 0,78	Bueno	Poco deslizante	Moderada probabilidad	10 a 16	Pavimento rígido y flexible con buena textura
> 0,78	Muy Bueno	No deslizante	Poca probabilidad	menor a 10	Pavimento nuevo o sobrecapas

* Número de accidentes por cada millón de vehículos / kilómetro, en función del coeficiente de fricción, obtenidos en Gran Bretaña, según memorias del 5to Simposio de Características Superficiales de Pavimentos, Toronto, Canadá, 2004. Tabla modificada LanammeUCR 2017.



OBSERVACION 9. EL 4% DE LOS TRAMOS EVALUADOS PRESENTÓ UN COEFICIENTE DE FRICCIÓN BAJO

Se identificó un riesgo potencial de accidentabilidad debido a que en algunos tramos puntuales de la vía se identificaron valores de agarre superficial bajos.

En este apartado se evalúa la condición de fricción superficial del proyecto con base en los resultados del ensayo de *Grip Number* realizado. El 14 y 16 de febrero del 2024, el LanammeUCR realizó mediciones del agarre superficial mediante el equipo Grip Tester. Las mediciones se realizaron cada 5 m, en ambos sentidos de la vía y en los dos carriles de ésta, estos datos fueron comunicados a la Administración en el oficio EIC-Lanamme-311-2024.

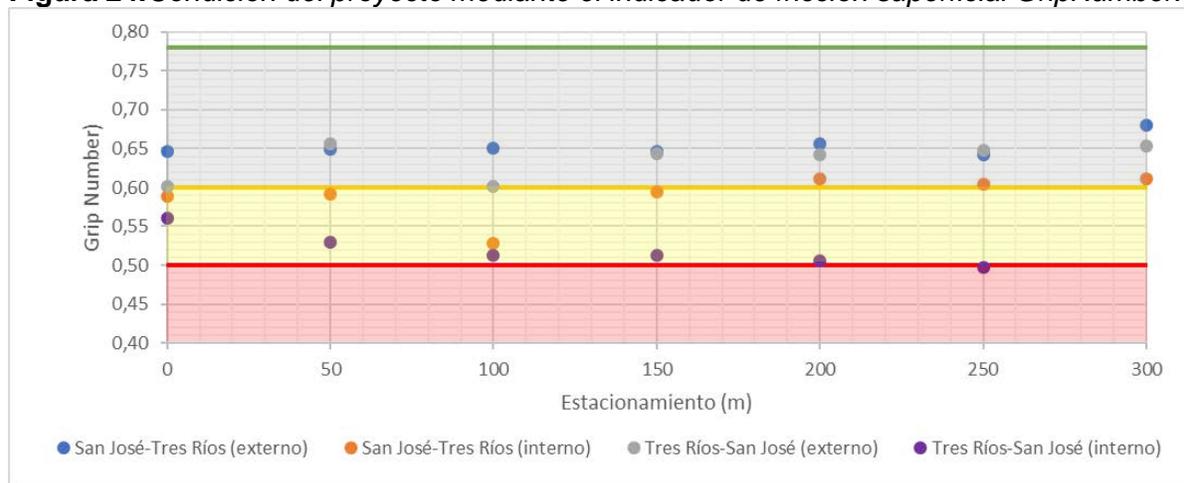
A partir de la información de este ensayo, se observó que el proyecto tiene una condición variable de fricción superficial, donde predominantemente se observaron tramos cuya condición de fricción superficial era buena o poco deslizante (63% del proyecto), regular o deslizante (33% del proyecto), y solamente un tramo de 50 metros que equivale al 4% de la sección medida en condición mala o muy deslizante, tal y como se puede observar en la Tabla 22 y Figura 24. Lo anterior, según los rangos establecidos en el informe de evaluación de la red vial nacional que publica el LanammeUCR.

Tabla 22. Clasificación porcentual de la fricción superficial del proyecto mediante el parámetro *GripNumber*.

Carril/Condición	Buena	Regular	Mala
San José- Tres Ríos (carril externo)	100%	0%	0%
San José- Tres Ríos (carril interno)	43%	57%	0%
Tres Ríos-San José (carril externo)	100%	0%	0%
Tres Ríos-San José (carril interno)	0%	83%	17%
Total, general	63%	33%	4%



Figura 24. Condición del proyecto mediante el indicador de fricción superficial GripNumber.

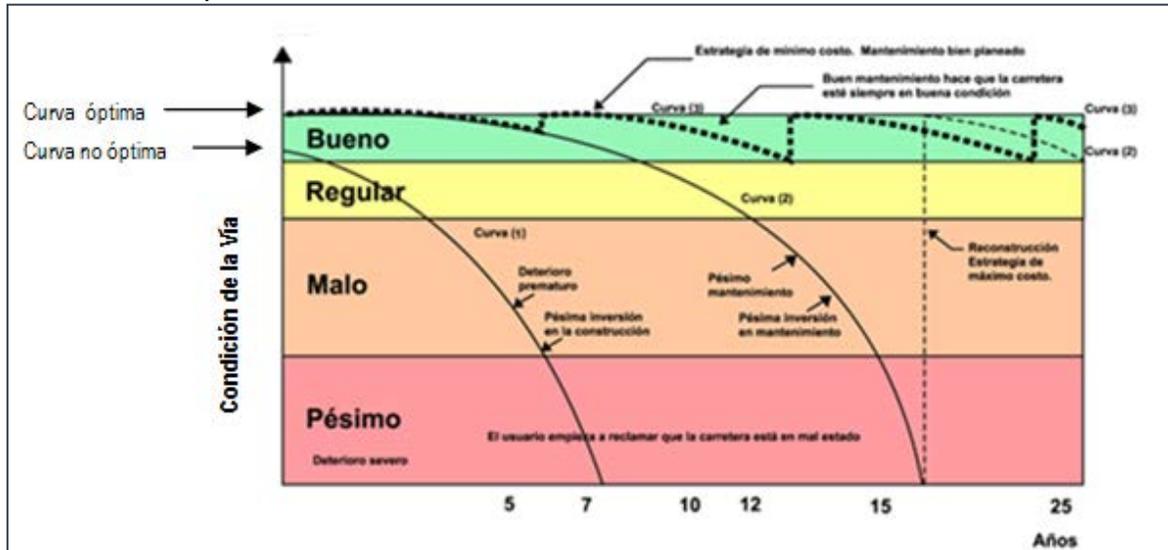


Los tramos con una condición de agarre superficial mala o regular se caracterizan por tener una superficie deslizante y una alta probabilidad de accidentes. Dado lo anterior, es criterio del equipo auditor que una condición de agarre superficial regular o mala no es una condición aceptable para un proyecto de obra nueva. Si bien el parámetro de agarre superficial no es de cumplimiento cartelario, se le debe prestar atención y monitoreo durante la vida útil del proyecto, especialmente por la geometría y sinuosidad de la ruta, de manera que se garantice una superficie segura para el usuario desde el punto de vista de seguridad vial.

Este análisis no es de carácter contractual, no obstante, el equipo auditor consideró importante alertar a la Administración sobre los posibles riesgos de accidentabilidad que existen en el proyecto.

Finalmente, es importante indicar que la curva de deterioro de un proyecto nuevo decae de forma acelerada cuando posee condiciones iniciales no óptimas que afecten su desempeño (curva 1 en la Figura 25), en comparación con la curva de un proyecto que inicia su vida útil con una condición óptima donde se cumple a cabalidad con un proceso constructivo con los elementos necesarios de una carretera para lograr un buen desempeño de acuerdo al diseño propuesto (curva 2 en la Figura 25).

Figura 25. Curva típica de deterioro



Se debe tomar en cuenta que, si la estructura final del pavimento de un proyecto nuevo es aceptada en una condición no óptima, existe un riesgo potencial mayor sobre la posibilidad de requerirse obras de mantenimiento anticipadas y más frecuentes para mantener una condición funcional y estructural adecuada.

El garantizar una condición inicial óptima en un proyecto nuevo promueve que se deban invertir menos recursos para mantener el buen estado de la vía en el tiempo (mantenimiento preventivo) y contribuye a que la vía alcance la vida útil para la que fue diseñada. En caso contrario, a corto plazo se deberán invertir muchos recursos para atender los deterioros que posiblemente se mostrarán con mayor frecuencia en el tiempo (mantenimiento correctivo), afectando de forma progresiva la estructura interna del pavimento y, en consecuencia, poniendo en riesgo los recursos invertidos en la construcción de esta obra nueva.



10. CONCLUSIONES

En el siguiente apartado se resumen las conclusiones del presente informe de Auditoría Técnica, es importante recalcar el hecho de que de manera oportuna 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 calidad de los estudios hidrológicos e hidráulicos del proyecto.**

En general se evidenciaron debilidades y oportunidades de mejora en el estudio hidrológico, el análisis y los diseños hidráulicos del proyecto.

El informe de avance No.3 no incluyó la delimitación de cuencas para la totalidad de las estructuras del proyecto ni su uso del suelo. No se justifican parámetros de cálculo como tiempo de concentración, intensidad y coeficientes de escorrentía y tampoco muestra el procedimiento de cálculo de caudales de tuberías y cuerpo receptor. El diseño mostrado en planos incumple con las especificaciones de etiquetado en planos. Existen diferencias en cuanto a las dimensiones del canal bajo la rejilla, mostrando una geometría diferente entre planos y memoria de cálculo.

- **Sobre la calidad del diseño de la estructura de pavimento.**

Se evidenciaron oportunidades de mejora en el diseño de la estructura de pavimento del proyecto.

El informe presentado no cumple con los requisitos de conteos vehiculares en el punto #2, no aplica de forma correcta la correlación seleccionada por el diseñador entre CBR y compresión confinada de subrasante, no se asignan correctamente los valores de factor camión y no se realiza la corrección por daño relativo al módulo resiliente de la subrasante.

- **Sobre los aspectos topográficos**

En el proyecto en cuanto al tema de topografía se detectaron oportunidades de mejora por parte de la EIT de la UCR. Algunas de las recomendaciones incluyen corregir errores conceptuales en gráficos, especificar la época de medición, agregar información sobre las estaciones de referencia, delimitar tolerancias e incertidumbres para equipos topográficos y mejorar la confección de bancos de nivel. Además, se sugiere tomar imágenes desde diferentes ángulos y utilizar referencias externas en la materialización.

Se han reconocido buenas prácticas que deben mantenerse, como fichas técnicas completas y claras, certificados de verificación, presentación clara de datos catastrales y expropiaciones, y proporcionar instrucciones claras en los carteles de licitación



- **Sobre la implementación del Plan de Manejo de Tránsito y otros aspectos de seguridad vial.**

La USVT detectó deficiencias en la aplicación del PMT de forma recurrente en dos visitas realizadas al proyecto, como: Incumplimiento de aspectos relacionados con la seguridad vial en el proyecto de construcción de paso a desnivel. Tales como barreras de concreto insuficientes en márgenes de la vía, con falta de continuidad y anclaje en la instalación de barreras de concreto en las zonas de trabajo; demarcación vial inadecuada antes de los trabajos y falta de señalamiento temporal; ausencia de infraestructura segura para usuarios de transporte público y peatones, especialmente en áreas de influencia del proyecto; borrado deficiente de la señalización vial horizontal existente; intersección sin elementos mínimos de seguridad vial, como elementos de canalización y banderilleros; y falta de dispositivos de canalización que eviten giros no permitidos hacia San José en la salida del paso temporal hacia RN 251. Durante el desarrollo del proyecto fue posible evidenciar como la Administración solicitó al Contratista atender las observaciones realizadas por la USVT y el equipo auditor.

- **Sobre la calidad del concreto**

Los resultados obtenidos tanto por la Verificación de Calidad como por Lanamme UCR para el concreto de 280kg/cm² y 700kg/cm² se encuentran por encima de la resistencia esperada a los 28 días, en el periodo de análisis de esta auditoría técnica.

- **Sobre el diseño de mezcla y la calidad del asfalto**

Se evidenció que el diseño de mezcla asfáltica 01-1766-2023 cumple con los requerimientos contractuales del Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, caminos y Puentes CR 2020, específicamente con la sección 401 diseño de mezcla asfáltica por el método Marshall y la sección 405.03 Aprobación del diseño y la fórmula de trabajo para la mezcla asfáltica.

Se evidenció que el rango $\pm 0,5\%$ del contenido de asfalto óptimo no garantiza en toda su amplitud el cumplimiento de las propiedades volumétricas de la mezcla asfáltica. Ya que presenta incumplimientos en los parámetros de VFA y contenido de vacíos.

Las muestras tomadas por LanammeUCR y por el laboratorio de verificación de calidad y analizadas en el periodo de marzo a octubre del 2023 para la mezcla asfáltica con tamaño máximo nominal de 19 mm cumplen en los parámetros volumétricos, PMT, VFA, VMA, %Va y P/A esto de acuerdo con lo señalado en la especificación técnica y el diseño.

En ninguno de los meses de producción de mezcla asfáltica se aplicó la sección 107.05 del CR-2010 para estimar el factor de pago, esto debido a que la cantidad disponible de muestras tomadas por mes es menor a 5.



- **Sobre el diseño de mezcla y la calidad de la base estabilizada con cemento**

Se utilizó un método de densificación y elaboración de los especímenes diferente a lo indicado en la normativa de referencia nacional vigente y estandarizada, ya que el moldeo se realizó en 3 capas y utilizando 22 golpes por capa; con las demás variables en igualdad de condiciones. Utilizar un método no normado ni estandarizado limita la comparación y revisión de los resultados para validar los mismos y garantizar el cumplimiento de los materiales utilizados en la construcción de la obra.

Se evidenció el cumplimiento de las propiedades mecánicas del agregado considerado en el diseño solicitado en la sección 703.21 Agregados para capas de base estabilizadas con cemento en cuanto a Abrasión (AASHTO T-96) y Índice de durabilidad agregado grueso y fino.

Se generaron Órdenes de Modificación en el proyecto que varían la graduación del agregado utilizado (OM6) y el proceso de compactación y densificación de las pastillas de BE-25. Estas variaciones generaron cambios en la evaluación de la calidad del proyecto.

Los valores de resistencia a la compresión de pastillas de BE tomadas por el LanammeUCR y ensayadas de acuerdo con la normativa contractual, utilizando un método de densificación y compactación de 5 capas y 25 golpes, presentan valores por encima del límite superior del CR-2010 y de la resistencia teórica del diseño de BE.

Los valores de resistencia a la compresión de pastillas de BE tomadas por el LanammeUCR y ensayadas utilizando un método de densificación y compactación aprobado en el proyecto en la OM 6 y 9 de 3 capas y 22 golpes, presentan valores por encima del límite superior del CR-2010 y de la resistencia teórica del diseño de BE presentando por el CO.

En concordancia con los acuerdos tomados por la Administración, Contratista y la Supervisora, no se aprobó la aplicación de la sección 107.05 del CR 2010 actualización 2017, por lo que no se realizó una evaluación estadística de la calidad del material colocado, en su defecto se utilizó la sección 107.04 y la versión del CR-2010 sin actualizar. Por lo tanto, en el proyecto se colocó material de BE con altas resistencia a la compresión, lo cual provocó que para evitar reflejo de grietas y deterioros prematuros en la carpeta asfáltica se tuviera que colocar una geomalla.



- **Sobre los parámetros de desempeño**

El análisis de valores individuales de IRI realizado por el equipo auditor, permitió evidenciar incumplimientos en algunos de los tramos de 100 m evaluados en los carriles del proyecto de acuerdo con la especificación de 3,0 m/km como valor máximo.

En la sección del proyecto en donde se colocó una sobrecapa, no fue posible evaluar la regularidad superficial, ya que no se realizó la medición de esta condición antes de realizar la intervención.

La condición estructural de las secciones evaluadas en ambos carriles es de bueno a regular. Para un proyecto de obra nueva, dada la inversión realizada y la probabilidad de que se generen deterioros prematuros debido a una capacidad estructural insuficiente o deterioro puntual, una condición estructural severa no es aceptable.

El 37% de los tramos de 50 m evaluados tienen un valor de Grip Number menor al nivel de alerta indicado en la norma de ensayo. El 4% de los tramos evaluados tienen una condición de agarre superficial mala, 33% una condición regular y el 63% una condición buena. Se debe prestar especial atención en los tramos con una condición de agarre superficial mala, pues son condiciones adversas para la seguridad vial de los usuarios de la vía.



11. RECOMENDACIONES

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

En lo general -se recomienda a la Administración exigir el cumplimiento estricto de las obligaciones contractuales durante la etapa de diseño. Además, se sugiere aplicar sanciones según lo establecido en el cartel de licitación en caso de incumplimientos.

- **Sobre la calidad de los estudios hidrológicos e hidráulicos del proyecto.**

Estas recomendaciones buscan garantizar la integridad, coherencia y cumplimiento normativo del proyecto, asegurando un diseño hidráulico e hidrológico sólido y acorde con los estándares establecidos para futuros proyectos, esto en concordancia con la responsabilidad que tienen los profesionales responsables de los diseños.

- Exigir al contratista cumplir con las especificaciones del cartel de licitación, asegurando que la memoria de cálculo cumpla con los requisitos legales y técnicos establecidos.
- Garantizar la coherencia entre la memoria de cálculo y los planos de obra, verificando cada elemento del sistema pluvial y su correspondencia con las especificaciones del cartel de licitación.
- Mejorar la presentación de la información en la memoria de cálculo, prestando atención a al procedimiento de cálculo y justificación de variables de diseño.
- Verificar que la memoria de cálculo refleje de manera clara y detallada las cuencas que definen las áreas tributarias del sistema pluvial del proyecto.
- Asegurarse de que se incluya el detalle del uso del suelo de las cuencas, los coeficientes de escorrentía, la justificación del tiempo de concentración seleccionado y el procedimiento para determinar las curvas IDF.

- **Sobre la calidad del diseño de la estructura de pavimento.**

Estas recomendaciones buscan mejorar la calidad y la conformidad del diseño del pavimento, garantizando la seguridad y durabilidad del proyecto.

- En futuros informes, se recomienda asegurar que la justificación del diseño del pavimento cumpla con las normativas vigentes y esté respaldada técnicamente.

- **Sobre los aspectos topográficos**

A nivel de los aspectos topográficos se busca fortalecer la planificación, ejecución y seguimiento de proyectos futuros, garantizando una gestión efectiva y la aplicación de buenas prácticas en la Ingeniería Topográfica.



- Desarrollar procedimientos detallados para evaluar la calidad de estudios preliminares, materiales y prácticas constructivas, garantizando una ejecución eficiente del proyecto.
 - Incluir en los documentos contractuales especificaciones detalladas sobre tolerancias e incertidumbres para equipos topográficos, proporcionando claridad a los contratistas.
 - Destacar y respaldar prácticas que han demostrado ser efectivas, como la presentación clara de datos catastrales, certificados de verificación y especificaciones detalladas en los carteles de licitación.
 - Asegurarse de que la presentación de informes, láminas y planos cumpla con las instrucciones detalladas en los carteles de licitación, evitando malinterpretaciones y errores.
 - Considerar la implementación de medidas de seguridad, como el uso de vallas o dispositivos de protección, al ubicar pilares cerca de la zona de trabajo, previniendo riesgos durante la obra.
 - Solicitar certificaciones adicionales según los requerimientos, asegurando la validez y calidad de los equipos utilizados en el proyecto.
- **Sobre la implementación del Plan de Manejo de Tránsito y otros aspectos de seguridad vial.**

Se recomienda a la Administración para futuros proyectos considerar los siguientes aspectos relacionados con la seguridad vial y el manejo del tránsito en obra:

 - Realizar un análisis exhaustivo y tomar acciones para incluir soluciones adecuadas, especialmente en las zonas de excavación. La ausencia de sistemas de contención vehicular diseñados e instalados adecuadamente es una preocupación que debe abordarse para minimizar riesgos para trabajadores y usuarios.
 - Se recomienda prestar especial atención en la demarcación vial anterior a los trabajos de la vía para informar a los usuarios sobre cambios en el sentido de circulación. Se recomienda aplicar las buenas prácticas de borrado de señalización vial horizontal según la normativa nacional, además de contar con banderilleros y señalamiento temporal para un control adecuado del tránsito.
 - Se insta a abordar la afectación al transporte público y la falta de soluciones para la movilidad segura de los peatones en la zona de influencia del proyecto. Se recomienda implementar medidas concretas y seguras para garantizar la movilidad de estos usuarios.
 - Las observaciones identificadas en el informe de seguridad vial deben abordarse de manera integral. Es crucial corregir el uso de dispositivos no normados, mejorar el borrado de la señalización vial inadecuada, y garantizar la presencia de elementos de seguridad en intersecciones, entre otras recomendaciones.
 - Establecer un monitoreo continuo del cumplimiento del PMT y realizar mejoras continuas según las observaciones y recomendaciones. La seguridad vial debe ser una prioridad en todas las etapas del proyecto, desde el anteproyecto hasta la puesta en servicio.



- **Sobre la calidad del concreto**

Se recomienda a la Administración que en futuros proyectos se mantenga un sistema de supervisión continua de la calidad del concreto estructural a lo largo de todas las etapas del proyecto. Esto incluye la verificación regular de las resistencias a la compresión y otros parámetros relevantes. La supervisión constante ayudará a identificar posibles desviaciones de manera temprana, permitiendo la toma de medidas correctivas oportunas, que garantice como en este caso el cumplimiento de la especificación solicitada para los elementos de concreto estructural.

- **Sobre el diseño de mezcla y la calidad del asfalto**

Es recomendable mantener un seguimiento detallado de los parámetros de calidad, especialmente aquellos relacionados con la granulometría, VFA, VMA, polvo/asfalto, porcentaje de vacíos, contenido de asfalto, estabilidad, flujo y vacíos en núcleos, para garantizar el cumplimiento de los requisitos contractuales.

- **Sobre el diseño de mezcla y la calidad de la base estabilizada**

Se recomienda que la Administración asegure que las especificaciones del proyecto estén plenamente alineadas con las normativas nacionales vigentes, como el CR-2010 y sus actualizaciones. Esto incluye la revisión detallada de los renglones de pago y parámetros técnicos para garantizar coherencia y cumplimiento.

Mantener una consistencia en la aplicación de normativas, evitando la selección selectiva de partes, como es el caso de la sección 302 y 304. Establecer estándares uniformes contribuye a la claridad y evita interpretaciones dispares en futuros proyectos. La utilización de métodos no normados debe ser evaluada rigurosamente antes de implementarse en un proyecto. Se recomienda considerar métodos estandarizados y normados internacionalmente para asegurar la comparabilidad de los resultados y la calidad del material utilizado en la construcción.

Se recomienda a la Administración revisar y validar los métodos de ensayo utilizados, asegurándose de que sean consistentes con las normativas nacionales e internacionales. La variación en los métodos puede afectar la calidad del material y la interpretación de los resultados.

Se recomienda evaluar las consecuencias a largo plazo de los cambios en las especificaciones, especialmente en términos de resistencia a la compresión. La consideración de los riesgos asociados y la implementación de medidas adecuadas son fundamentales para evitar posibles problemas estructurales en el futuro.

- **Sobre los parámetros de desempeño**

Se recomienda realizar una revisión de la especificación de regularidad superficial para futuros proyectos y realizar las mediciones necesarias para garantizar la aplicación de la normativa en la totalidad.



Evitar las malas prácticas constructivas, de manera que no se genere un deterioro prematuro en las capas del pavimento ni se reduzca la capacidad estructural de éste. Y realizar un monitoreo del desempeño de la estructura de pavimento y la posible aparición de deterioros prematuros, para presentar las medidas correctivas a tiempo y no afectar el desempeño del proyecto y la inversión realizada.

Prestar especial atención en los tramos con una condición de agarre superficial mala, pues son condiciones adversas para la seguridad vial de los usuarios de la vía.



12. REFERENCIAS

- AASHTO. (1993). *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*. Washington: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- AASHTO. (2012). *AASHTO LRFD Bridge design specifications Sixth edition*. Washington: Customary U.S. Units.
- ACI Comité ACI 318. (2019). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318-19)*. Farmington Hills, U.S.A.: American Concrete Institute
- Arriola, R. (2023). *Memorando EIC-Lanamme-171-2024: Respuesta a solicitud de criterio técnico con respecto a la modificación realizada para el ítem de base estabilizada en el proyecto paso a desnivel "La Galera"*. Programa de Ingeniería de Transporte (PITRA). Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR).
- 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.
- Escuela de Ingeniería Topografía (2023). *Informe de Auditoría Técnica Externa: Hallazgos y observaciones: Diseño y construcción del paso a desnivel en el cruce "La Galera", rutas nacionales No 2 y 251*. EIT, Universidad de Costa Rica.
- INTE-ISO/IEC 17025 (2017). *Requisitos generales para la competencia de los Laboratorios de ensayo y calibración*. INTECO
- 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).
- LanammeUCR (2023). *Informe de criterio técnico USVT-INF-CT-07-2023: Evaluación de aspectos de seguridad vial en el proyecto Paso a desnivel en el cruce "La Galera" sobre Ruta Nacional 2 y Ruta Nacional 251, San José*. Unidad de Seguridad Vial y Transportes (USVT), Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR). Universidad de Costa Rica.
- LanammeUCR (2023). *Informe de criterio técnico USVT-INF-CT-16-2023: Evaluación de aspectos de seguridad vial en el proyecto Paso a desnivel en el cruce "La Galera" sobre Ruta Nacional 2 y Ruta Nacional 251, San José*. Unidad de Seguridad Vial y Transportes (USVT), Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR). Universidad de Costa Rica.
- LanammeUCR (2023). *Memorando EIC-Lanamme-204-2023: Resultados de mediciones de velocidad el proyecto Paso a desnivel en el cruce "La Galera" sobre Ruta Nacional 2 y Ruta Nacional 251, San José*. Unidad de Seguridad Vial y Transportes (USVT), Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR). Universidad de Costa Rica.
- Ley 8279 "Sistema nacional para la calidad", Artículo 34. Servicio a las Entidades Públicas. Asamblea Legislativa.



- Monge, A. (2023). *Informe: EIC-Lanamme-INF-0269-2023: Informe de revisión de estudio de suelos del Proyecto La Galera*. Programa de Ingeniería Geotécnica (PIE). Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR).
- Monge, A. (2023). *Informe: EIC-Lanamme-INF-0812-2023: Informe de visita al proyecto del Proyecto La Galera*. Programa de Ingeniería Geotécnica (PIE). Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR).
- Monge, A. (2023). *Memorando EIC-Lanamme-450-2023: Respuesta al oficio GCTR-27-23-0810 de CONAVI acerca del proyecto La Galera*. Programa de Ingeniería Geotécnica (PIE). Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR).
- MOPT. (2010). *Especificaciones Generales para la construcción de Caminos, Carreteras y Puentes*. San José.
- MOPT. (2015). *Manual Técnico de Dispositivos de Seguridad y Control Temporal de Tránsito para la Ejecución de Trabajos*. Costa Rica.
- MOPT. (2017). *Manual de Especificaciones Generales para la construcción de Caminos, Carreteras y Puentes CR-2010*. San José.
- SIECA. (2000). *Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito*. Guatemala.
- TXDOT (2006). *Microcracking Stabilized Bases during Construction to Minimize Shrinkage*. Texas Department of Transportation.
- TXDOT (2014). *Item 275 Cement Treatment (Road-Mixed)*. Texas Department of Transportation.
- Valverde, G. (2011). *Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras*. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.



EQUIPO AUDITOR

Preparado por:
Ing. Ana Elena Hidalgo Arroyo,
PhD.
Auditora Técnica

Revisado por:
Ing. Francisco Fonseca Chaves
Auditor Técnico

Revisado por:
Ing. Luis Paulino Rodriguez
Auditor Técnico

Revisión Legal:
Lic. Giovanni Sancho Sanz Asesor
Legal LanammeUCR

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

Aprobado por:
Ing. Rolando Castillo Barahona,
PhD.
Director General LanammeUCR



13. ANEXO A

En el siguiente enlace se adjuntan los documentos

- Oficio GCTR-47-2024-1568(0665), descargo al Informe preliminar EIC-Lanamme-INF-0643-2024.
<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/cloud/index.php/s/507qsQ3Qx1gVKDz>
- Análisis del descargo al informe en versión preliminar EIC-Lanamme-INF-0643-2024, elaborado por la Unidad de Auditoría Técnica
<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/cloud/index.php/s/RKL5ldwGbymBLnv>



14. ANEXO B

Proceso de valoración de los resultados de la auditoría realizada.

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

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

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

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

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

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

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

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

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



Los resultados de la auditoría positivos no se incluyen en esta valoración ya que no requieren atención inmediata por parte de la Administración ni de las instituciones establecidas en el Artículo 6 de la Ley 8114 y sus reformas. En la Tabla B.3, se muestra la valoración de los resultados de la auditoría de este informe. También se muestra la prioridad de atención sugerida, según la escala de colores mostrada en la Tabla B.2.

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

Aspecto	No	Hallazgo/Observación	Cumplimiento Contractual	Impacto	Urgencia	Promedio
Estudios hidrológicos e hidráulicos	Hallazgo 1	La memoria de cálculo en hidráulica e hidrología no cumple con algunos de los requisitos del cartel de licitación	3,3	2,3	1,0	2,2
	Hallazgo 2	La información mostrada en planos sobre el sistema pluvial no cumple con la totalidad de los requisitos solicitados en el cartel de licitación y memoria de cálculo	2,3	2,0	1,0	1,8
Diseño estructural del pavimento	Observación 1	Se evidenciaron oportunidades de mejora en el diseño de la estructura de pavimento respecto a lo indicado en el cartel de licitación	1,7	2,0	1,0	1,6
Aspectos topográficos	Observación 2	Se detectaron oportunidades de mejora en los documentos contractuales en cuanto a topografía	1,3	1,0	1,0	1,1
PMT y aspectos de seguridad vial	Observación 3	Se detectaron oportunidades de mejora en el cumplimiento del plan de manejo de tránsito	2,0	1,7	1,0	1,6
Calidad del concreto	Hallazgo 3	La resistencia requerida a 28 días de las muestras de concreto de 280kg/cm ² y 700kg/cm ² tomadas por el LanammeUCR y por la verificación de calidad se encuentra por encima de la resistencia requerida en el diseño	1,0	1,0	1,0	1,0
Calidad de la mezcla asfáltica	Observación 4	Los informes de diseño de mezcla asfáltica elaborados por el contratista presentan oportunidades de mejora	1,3	1,0	1,0	1,1
	Hallazgo 4	Se evidenció el cumplimiento de los parámetros volumétricos de las muestras de mezcla asfáltica tomadas por el LanammeUCR y por la verificación de calidad	1,0	1,0	1,0	1,0
Calidad de la base estabilizada	Observación 5	Los informes de diseño de base estabilizada presentan modificaciones respecto a lo indicado en la normativa CR-2010, versión actualizada en el 2017	5,0	5,0	3,0	4,3
	Observación 6	No se evidenció sustento técnico que respalde las modificaciones a la normativa de bases estabilizadas aprobada en la OM-6 Y OM-9 del proyecto	4,3	5,0	3,0	4,1
	Observación 7	Los resultados de resistencia a la compresión de pastillas de be-25 tanto del laboratorio de verificación como del LanammeUCR presentan incumplimientos en el límite superior de la especificación del cr-2010 versión actualizada	5,0	5,0	1,7	3,9
Regularidad superficial	Hallazgo 5	Se identificaron incumplimientos en IRI en algunos de los tramos de 100 m evaluados en los carriles del proyecto	1,0	1,0	1,0	1,0
Análisis de deflexiones	Observación 8	Se evidenció una condición estructural de 27% de tramos evaluados en condición regular y 9% en condición severa para las secciones analizadas	1,0	1,7	1,0	1,2
Agarre superficial	Observación 9	El 4% de los tramos evaluados presentó un coeficiente de fricción bajo	1,0	1,0	1,0	1,0