



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR)

Informe Final LM-INF-IC-D-0009-2020

Evaluación de los estudios preliminares, la calidad de los materiales y los procesos constructivos del proyecto: Ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional N°1, Carretera Interamericana Norte, sección: Limonal - Cañas

Documentos de Licitación PIT-01-LPI-O-2016



Preparado por:

Unidad de Auditoría Técnica

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

Setiembre, 2020



1. Informe LM-INF-IC-D-0009-2020		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: Evaluación de los estudios preliminares, la calidad de los materiales y los procesos constructivos del proyecto: Ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional N°1, Carretera Interamericana Norte, sección: Limonal – Cañas.		4. Fecha del Informe Setiembre 2020
7. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
8. Notas complementarias --**--		
9. Resumen <u>Sobre los estudios preliminares:</u> Se determinó que los resultados de los estudios hidrológicos y análisis hidráulicos realizados para el proyecto pueden no ser representativos para éste debido a la información básica utilizada y al alcance de las metodologías empleadas. También se evidenció la utilización de un tránsito de diseño desactualizado según el periodo de puesta en funcionamiento del proyecto. Por su parte, los estudios geotécnicos desarrollados para el proyecto se consideran adecuados. <u>Sobre las prácticas constructivas:</u> Se observó que algunos muros de gaviones construidos en el proyecto no satisfacen lo establecido en las secciones 253.06 y 705.01 del CR-2010. En cuanto a la seguridad vial del proyecto, se identificaron desniveles de gran altura en los costados de la vía y no se han tomado las medidas de seguridad necesarias para prevenir un accidente de tránsito o reducir la gravedad de éste. <u>Sobre la calidad de los materiales utilizados en el proyecto:</u> Se evidenciaron incumplimientos en algunos parámetros del concreto estructural clase A y clase B. Algunos tramos de subbase colocados en el proyecto presentan incumplimientos en su granulometría y plasticidad. Los parámetros del acero evaluado por el LanammeUCR se encuentran dentro de los límites establecidos en las normas ASTM A 615 y ASTM A 706.		
10. Palabras clave Estudios preliminares, Control de Calidad, Procesos Constructivos, Seguridad Vial, Auditoría	11. Nivel de seguridad: Ninguno	12. Núm. de páginas 84



INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

Evaluación de los estudios preliminares, la calidad de los materiales y los procesos constructivos del proyecto: Ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional N°1, Carretera Interamericana Norte, sección: Limonal – Cañas

Departamento encargado del proyecto: Programa de Infraestructura del Transporte PIT, MOPT

Supervisora del proyecto: Cemosá, Geométrica y Astep Engenharia

Laboratorio de verificación de calidad: LGC Ingeniería de Pavimentos S.A.

Empresa contratista: Consorcio “Ruta Interamericana Norte”, compuesto por las empresas AZVI S.A. y AZVI Chile S.A.

Laboratorio de control de calidad: INSUMA S.A.

Monto original del contrato: US \$ 89 896 049,28

Plazo original de ejecución: 24 meses

Proyecto: Ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional N°1, Carretera Interamericana Norte, sección: Limonal - Cañas

Director General LanammeUCR: Ing. Alejandro Navas Carro, MSc.

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

Auditores:

Ing. Mauricio Picado Muñoz, Auditor Técnico Líder
Ing. Francisco Fonseca Chaves, Auditor Técnico Adjunto
Ing. Sergio Guerrero Aguilera, Auditor Técnico Adjunto
Ing. Fiorella Murillo Contreras, Auditora Técnica Adjunta

Expertos técnicos:

Ing. Rafael Oreamuno Vega, MSc.
Ing. Ana Monge Sandí, MSc.

Asesor Legal: Lic. Miguel Chacón Alvarado

Alcance del informe:

El alcance del estudio consistió en la evaluación de los estudios preliminares, el análisis de la calidad de los materiales empleados en la construcción del proyecto y la evaluación de los procesos constructivos y del manejo temporal del tránsito.



TABLA DE CONTENIDOS

1. FUNDAMENTACIÓN	8
2. OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS	8
3. OBJETIVOS DEL INFORME	8
3.1. OBJETIVO GENERAL	8
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
4. ALCANCE DEL INFORME	9
5. METODOLOGÍA.....	10
6. ANTECEDENTES	10
7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	11
8. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSION PRELIMINAR LM-INF-IC-D-0009B-2020 .11	
9. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA	12
<i>SOBRE LOS ESTUDIOS PRELIMINARES DEL PROYECTO</i>	<i>13</i>
<i>OBSERVACIÓN No. 1. LOS RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS REALIZADOS PUEDEN NO SER REPRESENTATIVOS DEL PROYECTO DEBIDO A LA INFORMACIÓN BASE UTILIZADA Y EL ALCANCE DE LAS METODOLOGÍAS EMPLEADAS.</i>	<i>13</i>
<i>OBSERVACIÓN No. 2. SE EVIDENCIÓ LA UTILIZACIÓN DE UN TRÁNSITO DE DISEÑO DESACTUALIZADO SEGÚN EL PERIODO DE PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DEL PROYECTO.</i>	<i>18</i>
<i>OBSERVACIÓN No. 3. LAS SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PROPUESTAS Y LOS ESTUDIOS GEOTÉCNICOS DESARROLLADOS PARA EL PROYECTO SE CONSIDERAN ADECUADOS SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS EVALUADAS Y EL ALCANCE DEL PROYECTO.</i>	<i>19</i>
<i>SOBRE LAS PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS DEL PROYECTO.....</i>	<i>20</i>
<i>HALLAZGO No. 1. EN EL PROYECTO EXISTEN DESNIVELES DE GRAN ALTURA EN LOS COSTADOS DE LA VÍA Y NO SE HAN TOMADO LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD NECESARIAS PARA PREVENIR UN ACCIDENTE DE TRÁNSITO O REDUCIR LA GRAVEDAD DE ÉSTE.....</i>	<i>20</i>
<i>HALLAZGO No. 2. ALGUNOS MUROS DE GAVIONES CONSTRUIDOS EN EL PROYECTO NO SATISFACEN LO ESTABLECIDO EN LAS SECCIONES 253.06 Y 705.01 DEL CR-2010.</i>	<i>24</i>
<i>SOBRE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES EMPLEADOS EN EL PROYECTO...28</i>	
<i>HALLAZGO No. 3. SE EVIDENCIARON INCUMPLIMIENTOS EN LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE Y ASENTAMIENTO EN EL CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE A (225 KG/CM²) UTILIZADO EN EL PROYECTO.....</i>	<i>28</i>
<i>HALLAZGO No. 4. LOS PARÁMETROS EVALUADOS EN EL CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE B (280 KG/CM²) PARA BASTIONES UTILIZADO EN EL PROYECTO SE ENCUENTRAN DENTRO DE LOS LÍMITES ESTABLECIDOS EN LOS DOCUMENTOS CONTRACTUALES DEL PROYECTO.</i>	<i>32</i>
<i>HALLAZGO No. 5. SE EVIDENCIARON INCUMPLIMIENTOS EN LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS, TEMPERATURA DE COLOCACIÓN Y ASENTAMIENTO EN EL CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE B (280 KG/CM²) PARA PILOTES UTILIZADO EN EL PROYECTO.....</i>	<i>34</i>
<i>HALLAZGO No. 6. ALGUNOS TRAMOS DE SUBBASE COLOCADOS EN EL PROYECTO PRESENTAN INCUMPLIMIENTOS EN SU GRANULOMETRÍA Y PLASTICIDAD.</i>	<i>40</i>
<i>HALLAZGO No. 7. LOS PARÁMETROS DEL ACERO EVALUADO POR EL LANAMMEUCR SE ENCUENTRAN DENTRO DE LOS LÍMITES ESTABLECIDOS EN LAS NORMAS ASTM A 615 Y ASTM A 706.</i>	<i>46</i>



10. CONCLUSIONES.....	50
11. RECOMENDACIONES	51
12. REFERENCIAS	53
13. ANEXOS.....	54

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. RESUMEN DE LOS OFICIOS ENVIADOS A LA ADMINISTRACIÓN DURANTE EL PROCESO DE AUDITORÍA.....	10
CUADRO 2. ESTIMACIÓN DEL TRÁNSITO DE DISEÑO TOMANDO EL AÑO 2021 COMO AÑO DE POSIBLE DE PUESTA EN SERVICIO.....	18
CUADRO 3. RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE LAS VELOCIDADES DE OPERACIÓN REALIZADA POR EL LANAMMEUCR.....	22
CUADRO 4. RESULTADOS DEL MUESTREO REALIZADO POR EL LANAMMEUCR DEL CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE A.....	31
CUADRO 5. RESULTADOS DE LOS MUESTREOS REALIZADOS POR EL LANAMMEUCR DEL CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE B PARA BASTIONES	34
CUADRO 6. ELEMENTOS DONDE LOS RESULTADOS REPORTADOS POR LA VERIFICACIÓN INDICAN QUE EL CONCRETO SUMINISTRADO TIENE UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE A LOS 28 DÍAS MENOR A LA MÍNIMA REQUERIDA	37
CUADRO 7. RESULTADOS DE LOS MUESTREOS REALIZADOS POR EL LANAMMEUCR DEL CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE B UTILIZADO EN EL PROYECTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PILOTES	39
CUADRO 8. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN PARA LAS FUENTES DE MATERIAL DE SUBBASE CON UNA GRADUACIÓN A	40
CUADRO 9. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN PARA LAS FUENTES DE MATERIAL DE SUBBASE CON UNA GRADUACIÓN B	41
CUADRO 10. DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE PAGO PARA EL MATERIAL DE SUBBASE CON GRADUACIÓN A SEGÚN LOS RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN.....	41
CUADRO 11. DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE PAGO PARA EL MATERIAL DE SUBBASE CON GRADUACIÓN B SEGÚN LOS RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN.....	43
CUADRO 12. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN PARA EL MATERIAL DE SUBBASE COLOCADO EN EL PROYECTO ENTRE OCTUBRE Y DICIEMBRE DE 2019.....	45
CUADRO 13. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LANAMMEUCR PARA EL MATERIAL DE SUBBASE COLOCADO EN EL PROYECTO CON GRADUACIÓN A.....	46
CUADRO 14. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LANAMMEUCR PARA EL MATERIAL DE SUBBASE COLOCADO EN EL PROYECTO CON GRADUACIÓN B.....	46



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN DEL PROYECTO	11
FIGURA 2. UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS DISPONIBLES EN EL TRAMO LIMONAL - CAÑAS.....	14
FIGURA 3. DESNIVEL IMPORTANTE A UN COSTADO DE LA VÍA SIN UN SISTEMA DE CONTENCIÓN VEHICULAR. ESTACIÓN 162+500. FECHA DE LA FOTOGRAFÍA: 16/05/2019.....	20
FIGURA 4. DESNIVEL IMPORTANTE A UN COSTADO DE LA VÍA SIN UN SISTEMA DE CONTENCIÓN VEHICULAR ÓPTIMO. ESTACIÓN 146+969. FECHA DE LA FOTOGRAFÍA: 28/06/2019.....	21
FIGURA 5. DESNIVEL IMPORTANTE A UN COSTADO DE LA VÍA SIN UN SISTEMA DE CONTENCIÓN VEHICULAR ÓPTIMO. ESTACIÓN 147+100. FECHA DE LA FOTOGRAFÍA: 18/07/2019.....	21
FIGURA 6. ADELANTAMIENTO EN UNA ZONA NO PERMITIDA Y DEMARCADA A 30KM/H.....	23
FIGURA 7. MEJORAS EN LA SEÑALIZACIÓN Y DEMARCACIÓN TEMPORAL DEL PROYECTO..	23
FIGURA 8. ROCAS EMPLEADAS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL MURO DE GAVIONES ENTRE LOS ESTACIONAMIENTOS 150+690 Y 150+830. FECHA DE LA FOTOGRAFÍA: 28/06/2019.	24
FIGURA 9. ROCA DEL MURO DE GAVIONES INSTALADO ENTRE LOS ESTACIONAMIENTOS 150+690 Y 150+830	25
FIGURA 10. VISTA FRONTAL DE LAS ROCAS DEL MURO DE GAVIONES INSTALADO ENTRE LOS ESTACIONAMIENTOS 150+690 Y 150+830 CON TAMAÑO MENOR A 100 MM. FECHA DE LA FOTOGRAFÍA: 21/08/2019.....	25
FIGURA 11. ACABADO FINAL DEL MURO DE GAVIONES INSTALADO ENTRE LOS ESTACIONAMIENTOS 150+690 Y 150+830. FECHA DE LA FOTOGRAFÍA: 21/08/2019	26
FIGURA 12. CANASTAS DEFORMADAS DEL MURO DE GAVIONES INSTALADO ENTRE LOS ESTACIONAMIENTOS 150+690 Y 150+830. FECHA DE LA FOTOGRAFÍA: 21/08/2019	26
FIGURA 13. ROCA REDONDEADA Y GRISÁCEA UTILIZADA EN LA CONSTRUCCIÓN DEL MURO ENTRE LOS ESTACIONAMIENTOS 150+690 Y 150+830. FECHA DE LA FOTOGRAFÍA: 09/10/2019.....	27
FIGURA 14. ROCA PLANA Y ALARGADA UTILIZADA EN LA CONSTRUCCIÓN DEL MURO ENTRE LOS ESTACIONAMIENTOS 150+690 Y 150+830. FECHA DE LA FOTOGRAFÍA: 09/10/2019.....	27
FIGURA 15. ROCAS EMPLEADAS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL MURO DE GAVIONES INSTALADO EN EL ESTACIONAMIENTO 147+450 CON TAMAÑO MAYOR A 200 MM. FECHA DE LA FOTOGRAFÍA: 22/01/2020	28
FIGURA 16. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE A LOS 28 DÍAS DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE A.....	29
FIGURA 17. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN PARA LA TEMPERATURA DE COLOCACIÓN DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE A	30



FIGURA 18. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN PARA EL ASENTAMIENTO DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE A 31

FIGURA 19. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE A LOS 28 DÍAS DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE B PARA BASTIONES 32

FIGURA 20. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN PARA LA TEMPERATURA DE COLOCACIÓN DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE B PARA BASTIONES..... 33

FIGURA 21. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN PARA EL ASENTAMIENTO DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE B PARA BASTIONES 34

FIGURA 22. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE A LOS 28 DÍAS DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE B PARA PILOTES 35

FIGURA 23. APILAMIENTOS DE AGREGADOS EN LA PLANTA DE LA GOTERA PARA LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO PARA EL PROYECTO EXPUESTOS A LA INTEMPERIE. FECHA DE LA FOTOGRAFÍA: 10/03/2020..... 36

FIGURA 24. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN PARA LA TEMPERATURA DE COLOCACIÓN DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE B PARA PILOTES 38

FIGURA 25. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN PARA EL ASENTAMIENTO DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE B PARA PILOTES..... 39

FIGURA 26. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN PARA LA MALLA DE 19 MM DE LAS MUESTRAS DE SUBBASE CON GRADUACIÓN A 43

FIGURA 27. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN PARA EL LÍMITE LÍQUIDO DE LAS MUESTRAS DE SUBBASE. FUENTE: LCG, 2020..... 44

FIGURA 28. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN PARA EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LAS MUESTRAS DE SUBBASE. FUENTE: LCG, 2020 45

FIGURA 29. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LANAMMEUCR PARA EL ESFUERZO DE FLUENCIA DEL ACERO UTILIZADO EN EL PROYECTO 47

FIGURA 30. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LANAMMEUCR PARA EL ESFUERZO MÁXIMO DEL ACERO UTILIZADO EN EL PROYECTO 47

FIGURA 31. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LANAMMEUCR PARA LA ELONGACIÓN DEL ACERO UTILIZADO EN EL PROYECTO 48

FIGURA 32. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LANAMMEUCR PARA EL ESPACIAMIENTO ENTRE CORRUGACIONES DEL ACERO UTILIZADO EN EL PROYECTO..... 48

FIGURA 33. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LANAMMEUCR PARA LA ALTURA DE CORRUGACIÓN DEL ACERO UTILIZADO EN EL PROYECTO 49

FIGURA 34. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LANAMMEUCR PARA EL ANCHO INDIVIDUAL DE SEPARACIÓN DE CORRUGACIÓN DEL ACERO UTILIZADO EN EL PROYECTO 49



INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

EVALUACIÓN DE LOS ESTUDIOS PRELIMINARES, LA CALIDAD DE LOS MATERIALES Y LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS DEL PROYECTO: AMPLIACIÓN Y REHABILITACIÓN DE LA RUTA NACIONAL N°1, CARRETERA INTERAMERICANA NORTE, SECCIÓN: LIMONAL – CAÑAS

1. FUNDAMENTACIÓN

La Auditoría Técnica externa a proyectos en ejecución para el sector vial se realiza de conformidad con las disposiciones del artículo 6 de la Ley N°8114 de Simplificación y Eficiencia Tributarias y su reforma mediante la Ley N°8603, dentro del plan anual de la Unidad de Auditoría Técnica 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.” (Lo subrayado no es del texto original)

2. OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS

El propósito de las auditorías técnicas que realiza el LanammeUCR en cumplimiento de las tareas asignadas en la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria, Ley N°8114, es el de emitir informes que permitan a las autoridades del país, indicadas en dicha ley, conocer la situación técnica, administrativa y financiera de los proyectos viales durante todas 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.

3. OBJETIVOS DEL INFORME

3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad de los estudios preliminares, los materiales y los procesos constructivos llevados a cabo hasta el momento en el proyecto: Ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional N°1, Carretera Interamericana Norte, sección: Limonal - Cañas, con el fin de fiscalizar la eficiencia en la ejecución del proyecto y controlar los riesgos potenciales.



3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la calidad y pertinencia de los estudios hidrológicos, los estudios geotécnicos y del diseño de la estructura de pavimento que fueron desarrollados como parte de los estudios preliminares del proyecto.
- Evaluar el cumplimiento de las especificaciones de los materiales empleados hasta el momento en el proyecto de conformidad con la normativa vigente en el Cartel de Licitación del proyecto.
- Evaluar los procesos constructivos del proyecto de conformidad con la normativa vigente en el Cartel de Licitación del proyecto y las buenas prácticas de la ingeniería.
- Evaluar el manejo temporal del tránsito y la seguridad vial del proyecto.

4. ALCANCE DEL INFORME

Este informe compila las evidencias que el Equipo Auditor ha recopilado a lo largo de la ejecución de la auditoría que realiza al proyecto “Ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional N°1, Carretera Interamericana Norte, sección: Limonal – Cañas”. El periodo abarcado en este informe es el comprendido entre el mes de setiembre de 2018 y el mes de mayo de 2020. No obstante, a lo largo de la ejecución de la auditoría, el Equipo Auditor ha emitido notas informe en aras de comunicar oportunamente estas evidencias.

Es importante mencionar que el periodo de ejecución del proyecto no ha concluido al momento de emitir este informe, por lo que esta Unidad de Auditoría Técnica puede emitir informes posteriores con las evidencias recopiladas en el periodo de ejecución restante.

El alcance del estudio consistió en la evaluación de los estudios preliminares, el análisis de la calidad de los materiales empleados en la construcción del proyecto y la evaluación de los procesos constructivos y del manejo temporal del tránsito.

Para la evaluación de los estudios preliminares del proyecto, se analizaron los estudios hidrológicos, los estudios geotécnicos y el diseño de la estructura de pavimento. Por su parte, en la evaluación de la calidad de los materiales empleados hasta el momento en el proyecto, se analizaron los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación y por el LanammeUCR para el concreto estructural clase A y clase B, material de subbase y el acero. En cuanto a la evaluación del proceso constructivo y del manejo temporal del tránsito, esto se realizó mediante visitas a campo y de conformidad con la normativa vigente en el Cartel de Licitación del proyecto y las buenas prácticas de la ingeniería.

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 y que debe ser ejecutada como una labor de carácter rutinario en el proyecto. Tampoco puede conceptualizarse como una labor de verificación de calidad o supervisión, que es de entera responsabilidad de la Administración.

Es función del MOPT analizar, con las partes involucradas, las consecuencias expuestas en los hallazgos y observaciones incluidas en este informe de auditoría técnica.



5. METODOLOGÍA

La labor que se efectúa en un proceso de auditoría se orienta en recopilar y analizar evidencias durante un periodo definido, así como identificar posibles elementos y aspectos que puedan afectar la calidad del proyecto.

Las actividades que fueron desarrolladas por el Equipo Auditor consistieron en visitar los diversos frentes de trabajo, hacer una revisión de los documentos del proyecto, programar muestreos a los materiales y analizar los resultados de los ensayos desarrollados a lo largo de la ejecución del proyecto para la verificación de la calidad de los materiales.

6. ANTECEDENTES

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

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

Oficio / Nota informe	Fecha de emisión	Asunto	Oficio de respuesta de la administración
LM-AT-129-18	28/9/2018	Oficio de inicio de auditoría y solicitud de información	1206_2018
LM-PI-96-2018	27/11/2018	Solicitud de información	DM-2019-0397
LM-PI-006-2019	4/2/2019	Remisión informe LM-IG-06-18	Sin respuesta
LM-IC-D-377-19	24/5/2019	Remisión informe CIEDES-055-2019	Sin respuesta
LM-IC-D-0458-19	24/6/2019	Aclaración diseño base estabilizada	DM-2019-2609
LM-IC-D-0518-19	23/7/2019	Observaciones: cama alcantarillas y granulometría gaviones	Se incluye respuesta a los oficios LM-PI-006-2019 y LM-IC-D-377-19
LM-IC-D-0653-19	20/8/2019	Observaciones proceso constructivo pilotes y solicitud de información	DM-2019-3817
LM-IC-D-0862-19	11/10/2019	Remisión de informes de ensayo: concreto y acero y solicitud de información	DM-2019-4253
LM-IC-D-0874-19	16/10/2019	Criterio técnico cambio de tuberías y sobre el proceso constructivo de pilotes y muros de gaviones	DM-2019-4330
LM-IC-D-0998-19	21/11/2019	Remisión de informes de ensayo: concreto	DM-2019-4814
LM-IC-D-1048-19	4/12/2019	Recomendaciones sobre la propuesta de modificación presentada por el contratista	DM-2019-5005
LM-IC-D-0081-20	28/1/2020	Diseño de pavimentos	Sin respuesta
LM-IC-D-0104-20	4/2/2020	Solicitud de información	DM-2020-0510
LM-IC-D-0150-20	17/2/2020	Remisión de informes de ensayo: subbase	No requiere respuesta
LM-IC-D-0293-20	27/3/2020	Solicitud de información	DM-2020-1505
LM-IC-D-0347-20	23/4/2020	Calidad concreto estructural	DM-2020-1785

7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El objeto del contrato es realizar la ampliación de la calzada existente y la rehabilitación del pavimento existente en la Ruta Nacional N°1, en la sección comprendida entre Limonal y Cañas. La obra se desarrolla entre el entronque de la Ruta Nacional N°1 y la Ruta Nacional N°18 y la ciudad de Cañas (ver

Figura 1). El proyecto tiene una longitud aproximada de 20,1 km e incluye las siguientes actividades:

- Reconstrucción de la calzada existente.
- Construcción de una nueva calzada de 2 carriles.
- Construcción del Intercambio de Limonal (Intersección con la Ruta Nacional N°18).
- Construcción de cinco puentes nuevos de 4 carriles cada uno sobre los ríos: Desjarretado, Lajas, Higuerón, San Miguel y Javillos y dos puentes nuevos de 3 carriles cada uno sobre el río Salitral.
- Construcción de dos pasos inferiores (San Miguel y La Gotera).
- Construcción de vías marginales.
- Construcción de 8 puentes peatonales.
- Construcción de pasos de fauna silvestre, arborícolas y terrestres.

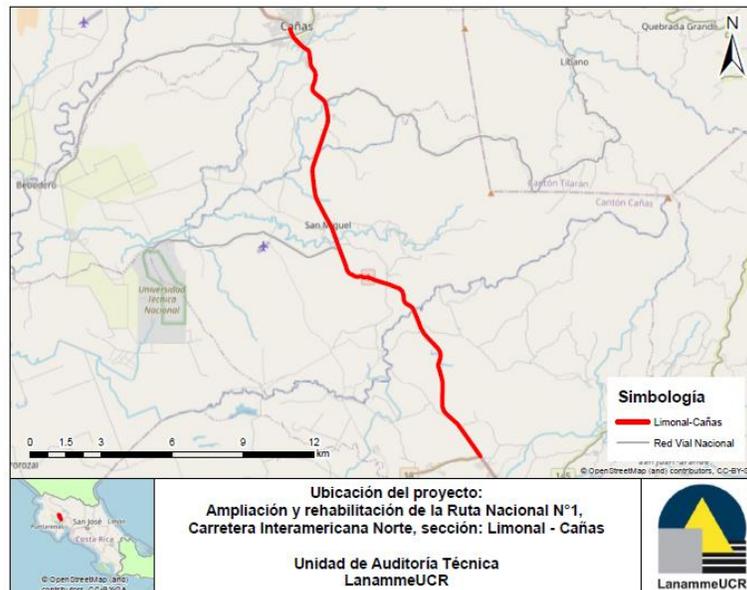


Figura 1. Ubicación del proyecto

8. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSIÓN PRELIMINAR LM-INF-IC-D-0009B-2020

Como parte de los procedimientos de auditoría técnica, mediante el oficio LM-IC-D-0652-2020 del 5 de agosto de 2020, se envió el presente informe en versión preliminar (identificado como LM-INF-IC-D-0009B-2020) 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 26 de agosto de 2020.



Adicionalmente, el día miércoles 19 de agosto de 2020, se realizó con el auditado la presentación oral de los resultados del informe preliminar por medio de una plataforma virtual con el fin de comentar aspectos relacionados con su contenido. A esta actividad asistieron los siguientes participantes:

Tomás Figueroa Malavassi	Director Unidad Asesora
Cristian Sandoval Espinoza	Ingeniero de apoyo Unidad Asesora
José Germán Juyar Mora	Coordinador General Unidad Ejecutora
José Federico Bolaños Villalobos	Gestor de proyectos Unidad Ejecutora
Susana Valverde Masís	Analista de ingeniería Unidad Ejecutora
Alexander Moya Lacayo	Director Unidad Supervisora
Edwin Corrales Calderón	Ingeniero de obra Unidad Supervisora
Luis Chavarría Bravo	Consultor de calidad Unidad Supervisora
Cesar Blanco Alvarado	Consultor de calidad Unidad Supervisora
Tatiana Muñoz Córdoba	Auditoría interna MOPT
Wendy Sequeira Rojas	Coord. Unidad de Auditoría Técnica LanammeUCR
Mauricio Picado Muñoz	Auditor técnico LanammeUCR
Luis Carlos Alfaro Monge	Auditor técnico LanammeUCR
Francisco Fonseca Chaves	Auditor técnico LanammeUCR
Sergio Guerrero Aguilera	Auditor técnico LanammeUCR
Fiorella Murillo Contreras	Auditora técnica LanammeUCR

El día miércoles 26 de agosto de 2020, se recibe vía correo electrónico el oficio DM-2020-3257 (de fecha 26 de agosto de 2020), remitido por el Ing. Tomás Figueroa Malavassi como descargo al informe en versión preliminar LM-INF-IC-D-0009B-2020. Como parte del descargo, se adjunta el oficio 1164-2020 (de fecha 26 de agosto de 2020), donde la Unidad Ejecutora del programa brinda descargo al informe.

Por tanto, en cumplimiento de los procedimientos de auditoría técnica, una vez analizado el documento en mención (ver Anexo H) y considerando la evidencia presentada, se procede a emitir el informe LM-INF-IC-D-0009-2020 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 de Auditoría Técnica en este informe de auditoría técnica, se fundamentan en evidencias representativas, veraces y objetivas, respaldadas en la experiencia técnica de los profesionales de auditoría técnica, el propio testimonio del auditado, el estudio de los resultados de las mediciones realizadas y la recolección y análisis de evidencias.

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

Por otra parte, una observación de auditoría técnica se fundamenta en normativas o especificaciones que no sean necesariamente de carácter contractual, pero que obedecen a las buenas prácticas de la ingeniería, principios generales, medidas basadas en



experiencia internacional o nacional. Además, tienen la misma relevancia técnica que un hallazgo.

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

SOBRE LOS ESTUDIOS PRELIMINARES DEL PROYECTO

Observación No. 1. Los resultados de los estudios hidrológicos e hidráulicos realizados pueden no ser representativos del proyecto debido a la información base utilizada y el alcance de las metodologías empleadas.

Sobre el estudio hidrológico desarrollado para las obras de drenaje menor

Para el dimensionamiento de las obras de drenaje menor se utilizó el modelo CulvertMaster y el método racional. Según Oreamuno (2019), en las áreas de drenaje estudiadas, las tormentas son típicamente convectivas y el tiempo de concentración parece que se ajusta bien a las características de la precipitación como para considerar que la tormenta cubre completamente el área de drenaje y que la intensidad de la precipitación se mantiene constante, al menos, durante el tiempo de concentración del área de drenaje; sin embargo, la información base utilizada y la metodología empleada para determinar el tiempo de concentración hacen que los resultados obtenidos no tengan la certeza para llevar a cabo el diseño de los drenajes transversales y longitudinales de una obra vial de tanta importancia para el país.

Para determinar la intensidad de precipitación de las zonas de estudio se utilizó el registro de precipitación de la estación meteorológica 76-56 Hacienda Mojica (en Bagaces, Guanacaste) y se justificó su selección afirmando que no se cuenta con otra estación meteorológica cercana. Sin embargo, esta apreciación no es correcta, ya que a lo largo del tramo comprendido entre Cañas y Limonal se cuenta con las estaciones meteorológicas: 76005 Cañas La Pacífica, 76020 Libano, 76038 Subestación Cañas y 76041 Ingenio Taboga y fuera del tramo en estudio se encuentra la estación meteorológica 76026 Bagaces (ver Figura 2). Por lo tanto, no se justifica el hecho de utilizar la información de la estación meteorológica 76-56 Hacienda Mojica, con solamente 12 años de registro, para llevar a cabo el cálculo de las intensidades.

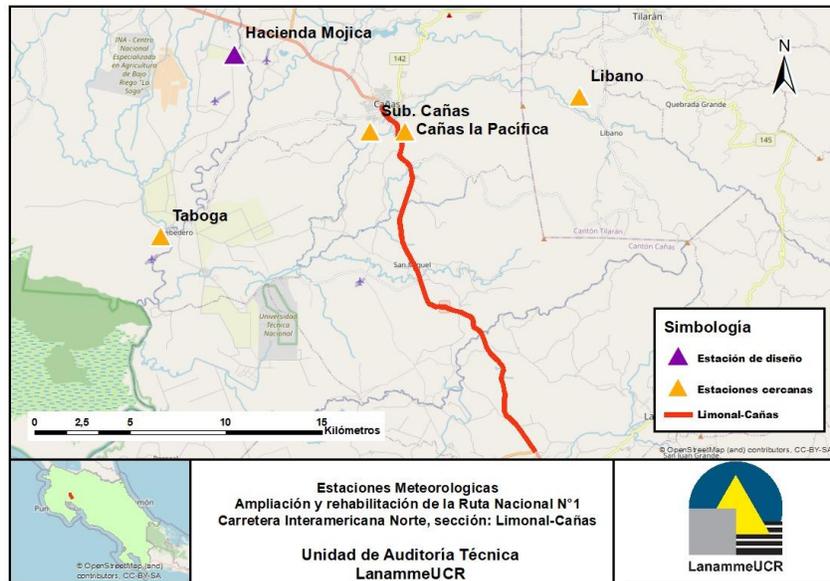


Figura 2. Ubicación de las estaciones meteorológicas disponibles en el tramo Limonal - Cañas

Por otro lado, se utilizó la ecuación de Kirpich para calcular el tiempo de concentración de las áreas de drenaje. Esta ecuación es una relación empírica y no es la más recomendable para el cálculo del tiempo de concentración, ya que fue derivada de un conjunto de datos obtenidos de pequeñas parcelas agrícolas en los Estados Unidos de América. Su validez en Costa Rica no ha sido verificada y, para el caso particular del tramo de la carretera Interamericana Norte, comprendido entre Cañas y Limonal, el uso de la tierra no corresponde con pequeñas parcelas agrícolas. Por lo tanto, los resultados obtenidos mediante esta ecuación no necesariamente son representativos de las áreas en estudio.

Además, llama la atención que se haya utilizado el mismo coeficiente de escorrentía para los 52 pasos transversales de alcantarilla, independientemente del uso de la tierra y la pendiente promedio de la cuenca en estudio.

Sobre los estudios hidrológicos desarrollados para las obras de drenaje mayor

- Informe Final Estudio Hidrológico Análisis Hidráulico de Puentes Carretera Interamericana Norte Tramo Barranca – Cañas (Murillo, 2012)

Para la estimación de los caudales máximos instantáneos se utilizaron tres metodologías: análisis regional, análisis de frecuencia y modelado hidrológico.

Para realizar la estimación de caudales máximos instantáneos mediante la metodología de análisis regional, se utilizó la fórmula empírica de Creager, la cual relaciona el caudal máximo con el área de la cuenca mediante un coeficiente C. Para determinar los valores de este coeficiente C, se utilizaron los registros de las estaciones fluviográficas: 74-1907 El Salto (sobre el río Salto), 76-2001 Corobicí (sobre el río Corobicí), 76-2002 Líbano (sobre el río Cañas), 76-2003 Rancho Rey (sobre el río Tenorio), 76-2007 Punta de Palo (sobre el río Blanco), 78-2102 Yomalé (sobre el río Lagarto) y 80-2201 Nagatac (sobre el río



Barranca). Sin embargo, los registros de caudales utilizados generan algunas dudas que se enumeran a continuación:

- No se comprende por qué no se utilizó el registro de caudales de la estación fluviográfica 78-2101 Limonal Viejo (sobre el río Abangares), la cual se encuentra al inicio del tramo en estudio (Limal – Cañas), por lo que su información puede ser más representativa de la respuesta hidrológica de las cuencas en estudio que otras de las estaciones seleccionadas.
- No se comprende por qué no se utilizó el registro de caudales de la estación fluviográfica 80-2202 Guapinol (sobre el río Barranca). Esta estación se ubica prácticamente en el mismo sitio de operación que la estación fluviográfica 80-2201 Nagatac, la cual está fuera de operación desde el 20 de agosto de 1976 debido a que fue destruida por una creciente del río Barranca.

El procedimiento seguido para determinar el caudal máximo instantáneo según la fórmula de Creager presenta el problema de utilizar la producción específica para obtener los valores del coeficiente C. La producción específica de una cuenca supone que toda el área de drenaje contribuye a la escorrentía superficial con el mismo valor de caudal. Este supuesto puede ser válido para la estimación de caudales promedio anuales, para los cuales la variabilidad en la distribución espacial y temporal de las tormentas puede agruparse para obtener un promedio representativo. Sin embargo, para valores puntuales de precipitación, el supuesto básico de la producción específica no se cumple y, por lo tanto, los valores del coeficiente C de la fórmula de Creager estimados bajo los supuestos de la producción específica son dudosos.

Otro punto importante con respecto a la utilización del modelo de Creager consiste en suponer que los valores de caudal máximo instantáneo dependen únicamente del área de drenaje de la cuenca. El patrón de la escorrentía superficial de una cuenca es función del volumen de precipitación, de la distribución espacial y temporal de la tormenta, de las características de uso de la tierra, de la textura del suelo y de las características geológicas de la cuenca. Según Oreamuno (2019), suponer que el caudal máximo instantáneo se puede estimar únicamente con base en el área de drenaje de una cuenca, ignorando los demás factores que condicionan el patrón de la escorrentía superficial, es simplificar demasiado el cálculo de los caudales máximos instantáneos de una cuenca.

En cuanto a la estimación de caudales llevada a cabo según el método del factor de traslado, la aplicación de este método empírico requiere que las cuencas que se comparen tengan características similares, tales como: ubicación, orografía, forma, altura, uso de la tierra, orientación, geología y pluviosidad. La comparación de los parámetros mencionados en la cuenca del río Tenorio (cuenca base) con los parámetros de las cuencas en las que se encuentran los puentes a intervenir no se describe en el estudio realizado, por lo cual no es posible determinar la aplicabilidad del método.

Según Oreamuno (2019), no se recomienda la aplicación del método del factor de traslado para cuencas con áreas de drenaje superiores a 200 km². El área de drenaje de la cuenca del río Tenorio, delimitada hasta la estación fluviográfica 76-2003 Rancho Rey (288,1 km²),



supera este límite recomendado, por lo que, según Oreamuno (2019), los resultados obtenidos con este modelo son poco representativos de las áreas de estudio.

En la sección 3.4.4 Selección de caudales del informe, el diseñador concluye lo siguiente:

“[...] De estos tres métodos los mayores valores los arroja el análisis regional de crecientes, el cual presenta la debilidad de haber sido desarrollado para cuencas mucho mayores que las de interés en este trabajo. Debido a ello, se considera que el análisis regional no representa adecuadamente la respuesta de las cuencas de los ríos bajo estudio y que a través de su empleo se sobrestiman los caudales esperados”.

Llama la atención que el diseñador concluye que la aplicación del análisis regional de crecientes no es aplicable para las cuencas en estudio debido a las diferencias en el tamaño con las cuencas de referencia; sin embargo, no aplica el mismo criterio para desestimar el método del factor de traslado.

Además, es importante mencionar que el método del factor de traslado se limita a la obtención de caudales promedio anuales y no se ajusta a la obtención de eventos puntuales de precipitación (caudal máximo instantáneo).

Según Oreamuno (2019), la recomendación final del estudio de utilizar los valores de caudal máximo instantáneo obtenidos por medio del método de traslado con el factor de relación de área y precipitación es cuestionable, no sólo por el uso de un modelo empírico, sino porque, además, los parámetros bajo los que se aplicó el modelo, no se ajustan a los requisitos para la aplicación del mismo. Además, indica que el método del hidrograma unitario del Servicio de Conservación de los Recursos Naturales de los Estados Unidos de América (NRCS) pudo haber brindado mejores resultados.

- Informe CR-1037 Estudios para el apoyo a la preparación del Programa Infraestructura de Transporte en Costa Rica. Proyecto C: Diseño de reconstrucción y/o ampliación de 10 puentes de la Carretera Interamericana Norte, (Roughton International)

El estudio hidrológico del río Higuerón se basó en la aplicación del modelo racional y el tránsito de crecientes por medio del método de Muskingum.

Según Oreamuno (2019), los valores de los coeficientes de escorrentía, asignados a cada una de las áreas de drenaje, son bajos. En contraparte, afirma que los valores de la intensidad de precipitación y del tiempo de concentración son altos, lo cual pone en entredicho el supuesto de que la intensidad de precipitación se sostenga, de manera constante, hasta que se alcance el tiempo de concentración.

Para realizar el tránsito de los hidrogramas de creciente, aparentemente, los hidrogramas se aproximaron por medio de hidrogramas triangulares; sin embargo, esta información no se presenta en el informe, por lo que no fue posible evaluar la representatividad de los hidrogramas triangulares como respuesta hidrológica de las áreas de drenaje en las que se subdividió la cuenca del río Higuerón.



Además, no se reportan los valores utilizados para el parámetro K del modelo de tránsito de Muskingum.

- Informe final estudio hidráulico del puente sobre el río Higueurón (Murillo, 2014)

En este informe, para obtener el caudal de diseño para el puente sobre el río Higueurón, se utilizó el método del factor de traslado basado en la relación de área y precipitación, siguiendo la misma metodología expuesta en el Informe Final Estudio Hidrológico Análisis Hidráulico de Puentes Carretera Interamericana Norte Tramo Barranca – Cañas (Murillo, 2012).

Aunado a las deficiencias antes expuestas para esta metodología, llama la atención la diferencia existente entre el caudal de diseño obtenido por Murillo para el río Higueurón ($176,9 \text{ m}^3/\text{s}$) y el caudal de diseño obtenido por Roughton International para el mismo río ($285,5 \text{ m}^3/\text{s}$). Esta diferencia es importante para la estimación de niveles, velocidades y profundidades de socavación. El diseñador toma el valor estimado por Murillo como el más representativo de la respuesta hidrológica de la cuenca, sin brindar el respaldo técnico que sustente esta decisión.

Sobre los análisis hidráulicos desarrollados para las obras de drenaje mayor del proyecto

Los análisis hidráulicos de los puentes sobre los ríos Desjarretado, Lajas y San Miguel fueron elaborados por el Ing. Alberto Serrano Pacheco, mientras que los análisis hidráulicos de los puentes sobre los ríos Higueurón, Salitral y Jabillos fueron elaborados por el Ing. Rafael Murillo Muñoz.

Ambos Ingenieros utilizaron metodologías y modelos diferentes para hacer el análisis hidráulico de los puentes. Ninguno de los profesionales justifica el uso de la metodología empleada ni se explica tampoco por qué se utilizaron enfoques diferentes para hacer los análisis hidráulicos para el diseño de los puentes. El Ing. Rafael Murillo utilizó un modelo de flujo no uniforme y permanente en una dimensión espacial, mientras que el Ing. Alberto Serrano utilizó un modelo de flujo no uniforme y no permanente en dos dimensiones espaciales. El modelo empleado por Serrano permite obtener una mejor descripción de las condiciones de flujo, sobre todo cuando se presentan curvas pronunciadas, como en el caso del puente sobre el río Desjarretado; sin embargo, al utilizar únicamente el valor de caudal máximo, se omite la parte temporal del modelo utilizado, desperdiciando los beneficios de utilizar un modelo de flujo no permanente. De ahí la importancia de obtener el hidrograma completo de crecientes y no sólo el caudal máximo instantáneo.

Según Oreamuno (2019), los resultados obtenidos de los análisis hidráulicos no ofrecen un nivel de confianza aceptable, debido a la falta de un estudio hidrológico que caracterizara, con la mayor certeza posible, la respuesta hidrológica de las cuencas de los ríos analizados.

Sobre los análisis de socavación desarrollados para las obras de drenaje mayor del proyecto

Para la estimación de los niveles de socavación, los ingenieros Murillo y Serrano utilizan caudales de diseño con diferentes periodos de diseño. Murillo utiliza el caudal con 200 años



de periodo de retorno, mientras que Serrano utiliza el caudal con 100 años de periodo de retorno. Las diferencias en el periodo de retorno del caudal utilizado generan diferencias en la profundidad de socavación estimada.

Los resultados de esta revisión se muestran en el informe CIEDES-055-2019, el cual fue remitido a la Administración mediante la nota informe LM-IC-D-377-19 (recibido el 27/05/2019). También se realizó una presentación con los resultados de este informe el día 11/06/2019, donde participó personal del CIEDES-UCR, LanammeUCR, Unidad Asesora del PIT, Supervisión del proyecto y de la empresa encargada de los diseños. La Administración remitió a esta unidad de auditoría técnica un oficio del Ing. Rafael Murillo Muñoz (de fecha 12/07/2019) y un oficio del Ing. Alberto Serrano P. (de fecha 15/06/2019), donde brindan descargo a las observaciones realizadas en el informe CIEDES-055-2019. El análisis del descargo realizado al informe CIEDES-055-2019 se muestra en el Anexo A.

Observación No. 2. Se evidenció la utilización de un tránsito de diseño desactualizado según el periodo de puesta en funcionamiento del proyecto.

En el diseño de la estructura de pavimento mostrado en el documento: “Diseño estructural del pavimento método AASHTO 1993 Proyecto: Mejoramiento de la Ruta Nacional No.1 (Carretera Interamericana Norte), sección: Limonal – Cañas” (CACISA, 2014), se consideró el año 2016 como el año de puesta en servicio del proyecto; sin embargo, las eventualidades y los atrasos en el cronograma del proyecto ocasionaron que el año de puesta en servicio se trasladara hasta el año 2021, según el programa de trabajo aprobado a la fecha. No obstante, no se realizó la actualización del tránsito de diseño, proyectando el tránsito a la fecha real de puesta en servicio.

El Equipo Auditor replicó la estimación del tránsito de diseño, pero tomando el año 2021 como el año de puesta en servicio. Para realizar esta estimación, se tomaron los mismos parámetros utilizados por el diseñador en su diseño de pavimentos. Los resultados de esta estimación se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Estimación del tránsito de diseño tomando el año 2021 como año de posible de puesta en servicio

Año	Livianos	Carga Liviana	Buses	Pesados 2 ejes	Pesados 3 ejes	Pesados 5 ejes	Total
% vehículos	48,07%	23,41%	3,59%	9,48%	2,26%	13,19%	100,00%
TPD inicial	4740	2309	354	935	223	1301	9861,31
Factor camión	0,0005	0,01	3,050	0,63	1,71	3,17	-
ESAL Diario	2,4	23,1	1079,8	589,0	381,1	4123,2	6198,5
% ESAL	0,04%	0,37%	17,42%	9,50%	6,15%	66,52%	123,43%
ESAL Anual	346	3,370	157,646	85,988	55,641	601,993	904,984
ESAL Diseño	10.631	103.548	4.843.234	2.641.740	1.709.408	18.494.614	27.803.176

El tránsito de diseño estimado por el diseñador fue de 22.525.419. Al comparar el tránsito de diseño obtenido por el diseñador con el obtenido por el Equipo Auditor (27.803.176), se puede observar que, al considerar el año 2021 como el año de puesta en servicio, el tránsito de diseño se incrementa en un 23,4% con respecto al tránsito obtenido al considerar el año 2016 como el año de puesta en servicio. Este incremento en el tránsito de diseño puede



generar una afección en la vida útil de la estructura de pavimento, ya que los 5,28 millones de ejes equivalentes adicionales que circularían por el proyecto durante su vida útil no fueron contemplados en el dimensionamiento de la estructura de pavimentos del proyecto.

Los resultados de esta revisión se muestran en la nota-informe LM-IC-D-0081-20 (de fecha 28/01/2020). A la fecha de emisión de este informe no se ha recibido respuesta por parte de la Administración.

Según lo indicado en el oficio 1164-2020 (de fecha 26/08/2020), la Unidad Ejecutora del Programa pretende realizar una revisión de la estructura de pavimento tomando en consideración la actualización de los ejes equivalentes de carga basándose en los registros de la estación de pesaje Cañas.

Observación No. 3. Las soluciones geotécnicas propuestas y los estudios geotécnicos desarrollados para el proyecto se consideran adecuados según las características evaluadas y el alcance del proyecto.

Con el apoyo del Programa de Ingeniería Geotécnica del LanammeUCR, se procedió a revisar la calidad de los estudios geotécnicos desarrollados para el proyecto. La revisión se dividió en dos partes:

La primera revisión se centró en el Capítulo 3 Estudios Geotécnicos y sus respectivos anexos presentados en el informe: “Informe Final, Ruta Nacional N°1, Carretera Interamericana, Sección: Limonal - Cañas” (Consortio Supervisor de Infraestructura, 2015) y consistió en verificar si el estudio de suelos realizado para determinar la estabilidad de los taludes de corte y de relleno en el tramo del proyecto cuenta con información suficiente y clara para determinar los resultados obtenidos y si tiene fundamento técnico que lo respalde. Adicionalmente, se revisó si los análisis de capacidad de soporte y las recomendaciones para las cimentaciones de los puentes sobre los ríos Desjarretado, Lajas, Higuerón, San Miguel, Salitral y Javillo son adecuadas, tomando en cuenta las características de los sitios y los fenómenos que puedan afectar a las cimentaciones de estas obras.

Los resultados de esta primera revisión se muestran en el informe LM-IG-06-18, el cual fue remitido a la Administración mediante el oficio LM-PI-006-2019 (recibido el 05/02/2019). La Administración brindó descargo a las observaciones emitidas mediante el oficio “Respuesta a oficio Lanamme LM-PI-006-2019 de 04/02/2019” (recibido el 08/08/2019), remitido por el Ing. José Antonio Rogel, en el cual adjunta el oficio CACISA-2019-0357 (de fecha 8/05/2019), donde el diseñador hace descargo al oficio LM-PI-006-2019.

En el informe LM-IG-06-18, Monge concluye que las soluciones geotécnicas propuestas en el informe: “Informe Final, Ruta Nacional N°1, carretera Interamericana, Sección: Limonal - Cañas” (Consortio Supervisor de Infraestructura, 2015) se consideran adecuadas según las características evaluadas; sin embargo, se considera que se debe ser más específico en cuanto a la determinación de las propiedades que se utilizan para determinar la estabilidad de los taludes. Esto con el fin de determinar, con la información presentada, si el modelo establecido de cada sitio es el que representa de mejor manera la realidad o si hay que tomar consideraciones especiales para completar el análisis de los taludes.

En la segunda parte de la revisión, se analizaron los documentos “Informe GEOP-ESP-24008-2019 v.04 Revisión de capacidad de soporte por punta y estimación de cota de cimentación para pilotes en puentes vehiculares Proyecto Ampliación de Carretera Interamericana Norte” (GEOPASA, 2019) y “Modificación de sub-estructuras Puentes Limonal – Tempisque”, donde se propone una alternativa para la cimentación de los puentes del proyecto. El objetivo de esta revisión fue analizar si la propuesta alternativa de cimentación cuenta con la información geotécnica suficiente para obtener los resultados de capacidad de soporte, tomando en cuenta las características de los sitios y los fenómenos que puedan afectar a las cimentaciones de los puentes. Los resultados de esta revisión se muestran en el informe LM-IG-07-19 (ver Anexo B).

En el informe LM-IG-07-19, Monge concluye que los parámetros y las metodologías utilizadas para generar la alternativa de cimentación de los puentes se consideran adecuados, ya que se utilizan los mismos parámetros determinados en el estudio de suelos y la base técnica para desarrollar los cálculos de las capacidades soportantes se encuentran acorde con las metodologías conocidas para pilotes.

Con base en las conclusiones obtenidas por el Programa de Ingeniería Geotécnica del LanammeUCR y el criterio del Equipo Auditor, se consideran adecuadas las soluciones geotécnicas propuestas y los estudios geotécnicos desarrollados para el proyecto.

SOBRE LAS PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS DEL PROYECTO

Hallazgo No. 1. En el proyecto existen desniveles de gran altura en los costados de la vía y no se han tomado las medidas de seguridad necesarias para prevenir un accidente de tránsito o reducir la gravedad de éste.

A lo largo del proyecto, se han identificado desniveles en las márgenes de la carretera con alturas importantes sin un debido sistema de contención vehicular que brinde seguridad al usuario y disminuya la gravedad de un eventual accidente por salida de la vía durante la etapa constructiva del proyecto (ver Figura 3, Figura 4 y Figura 5). En algunos de estos tramos con desniveles importantes se han dispuesto barreras de plástico para prevenir posibles accidentes; sin embargo, éstas no se encuentran entrelazadas entre sí ni ancladas al piso, por lo que no constituyen un sistema de contención óptimo para los vehículos que circulan por el proyecto y no previenen que un vehículo se salga de la vía.



Figura 3. Desnivel importante a un costado de la vía sin un sistema de contención vehicular. Estación 162+500. Fecha de la fotografía: 16/05/2019



Figura 4. Desnivel importante a un costado de la vía sin un sistema de contención vehicular óptimo. Estación 146+969. Fecha de la fotografía: 28/06/2019



Figura 5. Desnivel importante a un costado de la vía sin un sistema de contención vehicular óptimo. Estación 147+100. Fecha de la fotografía: 18/07/2019

En la Sección 2.3 del Manual Técnico de Dispositivos de Seguridad y Control Temporal de Tránsito para la ejecución de Trabajos en las Vías, se menciona lo siguiente sobre las barreras de contención vehicular:

“Se utilizan en las zonas de trabajo con el propósito de contener a un vehículo que pierda el control se salga de su vía de circulación, y evitar (sic). Las barreras de contención siempre deben trabajar como un sistema, y, por lo tanto, su instalación en las zonas de trabajo debe hacerse según las recomendaciones del fabricante y de acuerdo con el diseño de instalación. No debe utilizarse elementos aislados de una barrera de contención, ni instalar sistemas de forma inapropiada, ya que se puede generar una falsa sensación de seguridad tanto en los conductores como en los trabajadores o terceros.” (Lo subrayado no es del texto original)

Por lo tanto, las barreras utilizadas en el proyecto no satisfacen los requerimientos establecidos en el Manual Técnico de Dispositivos de Seguridad y Control Temporal de Tránsito para la ejecución de Trabajos en las Vías para barreras de contención y brindan una falsa sensación de seguridad, pues al ser colocadas como elementos aislados no trabajan como un sistema y no brindan la contención requerida ante un eventual accidente de tránsito.



Cabe mencionar que, según el Decreto N°38799-MOPT (de fecha 24/06/2015) y el Cartel de Licitación del proyecto, el Manual Técnico de Dispositivos de Seguridad y Control Temporal de Tránsito para la ejecución de Trabajos en las Vías, es de acatamiento obligatorio.

Aunado a lo anterior, se ha observado que la velocidad de operación en el proyecto es superior a la velocidad máxima establecida para la etapa constructiva del proyecto, condición que aumenta el riesgo de que un vehículo se salga de la vía en los desniveles presentes en el proyecto. Es por ello que el LanammeUCR realizó una medición de las velocidades de operación en el proyecto. El muestreo de velocidades se realizó el día 19 de noviembre de 2019, en la estación 146+500, entre las 09:30 a.m. y 10:00 a.m. y en ambos sentidos del flujo vehicular. En el Cuadro 3, se muestra el resumen de las mediciones realizadas en cada sentido de circulación.

Cuadro 3. Resultados de la medición de las velocidades de operación realizada por el LanammeUCR

Sentido	Limal - Cañas	Cañas - Limal
Velocidad mínima (km/h)	47	53
Velocidad máxima (km/h)	106	95
Velocidad promedio (km/h)	71	72
Velocidad percentil 85 (km/h)	82	85
Cantidad de datos	31	29

Nota: Cabe destacar que, para definir la velocidad de operación en el sitio, deberán realizarse aforos de velocidad con un tamaño de muestra estadísticamente significativo, considerado los periodos pico y valle e identificar perfiles de velocidades de días completos entre semana y fin de semana.

La velocidad máxima establecida en el proyecto, durante la etapa constructiva, es de 30 km/h, en ambos sentidos del flujo vehicular. El valor mínimo de velocidad registrado durante el lapso de medición, bajo condición de flujo libre, fue de 47 km/h en sentido Limal - Cañas y de 53 km/h en el sentido contrario, superando la velocidad máxima establecida. El percentil 85 de las velocidades muestreadas es de 82 km/h para el sentido Limal - Cañas y de 85 km/h para el sentido Cañas-Limal. Llama la atención que el percentil 85 se encuentra por encima del doble de la velocidad máxima establecida para la etapa constructiva del proyecto.

En el Plan General de Control y Manejo de Tránsito – Proyecto Ampliación y Rehabilitación de la Ruta Nacional N°1. Carretera Interamericana Norte. Sección Limal- Cañas IV. Revisión. (AZVI, 2019), se muestran los resultados de un muestreo de velocidades realizado por el contratista en el mes de junio de 2019 mediante un radar automático (157 mediciones), donde el percentil 85 de las velocidades es de 81,6 km/h, siendo éste un resultado similar al obtenido en el muestreo realizado por el LanammeUCR.

Aunado a una velocidad de operación superior a la máxima permitida, se ha observado que algunos usuarios ejecutan maniobras de adelantamiento dentro de la zona del proyecto, incluso en zonas donde no hay aceras ni canalización peatonal (ver Figura 6).



Figura 6. Adelantamiento en una zona no permitida y demarcada a 30km/h.
Fecha de la fotografía: 19/11/2019

Cabe mencionar que no hay ningún elemento que obligue al usuario a bajar la velocidad hasta el límite establecido.

A partir de la gira realizada el día 22 de enero de 2020, se observó que se demarcó doble línea amarilla de manera continua a lo largo de todo el proyecto. Además, se instalaron señales de “No Adelantar” (ver Figura 7). No obstante, el proyecto operó bajo estas condiciones durante aproximadamente 15 meses.



Figura 7. Mejoras en la señalización y demarcación temporal del proyecto
Fecha de la fotografía: 22/01/2020

Según lo indicado en el oficio 1164-2020 (de fecha 26/08/2020), la Unidad Supervisora ha solicitado al Contratista realizar trabajos de mantenimiento tanto a la señalización como a la vía para reducir el riesgo de accidentes y realizar un análisis de los factores de riesgo de la vía.

Es criterio del Equipo Auditor que la combinación de desniveles importantes sin un sistema de contención óptimo y altas velocidades de operación pueden comprometer la seguridad de los usuarios de la vía durante la ejecución del proyecto.

Hallazgo No. 2. Algunos muros de gaviones construidos en el proyecto no satisfacen lo establecido en las secciones 253.06 y 705.01 del CR-2010.

En el muro de gaviones construido entre los estacionamientos 150+690 y 150+830, se utilizó una granulometría que incumple lo establecido en la sección 705.01 del CR-2010, donde se establece que para canastas con una altura superior a los 0,3 m; la roca a emplear debe tener una dimensión mínima de 100 mm y una dimensión máxima de 200 mm; sin embargo, como se observa en la Figura 8, muchas de las rocas empleadas tienen un tamaño inferior a los 100 mm establecidos, lo que podría ocasionar la pérdida de masa del gavión, ya que el agregado se podría desprender fácilmente de la canasta del mismo. Por el contrario, también se observaron rocas de hasta 400 mm, las cuales dificultan el correcto acomodo de las mismas dentro de las canastas, lo que puede afectar el acabado final del muro y el peso unitario de la canasta llena.



Figura 8. Rocas empleadas en la construcción del muro de gaviones entre los estacionamientos 150+690 y 150+830. Fecha de la fotografía: 28/06/2019.

Esta situación fue comunicada a la Administración mediante la nota-informe LM-IC-D-0518-19 (de fecha 23/07/2019). En el oficio 19-03-12 CR1-DI-033-19 (de fecha 30/07/2019), como respuesta al oficio LM-IC-D-0518-19, se indica:

“Es oportuno hacer notar que la observación hecha por los funcionarios del LANAMME, es sobre una condición observada en la cara horizontal del gavión, sobre el cual se asentará el gavión de la siguiente fila, este material más fino se coloca habitualmente cuando ya el gavión ha sido relleno y se le ha colocado la tapa, por lo que formalmente no debiera contabilizarse como parte de la masa confinada del mismo. Esto se hace para tener una superficie en mejores condiciones para acomodar el gavión superior”.

Cabe aclarar que la condición que se había señalado en el oficio LM-IC-D-0518-19 no es exclusiva de la cara horizontal del gavión, pues también ocurre en las caras laterales del muro (ver Figura 9 y Figura 10), por lo que existe un riesgo potencial de pérdida de masa del muro de gaviones. Además, el muro está instalado en la margen del río Desjarretado, por lo que la acción erosiva del río incrementa el riesgo de pérdida de las rocas del muro.



Figura 9. Roca del muro de gaviones instalado entre los estacionamientos 150+690 y 150+830 fácilmente extraíble. Fecha de la fotografía: 21/08/2019



Figura 10. Vista frontal de las rocas del muro de gaviones instalado entre los estacionamientos 150+690 y 150+830 con tamaño menor a 100 mm. Fecha de la fotografía: 21/08/2019

También se observó que el acabado final del muro instalado entre los estacionamientos 150+690 y 150+830, no está acorde a la importancia de la obra, pues la verticalidad final alcanzada no es la óptima y algunas de las canastas del muro de gaviones están deformadas (ver Figura 11 y Figura 12). Lo anterior no satisface lo establecido en la sección 253.06 del CR-2010:

“El Contratista eliminará todas las torceduras y dobladuras que haya en la malla de alambre y alineará correctamente todas las celdas. La piedra será colocada cuidadosamente en las celdas para prevenir el pandeo de las mismas y minimizar la formación de agujeros en el relleno de piedra. Durante tal operación, se deberán mantener alineadas las celdas”. (Lo resaltado no es del texto original)



Figura 11. Acabado final del muro de gaviones instalado entre los estacionamientos 150+690 y 150+830. Fecha de la fotografía: 21/08/2019



Figura 12. Canastas deformadas del muro de gaviones instalado entre los estacionamientos 150+690 y 150+830. Fecha de la fotografía: 21/08/2019

Por otro lado, se observaron rocas de diferentes fuentes en la construcción del muro entre los estacionamientos 150+690 y 150+830. Una de las fuentes es de rocas redondeadas y grisáceas (ver Figura 13), mientras que la otra fuente es de rocas planas, alargadas y con una tonalidad marrón (ver Figura 14). Las rocas planas y alargadas tienden a ser rocas quebradizas, por lo que no es recomendable su uso para la construcción de muros de gaviones.



Figura 13. Roca redondeada y grisácea utilizada en la construcción del muro entre los estacionamientos 150+690 y 150+830. Fecha de la fotografía: 09/10/2019



Figura 14. Roca plana y alargada utilizada en la construcción del muro entre los estacionamientos 150+690 y 150+830. Fecha de la fotografía: 09/10/2019

Estas observaciones adicionales sobre la construcción de los muros de gaviones del proyecto se comunicaron a la Administración mediante la nota-informe LM-IC-D-0874-19 (de fecha 16/10/2019). Ante las observaciones del Equipo Auditor, se emitió la no conformidad 24 (de fecha 27/10/2019), la cual se encuentra abierta hasta la fecha.

No obstante, en la gira realizada el día 22 de enero de 2020, se observó que, para el muro de gaviones del km 147+450, también se estaba utilizando una granulometría diferente a la establecida en la Sección 705.01 del CR-2010 (ver Figura 15).



Figura 15. Rocas empleadas en la construcción del muro de gaviones instalado en el estacionamiento 147+450 con tamaño mayor a 200 mm. Fecha de la fotografía: 22/01/2020

Es criterio del Equipo Auditor que el poco control de la granulometría y el acabado de las canastas de los muros de gaviones afecta la vida útil de estas estructuras.

Cabe mencionar que el acabado y verticalidad de los muros de gaviones construidos mejoró posterior a las observaciones realizadas por el Equipo Auditor.

SOBRE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES EMPLEADOS EN EL PROYECTO

Hallazgo No. 3. Se evidenciaron incumplimientos en los parámetros de resistencia a la compresión simple y asentamiento en el concreto estructural clase A (225 kg/cm²) utilizado en el proyecto.

En la Figura 16, se muestran los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para la resistencia a la compresión simple a los 28 días. Los resultados mostrados en la Figura 16 son el promedio de los resultados obtenidos a 28 días.

Como se observa en la Figura 16, cinco de los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación no satisfacen la resistencia mínima requerida a la compresión simple a 28 días para concreto estructural clase A. Al respecto, la Supervisión del proyecto emitió la no conformidad N°34 (emitida el 20/11/2019) debido a incumplimientos en la resistencia esperada en estos cinco elementos. Al momento de emitir este informe, la no conformidad N°34 se encuentra abierta.

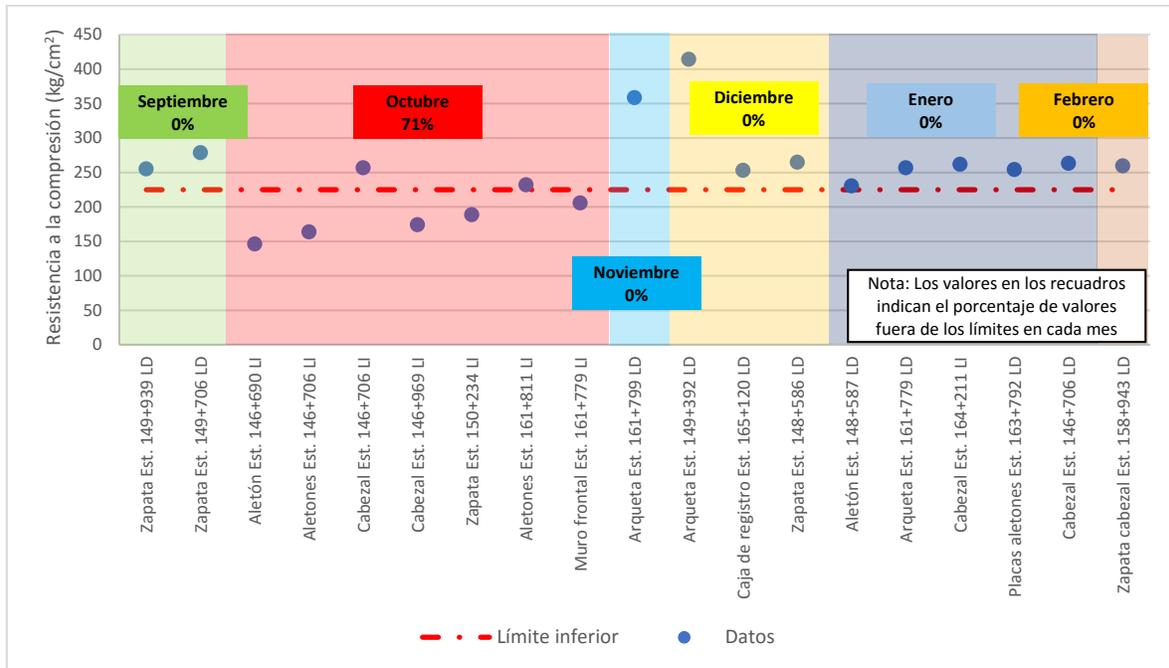


Figura 16. Resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para la resistencia a la compresión simple a los 28 días de las muestras de concreto estructural clase A
Fuente: LGC, 2019-2020

Según lo indicado en el oficio 1164-2020 (de fecha 26/08/2020), se le instruyó al Contratista realizar la demolición y reconstrucción de las siguientes estructuras:

- 146+706 LI correspondiente a la estructura aletón 1 y aletón 2.
- 146+969 LI correspondiente a todo el cabezal de tipo CA-2B.
- 161+779 LI correspondiente a todo el cabezal de tipo CA-2B.

Es importante destacar que no se hace referencia a la estructura zapata para cabezal de alcantarilla Est. 150+234 LI, donde la resistencia a la compresión simple del concreto colocado tampoco alcanzó la resistencia mínima requerida.

En cuanto a la temperatura del concreto fresco, ninguno de los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación se encuentra por encima de los límites establecidos en los documentos contractuales (ver Figura 17). Cabe mencionar que el límite superior para la temperatura del concreto fresco para estructuras menores se modificó según las recomendaciones establecidas en el oficio N°215-2019 (de fecha 17/06/2019), donde se propone seguir lo establecido en el ACI 301-16 para concreto en clima cálido, quien propone una temperatura máxima del concreto fresco de 35 °C.

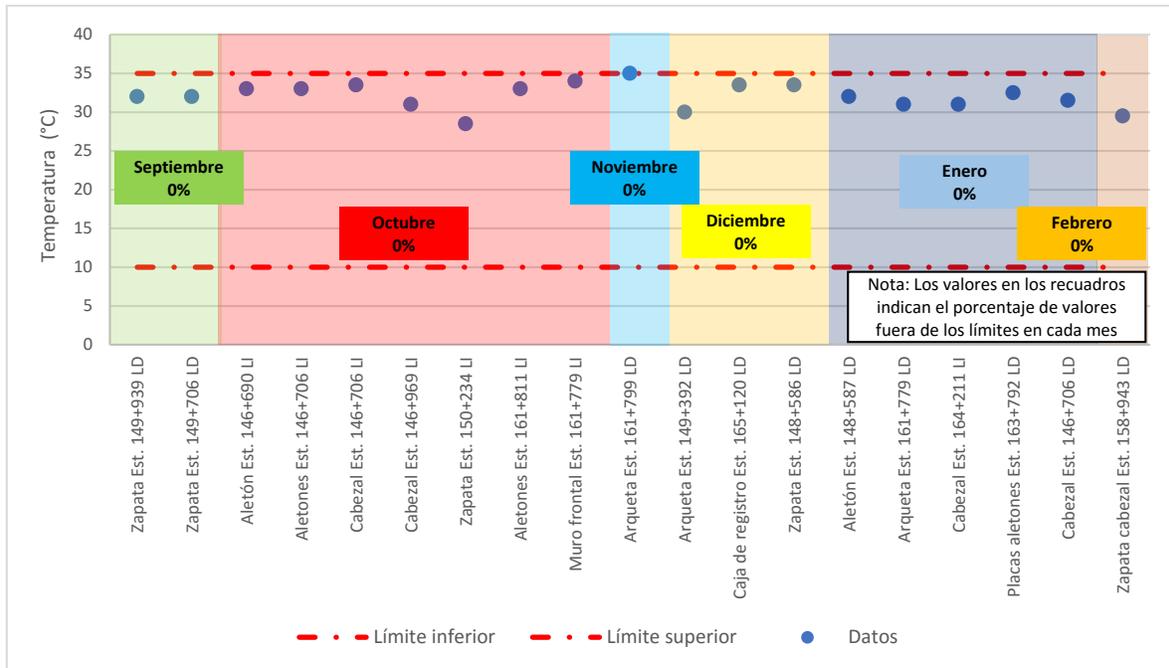


Figura 17. Resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para la temperatura de colocación de las muestras de concreto estructural clase A
Fuente: LGC, 2019-2020

Los límites para el asentamiento del concreto fresco (150 ± 25 mm) se tomaron del diseño de mezcla LC-25-19 para concreto estructural clase A (225 kg/cm^2) elaborado por la empresa INSUMA.

Como se puede observar en la Figura 18, el Contratista no ha realizado un adecuado control de este parámetro, por lo que se observa una gran dispersión en éste, encontrándose valores desde los 100 mm hasta los 225 mm.

Un asentamiento muy bajo dificulta la trabajabilidad del concreto y puede generar acabados deficientes, facilitando la aparición de nidos de piedra. En contraparte, un asentamiento muy alto genera un concreto susceptible a la segregación, perjudicando de igual manera la calidad final del concreto.

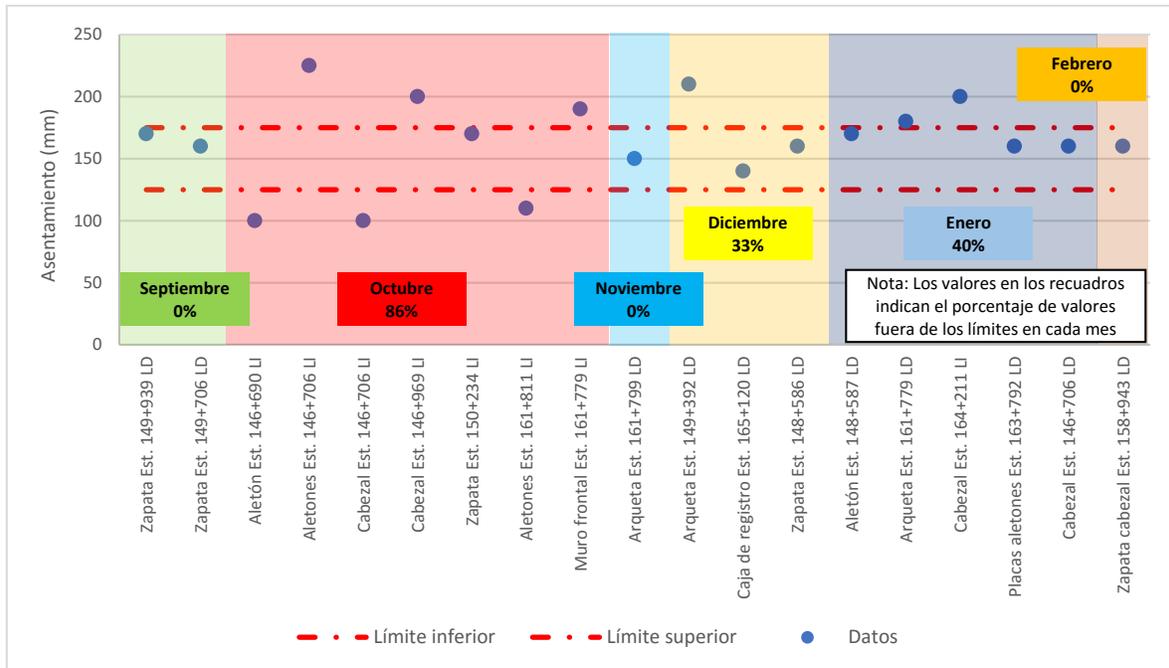


Figura 18. Resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para el asentamiento de las muestras de concreto estructural clase A
Fuente: LCG, 2019-2020

Al respecto, la Supervisión del proyecto indica, en el oficio CR1-DI-527-2020 (de fecha 07/05/2020), que la colocación de concreto fuera de los límites recomendados para el asentamiento se ha realizado a cuenta y riesgo del Contratista y que se han emitido las no conformidades N°43 (de fecha 20/01/2020) y N°55 (de fecha 18/03/2020), que pueden estar relacionadas a asentamientos inadecuados a la hora de colocar el concreto. Al momento de emitir este informe, la no conformidad N°43 se encuentra cerrada, mientras que la no conformidad N°55 se encuentra abierta.

Por su parte, el LanammeUCR realizó un muestreo del concreto estructural clase A utilizado en el proyecto. Los resultados del muestreo realizado por el LanammeUCR se muestran en el Cuadro 4. Los valores resaltados en rojo indican que el parámetro se encuentra fuera de los límites establecidos.

Cuadro 4. Resultados del muestreo realizado por el LanammeUCR del concreto estructural clase A

Elemento: Aletones de alcantarilla 150+234 LI	
Fecha del muestreo: 15/10/2019	
Temperatura (°C)	32,3
Asentamiento (mm)	110
Contenido de aire (%)	1,5
Resistencia a la compresión simple a los 28 días (kg/cm ²)	186

Fuente: LanammeUCR Informe I-1897-19

Como se puede observar en el Cuadro 4, el muestreo realizado por el LanammeUCR muestra resultados similares a los obtenidos por el laboratorio de verificación, donde la temperatura del concreto fresco se mantiene cercana al límite máximo permitido, el asentamiento del concreto previo a su colocación se encuentra por fuera de los límites

establecidos en el diseño de mezcla y la resistencia a la compresión simple a 28 días es menor a la mínima requerida para un concreto estructural clase A.

Hallazgo No. 4. Los parámetros evaluados en el concreto estructural clase B (280 kg/cm²) para bastiones utilizado en el proyecto se encuentran dentro de los límites establecidos en los documentos contractuales del proyecto.

Dentro de esta categoría se evaluó el concreto utilizado para la construcción de los elementos que componen los bastiones de los puentes (viga cabezal, aletones y muros de los bastiones). El concreto utilizado para la construcción de los pilotes se omite de esta categoría debido a que, por su proceso constructivo, requieren de un diseño de mezcla especial para lograr un concreto más fluido.

La resistencia de los elementos construidos con concreto estructural clase B para bastiones se encuentra por encima de la resistencia mínima requerida a la compresión simple a 28 días (ver Figura 19).

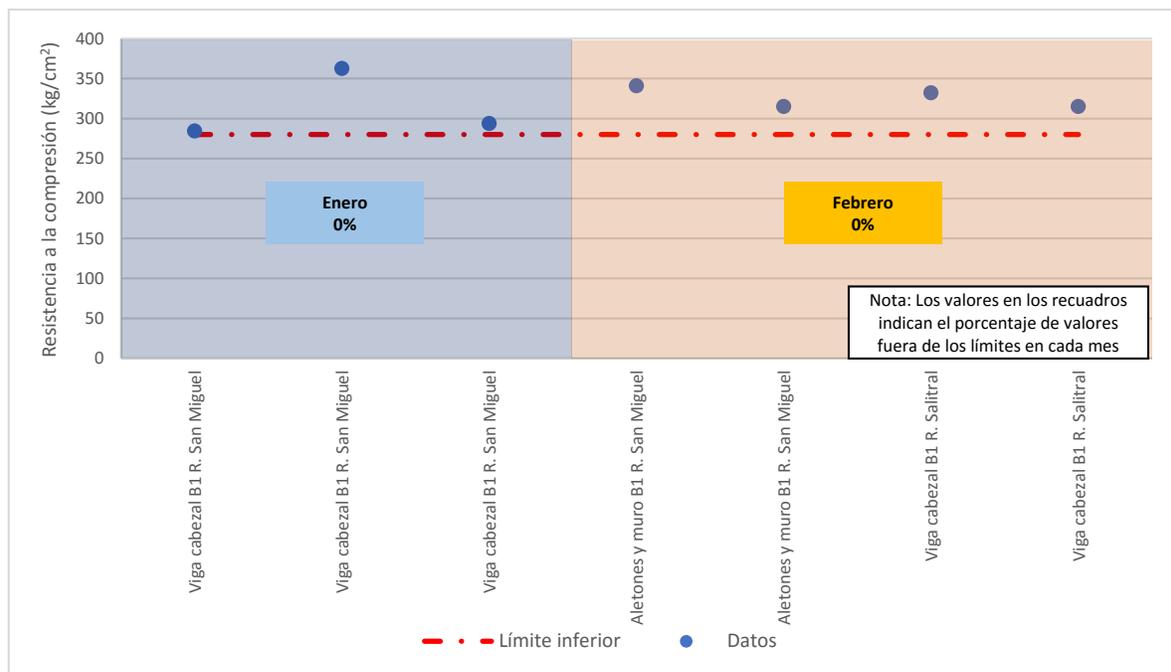


Figura 19. Resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para la resistencia a la compresión simple a los 28 días de las muestras de concreto estructural clase B para bastiones
Fuente: LCG, 2020

En cuanto a la temperatura de colocación del concreto, se observa que las muestras analizadas tienden a mantenerse dentro de los límites establecidos en los documentos contractuales (ver Figura 20).

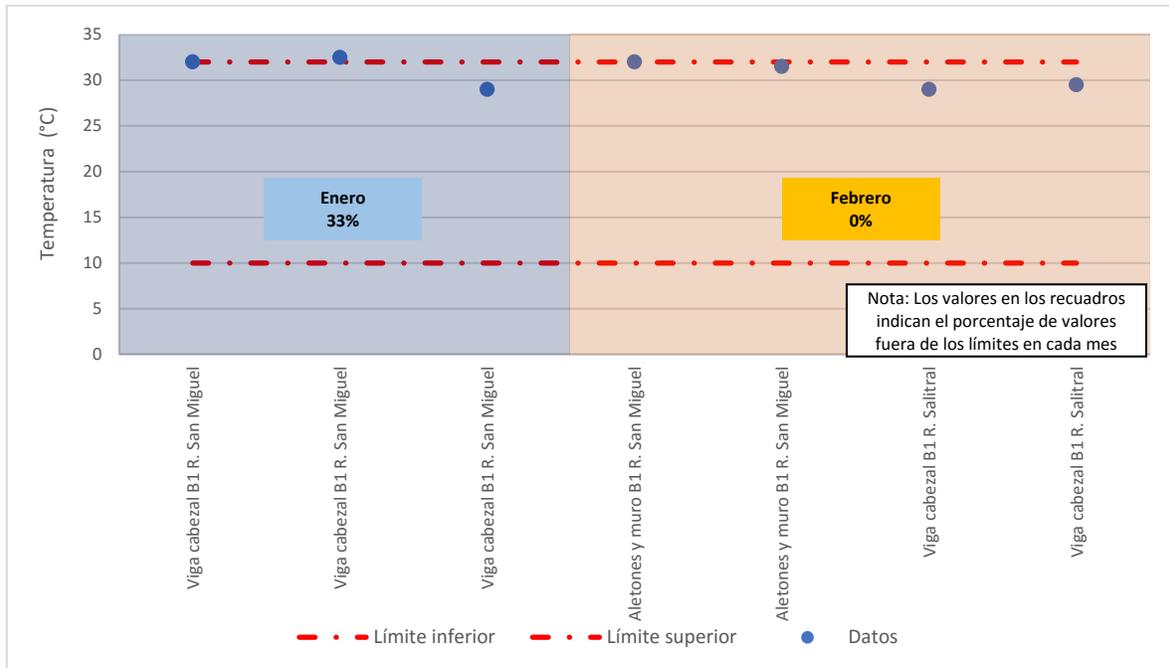


Figura 20. Resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para la temperatura de colocación de las muestras de concreto estructural clase B para bastiones
Fuente: LCG, 2020

Los límites para el asentamiento del concreto fresco (150 ± 25 mm) se tomaron del diseño de mezcla LC-26-19 para concreto estructural clase B (280 kg/cm^2) elaborado por la empresa INSUMA.

Como se observa en la Figura 21, tres de las siete muestras analizadas se encuentran ligeramente por encima del límite superior establecido en el diseño de mezcla.

Según lo indicado en el oficio 1164-2020 (de fecha 26/08/2020), la colocación de concreto que presente características fuera de los parámetros se ha realizado a cuenta y riesgo del Contratista.

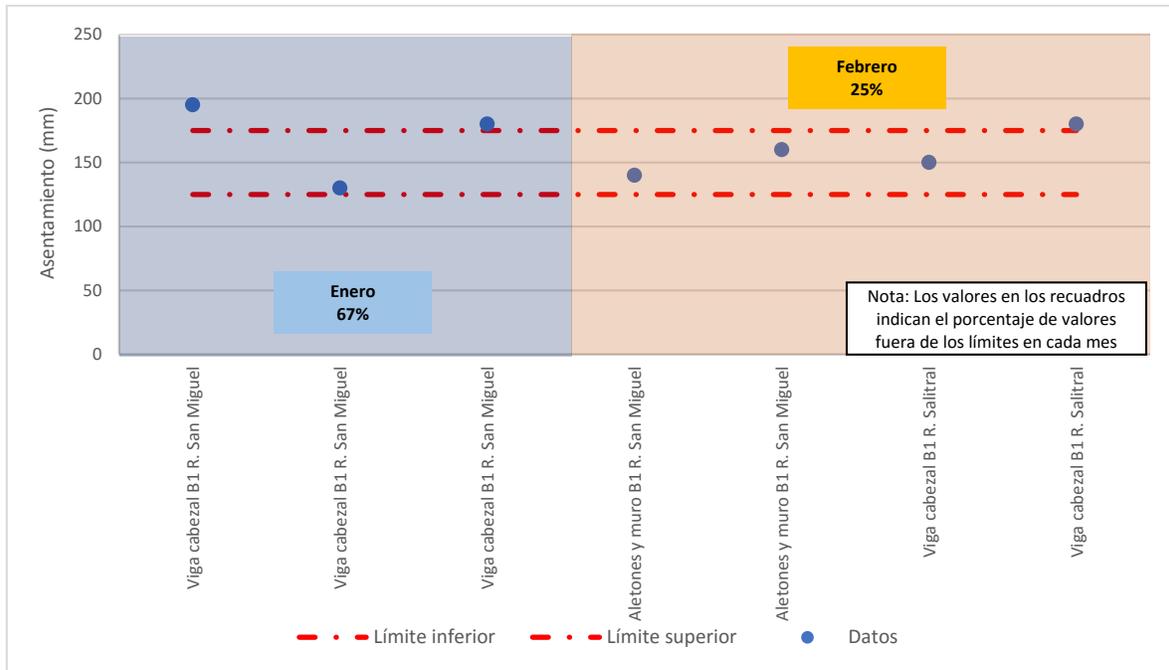


Figura 21. Resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para el asentamiento de las muestras de concreto estructural clase B para bastiones
Fuente: LCG, 2020

El LanammeUCR realizó 2 muestreos del concreto estructural clase B utilizado para la construcción de los elementos de los bastiones de los puentes. Los resultados de estos muestreos se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Resultados de los muestreos realizados por el LanammeUCR del concreto estructural clase B para bastiones

Informe	Ubicación	Fecha de muestreo	Temperatura (°C)	Asentamiento (mm)	Contenido de aire (%)	Resistencia a la compresión a los 28 días (kg/cm ²)
Límite Inferior			10	125	-	280
Límite Superior			32	175		-
I-0237-20	Pantalla y aletón B1 R. San Miguel	13/2/2020	31,4	130	1,4	321
I-0284-20	Pantalla y aletón B1 R. Desjarretado	17/3/2020	29,3	175	2,9	313

Como se observa en el Cuadro 5, todos los parámetros evaluados por el LanammeUCR para el concreto estructural clase B para bastiones se encuentran dentro de los límites establecidos en los documentos contractuales del proyecto.

Hallazgo No. 5. Se evidenciaron incumplimientos en los parámetros de resistencia a la compresión a los 28 días, temperatura de colocación y asentamiento en el concreto estructural clase B (280 kg/cm²) para pilotes utilizado en el proyecto.

Dentro de esta categoría se evaluó el concreto utilizado para la construcción de los pilotes de las estructuras de puente del proyecto. No se tomaron en cuenta los ensayos realizados a los concretos utilizados para realizar reparaciones o correcciones en los pilotes defectuosos.

En cuanto a la resistencia a la compresión simple a los 28 días, se identificaron varias muestras que se encuentran por debajo de la resistencia mínima requerida según los documentos contractuales del proyecto (ver Figura 22).

Como se observa en la Figura 22, el mes de octubre de 2019 fue el mes que presentó la mayor cantidad de muestras con resistencia menor a la requerida, donde el 63% de los especímenes ensayados durante este mes se encuentran por debajo de la resistencia mínima requerida. El mes de octubre es el mes más lluvioso para la zona del proyecto y se ha observado que los agregados utilizados en el proyecto para la fabricación del concreto no se encuentran protegidos contra la intemperie (ver Figura 23), lo que pudo haber aumentado la humedad natural de los agregados y, por ende, la relación agua-cemento de la mezcla. Este aumento en la relación agua-cemento pudo ocasionar una disminución de la resistencia del concreto. Esta situación también fue observada en el concreto estructural clase A (ver Figura 16), donde el 71% de los especímenes muestreados en el mes de octubre tienen una resistencia a la compresión simple a los 28 días menor a la establecida en los documentos contractuales.

Cabe mencionar que los resultados mostrados en la Figura 22 son el promedio de los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para las muestras falladas a la compresión simple a los 28 días.

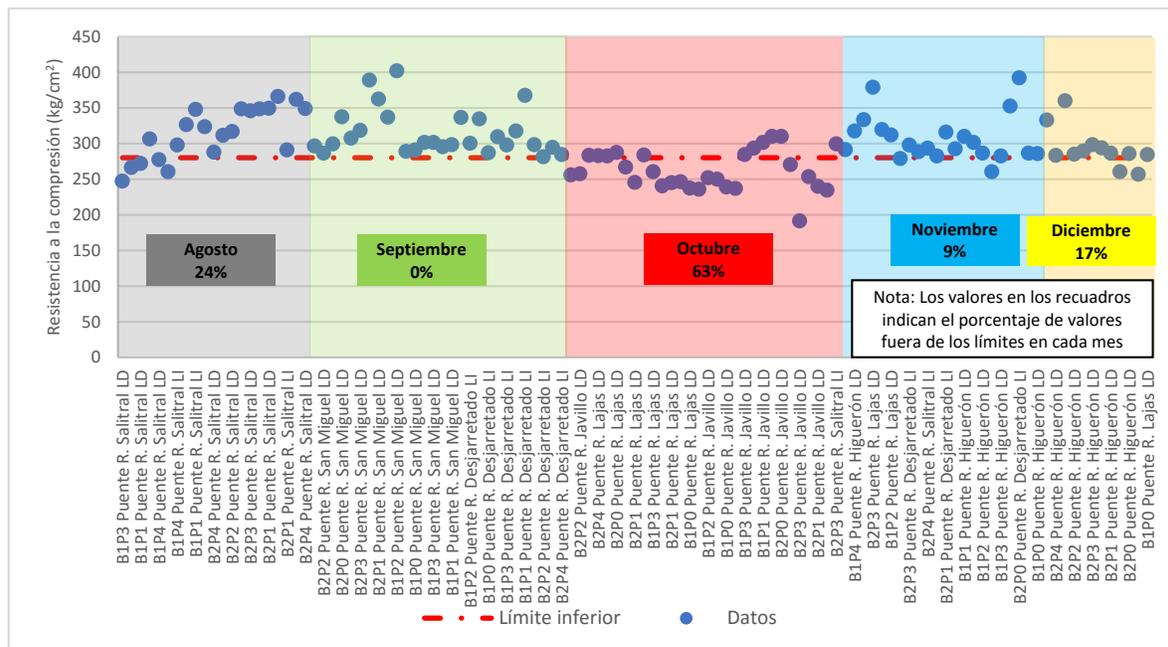


Figura 22. Resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para la resistencia a la compresión simple a los 28 días de las muestras de concreto estructural clase B para pilotes
Fuente: LCG, 2019



Figura 23. Apilamientos de agregados en la planta de La Gotera para la producción de concreto para el proyecto expuestos a la intemperie. Fecha de la fotografía: 10/03/2020

En el oficio CR1-DI-527-2020 (de fecha 07/05/2020), la Supervisión del proyecto indica que, en reiteradas ocasiones, se ha instado al Contratista a cubrir los apilamientos de agregados. Además, indica que se realizaron ajustes a las fórmulas de trabajo de los diseños de mezcla de concreto. No obstante, a la fecha, no se ha observado que el Contratista haya protegido los apilamientos de agregados.

Al revisar los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación, se identificó que el concreto utilizado para la construcción de los elementos listados en el Cuadro 6 tiene una resistencia a la compresión simple a los 28 días menor a la establecida en los documentos contractuales para este tipo de elementos (al menos para uno de los muestreos realizados para el elemento). Debido a esto, y como se contaba con cilindros de concreto adicionales, el laboratorio de verificación de calidad procedió a realizar fallas a 45 días con el fin de observar la ganancia de resistencia en estos elementos más allá de los 28 días.

Los valores de resistencia a la compresión a los 45 días indicados en el Cuadro 6 corresponden al resultado de la falla a 45 días de un único espécimen para cada uno de los muestreos realizados en el elemento correspondiente, con excepción de los elementos pilote #4 del bastión #1 del puente sobre el río Salitral LD y pilote #2 del bastión #1 del puente sobre el río Salitral LI, donde el valor indicado en el Cuadro 6 corresponde al promedio de dos especímenes fallados a 45 días. Cabe recordar que, según ACI 318-19, se requiere de un mínimo de dos cilindros de 150 x 300 mm para determinar el cumplimiento del concreto.

Los valores resaltados en rojo en el Cuadro 6 indican que la resistencia obtenida es menor a la resistencia a la compresión simple requerida según los documentos contractuales (resistencia a la compresión simple a los 28 días). Llama la atención que para el elemento pilote #3 del bastión #1 del puente sobre el río Salitral LD no se emitió una no conformidad, a pesar que no se alcanzó la resistencia requerida a los 28 días, aun cuando los cilindros se ensayan a 45 días. Todas las no conformidades señaladas en el Cuadro 6 se encuentran abiertas al momento de emitir este informe.



Cabe mencionar que en los documentos contractuales del proyecto no se menciona que la resistencia obtenida a los 45 días sea un criterio de aceptación válido para el concreto estructural del proyecto.

Cuadro 6. Elementos donde los resultados reportados por la Verificación indican que el concreto suministrado tiene una resistencia a la compresión simple a los 28 días menor a la mínima requerida

Elemento	No - conformidad	Resistencia a la compresión a los 45 días (kg/cm ²)
Pilote #3 del bastión #2 del puente sobre el río Desjarretado LI	-	335
Pilote #0 del bastión #1 del puente sobre el río Lajas LD	27	261 y 234
Pilote #3 del bastión #1 del puente sobre el río Lajas LD	27	273
Pilote #1 del bastión #2 del puente sobre el río Lajas LD	27	263
Pilote #3 del bastión #1 del puente sobre el río Higuerón LD	45	274
Pilote #0 del bastión #2 del puente sobre el río Higuerón LD	45	286
Pilote #1 del bastión #1 del puente sobre el río Salitral LD	-	295 y 292
Pilote #3 del bastión # 1 del puente sobre el río Salitral LD	-	279
Pilote #4 del bastión #1 del puente sobre el río Salitral LD	-	324
Pilote #2 del bastión #1 del puente sobre el río Salitral LI	-	286
Pilote #3 del bastión #2 del puente sobre el río Salitral LI	36	251
Pilote #0 del bastión #1 del puente sobre el río Javillo LD	35	228 y 229
Pilote #2 del bastión #1 del puente sobre el río Javillo LD	28	296 y 262
Pilote #4 del bastión #1 del puente sobre el río Javillo LD	28	209
Pilote #1 del bastión #2 del puente sobre el río Javillo LD	35	263 y 254
Pilote #2 del bastión #2 del puente sobre el río Javillo LD	28	233 y 252
Pilote #3 del bastión #2 del puente sobre el río Javillo LD	35	298 y 212

Según el oficio 2020-04-01 CIN/920/890/DT (de fecha 01/04/2020), el Contratista realizó un análisis estructural de los puentes considerando la disminución de la resistencia y determinó que dicha disminución no afecta el desempeño estructural de los puentes. Además, en este oficio, el Contratista propone una disminución en el pago correspondiente de los concretos que no alcanzaron la resistencia requerida. Dicha propuesta fue aceptada por la Supervisión del proyecto mediante el oficio CR1-DI-546-2020 (de fecha 07/05/2020). Como medida correctiva, el Contratista se comprometió a utilizar concreto autocompactante para la segunda etapa de construcción de pilotes.

En la Figura 24, se muestran los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para la temperatura de colocación del concreto clase B para pilotes. Como se puede observar en la Figura 24, la temperatura de las muestras de concreto clase B para pilotes tienen una tendencia a mantenerse dentro de los límites establecidos; sin embargo, se encuentra cercana al límite superior de especificación. Además, se observan algunas muestras que superaron el límite superior de especificación, lo cual pudo haber afectado el acabado y resistencia final del concreto.

Un concreto con una temperatura de colocación alta puede alcanzar una resistencia temprana mayor que la obtenida en condiciones óptimas, pero su resistencia a los 28 días podría ser menor que la obtenida en condiciones óptimas. La calidad final del concreto probablemente también bajará, pues el concreto es más susceptible a la contracción térmica, lo cual podría originar agrietamientos. Además, la temperatura del concreto

también afecta el comportamiento de los aditivos químicos, por lo cual es importante controlar este parámetro para garantizar el correcto desempeño de los aditivos.

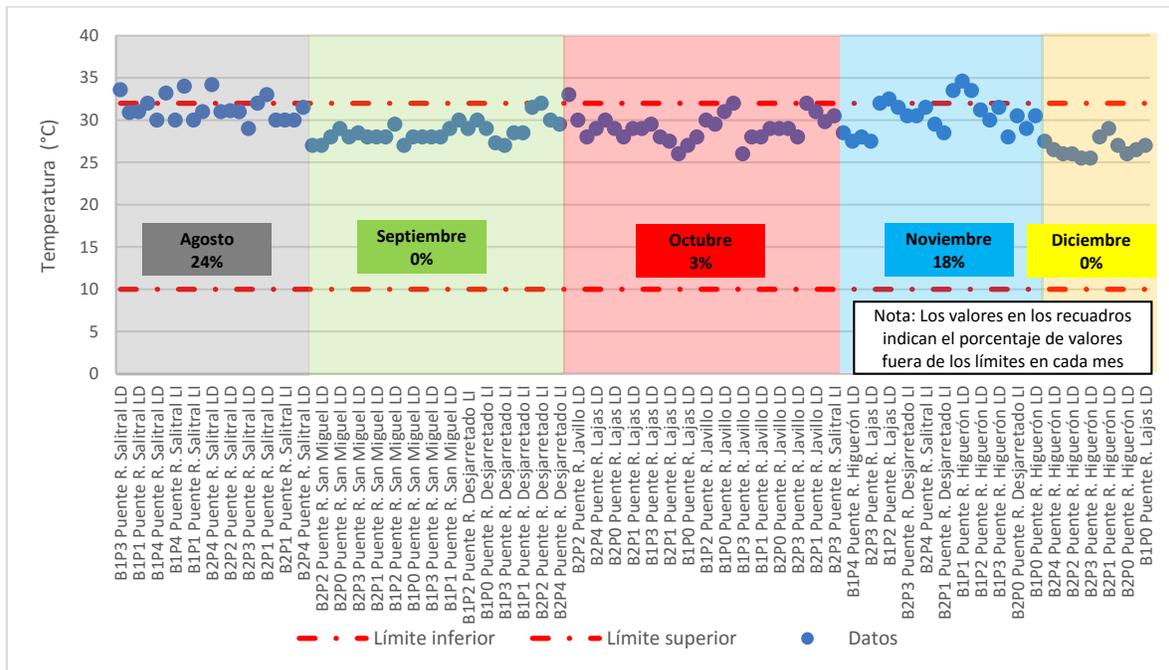


Figura 24. Resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para la temperatura de colocación de las muestras de concreto estructural clase B para pilotes
Fuente: LCG, 2019

Los límites para el asentamiento del concreto fresco (200 ± 25 mm) se tomaron del diseño de mezcla LC-55-19 para concreto estructural clase B (280 kg/cm^2) para pilotes elaborado por INSUMA.

Como se puede observar en la Figura 25, los asentamientos medidos por el laboratorio de verificación en el concreto estructural clase B para pilotes se encuentran cercanos al límite superior del asentamiento para el cual fue diseñado el concreto, incluso algunas muestras se encuentran por encima de este límite. Lo anterior pudo haber facilitado la segregación del concreto y haber generado problemas de integridad en los pilotes del proyecto. Cabe mencionar que, según la norma ASTM C143, concretos con asentamientos mayores a 230 mm pueden ser carentes de la propiedad de cohesión, por lo que son muy susceptibles a la segregación si no se toman los cuidados señalados en la guía de diseño ACI 237-R *Self-consolidating concrete*. Además, se observa una muestra con un asentamiento inferior al rango de diseño, lo que pudo haber generado un concreto poco trabajable y susceptible a la aparición de nidos de piedra, perjudicando nuevamente la integridad del pilote.

En el oficio CR1-DI-527-2020 (de fecha 07/05/2020), la Supervisión del proyecto menciona que se ha permitido el vaciado de concreto fuera de los parámetros establecidos para el asentamiento del concreto, pero dejando en claro que su colocación corre por cuenta, costo y riesgo del Contratista de presentarse problemas en la calidad final de estos elementos.

Además, se han emitido las no conformidades N°4 (pilote #3 del bastión #1 del puente sobre el río Salitral LD), N°10 (pilote #2 del bastión #2 del puente sobre el río San Miguel LD y pilote #3 del bastión #1 del puente sobre el río Desjarretado LD), N°25 (pilotes #1, 3 y 4b del bastión #2 del puente sobre el río Salitral LD y pilotes #1 y 2 del bastión #2 y pilote #3 del bastión #1 del puente sobre el río Salitral LI), N°27 (pilote #0 del bastión #1 del puente sobre el río Lajas LD), N°28 (pilote #2 del bastión #1 del puente sobre el río Javillo LD) y N°45 (pilotes #2 y 3 del bastión #1 del puente sobre el río Higerón LD y pilotes #3 y 4 del bastión #2 del puente sobre el río Higerón LD) por problemas de integridad en algunos pilotes del proyecto. Las no conformidades N°4, N°10, N°27, N°28 y N°45 se encuentran abiertas a la hora de emitir este informe. La no conformidad N°25 se encuentra cerrada.

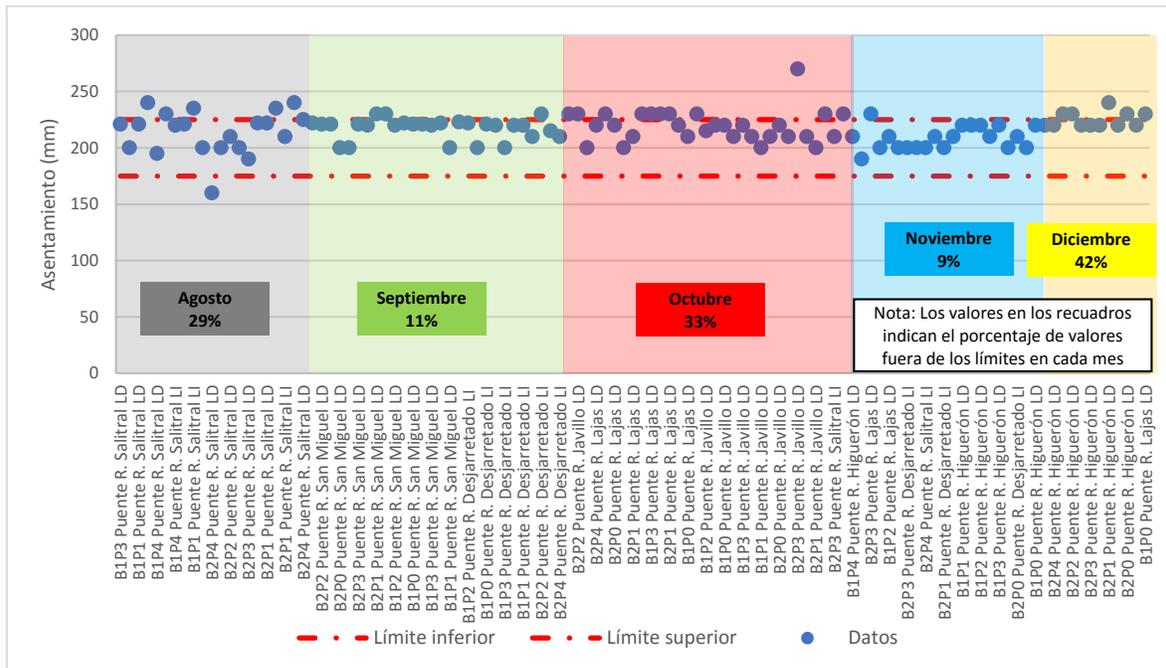


Figura 25. Resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para el asentamiento de las muestras de concreto estructural clase B para pilotes
Fuente: LCG, 2019

Por su parte, el LanammeUCR realizó 5 muestreos del concreto estructural clase B utilizado para la construcción de los pilotes de las estructuras de puente. Los resultados de estos muestreos se presentan en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Resultados de los muestreos realizados por el LanammeUCR del concreto estructural clase B utilizado en el proyecto para la construcción de pilotes

Informe	Ubicación	Fecha de muestreo	Temperatura (°C)	Asentamiento (mm)	Contenido de aire (%)	Resistencia a la compresión a los 28 días (kg/cm ²)
Límite Inferior			10	125	-	280
Límite Superior			32	175		-
1-1693-19	B2P4 puente sobre el Río Salitral LD ¹	22/8/2019	34,1	100	2,9	252
I-1888-19	B1P0 puente sobre el Río Desjarretado	18/9/2019	30,1	190	3,5	320



I-1897-19	B1P4 puente sobre el Río Javillo	15/10/2019	26,9	245	0,9	180
I-1897-19	B1P2 puente sobre el Río Javillo	16/10/2019	30,3	185	1,4	258
I-1897-19	B1P0 puente sobre el Río Javillo	17/10/2019	29,8	195	1,1	227

Los valores resaltados en rojo indican que el parámetro se encuentra fuera de los límites establecidos.

¹Según la no conformidad N°3, este pilote tuvo una afectación en el proceso constructivo y el mismo fue deshabilitado de la subestructura del puente, construyéndose uno adicional.

Al comparar los resultados obtenidos por el LanammeUCR con los obtenidos por el laboratorio de verificación se observan resultados similares, a excepción del muestreo realizado en el pilote #4 del bastión #2 del puente sobre el Río Salitral LD, donde los resultados obtenidos por el LanammeUCR indican que para este elemento no se obtuvo la resistencia mínima requerida, pero los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación indican que la resistencia a la compresión simple obtenida (288 kg/cm²) es ligeramente mayor a la mínima requerida. Los resultados obtenidos por el laboratorio de autocontrol son similares a los obtenidos por el laboratorio de verificación para este elemento, donde la resistencia obtenida (292 kg/cm²) es superior a la mínima requerida.

Hallazgo No. 6. Algunos tramos de subbase colocados en el proyecto presentan incumplimientos en su granulometría y plasticidad.

Se analizaron los ensayos realizados al material de subbase tanto para la aceptación de la fuente de material como para el control en el sitio de la colocación.

- Aceptación de la fuente de material

Únicamente se analizaron las fuentes de material que han sido aceptadas por la Supervisión del proyecto. El Cuadro 8 muestra los ensayos realizados a las fuentes de material con una graduación A, según la sección 301.02 del Cartel de Licitación del proyecto. El Cuadro 9 muestra los ensayos realizados a las fuentes de material con una graduación B, según la sección 301.02 del Cartel de Licitación del proyecto.

Cuadro 8. Resultados de los ensayos realizados por el laboratorio de verificación para las fuentes de material de subbase con una graduación A

Información general				CBR (%)	Límite Líquido (%)	Índice de plasticidad (%)	Graduación A					
Informe	Muestra	Fuente	Fecha de muestreo				76 mm	50 mm	19 mm	N° 4	N°40	N°200
Límite inferior				30	-	-	100	80	60	30	10	2
Límite superior				-	30	6	100	100	80	55	30	12
13-0033-2020	13-0006-2020	50% TEA - 50% 161+400 LD	22/12/2019	100	NP	NP	100	100	80	30	15	8
13-0114-2020	13-0945-2020	161+400 LD	8/2/2020	53	NP	NP	100	100	70	40	15	8
13-0114-2020	13-0944-2020	161+400 LD	8/2/2020	73	NP	NP	100	100	72	39	17	10
13-0192-2020	13-1952-2020	Combinado 2-1 TEA -161+400 LD	7/3/2020	67	27	6	100	100	80	30	12	7

Fuente: LGC, 2019-2020

Cuadro 9. Resultados de los ensayos realizados por el laboratorio de verificación para las fuentes de material de subbase con una graduación B

Información general				CBR (%)	Límite Líquido (%)	Índice de plasticidad (%)	Graduación B					
Informe	Muestra	Fuente	Fecha de muestreo				76 mm	50 mm	19 mm	N°4	N°40	N°200
Límite inferior				30	-	-	100	100	60	30	10	2
Límite superior				-	30	6	100	100	90	65	35	15
13-1000-2019	13-10115-2019	Tajo TEA	2/10/2019	83	26	5	100	100	88	36	18	8
13-1060-2019	13-10966-2019	Tajo TEA	5/11/2019	84	29	6	100	100	90	34	17	9
13-1108-2019	13-11592-2019	Q. Abangares	27/11/2019	58	NP	NP	100	100	79	42	13	4
13-0024-2020	13-12003-2019	Q. Abangares	12/12/2019	51	NP	NP	100	100	79	40	13	4
13-0024-2020	13-12004-2019	Q. Abangares	12/12/2019	-	NP	NP	100	100	78	41	13	5

Fuente: LGC, 2019-2020

Como se puede observar del Cuadro 8 y Cuadro 9, todos los parámetros evaluados para la aceptación de las fuentes de material se encuentran dentro de los límites establecidos en los documentos contractuales.

➤ Control en sitio de la colocación

Se analizaron los ensayos de granulometría realizados según la sección 107.05 del CR-2010 y los ensayos realizados para determinar los límites de plasticidad según la sección 107.04 del CR-2010. Cabe mencionar que, según la sección 107.05 del Cartel de Licitación del proyecto, el pago en función de la calidad aplica únicamente para la base estabilizada y el pavimento de concreto hidráulico, sin embargo, por medio del oficio 19-09-26 CIN/0517/0487/DT (de fecha 26/09/2019), el Contratista solicitó que la granulometría del material de subbase fuera evaluada según la sección 107.05 del CR-2010. Esta propuesta fue aceptada por la Supervisión del proyecto por medio del oficio N°13-0087-2019 (de fecha 26/09/2019), dado que el CR-2010 forma parte de los documentos contractuales del proyecto. Dado lo anterior, se procedió a determinar el factor de pago correspondiente para el material de subbase con graduación A (ver Cuadro 10) y graduación B (ver Cuadro 11).

Cuadro 10. Determinación del factor de pago para el material de subbase con graduación A según los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación

Información general					Graduación A					
Informe	Muestra	Ubicación	Fuente	Fecha de muestreo	76 mm	50 mm	19 mm	N°4	N°40	N°200
Límite inferior					100	80	60	30	10	2
Límite superior					100	100	80	55	30	12
13-0203-2020	13-2257-2020	160+310 - 160+790 LD	161+400 LD	12/3/2020	100	100	75	48	19	10
13-0203-2020	13-2258-2020	160+310 - 160+790 LD	161+400 LD	12/3/2020	100	100	66	40	11	7
13-0203-2020	13-2259-2020	160+310 - 160+790 LD	161+400 LD	12/3/2020	100	100	60	34	12	7
13-0203-2020	13-2267-2020	146+370 - 146+480 LI*	Combinado 2-1 TEA - 161+400	12/3/2020	100	100	75	37	19	10
13-0203-2020	13-2274-2020	162+000 - 162+500 LD	Combinado 2-1 TEA - 161+400	13/3/2020	100	100	95	31	14	8
13-0203-2020	13-2275-2020	162+000 - 162+500 LD	Combinado 2-1 TEA - 161+400	13/3/2020	100	100	94	30	12	7
13-0203-2020	13-2276-2020	162+620 - 163+530 LD	Combinado 2-1 TEA - 161+400	13/3/2020	100	100	93	35	19	11



13-0203-2020	13-2277-2020	162+620 - 163+530 LD	Combinado 2-1 TEA - 161+400	13/3/2020	100	100	87	44	23	12
13-0203-2020	13-2278-2020	162+620 - 163+530 LD*	Combinado 2-1 TEA - 161+400	13/3/2020	100	100	82	35	20	11
13-0203-2020	13-2272-2020	148+020 - 148+110 LD*	Combinado 2-1 TEA - 161+400	13/3/2020	100	100	86	54	22	9
13-0203-2020	13-2273-2020	159+320 - 159+500 LD*	Combinado 2-1 TEA - 161+400	13/3/2020	100	100	82	32	13	9
13-0203-2020	13-2280-2020	146+372 - 146+480 LI*	Combinado 2-1 TEA - 161+400	17/3/2020	100	100	87	45	24	12
13-0203-2020	13-2281-2020	146+372 - 146+480 LI*	Combinado 2-1 TEA - 161+400	17/3/2020	100	100	86	46	22	11
13-0203-2020	13-2282-2020	146+372 - 146+480 LI*	Combinado 2-1 TEA - 161+400	17/3/2020	100	100	87	44	21	12
13-0203-2020	13-2283-2020	146+372 - 146+480 LI*	Combinado 2-1 TEA - 161+400	17/3/2020	100	100	87	44	23	13
13-0203-2020	13-2284-2020	146+372 - 146+480 LI*	Combinado 2-1 TEA - 161+400	17/3/2020	100	100	88	44	23	13
13-0203-2020	13-2285-2020	146+372 - 146+480 LI*	Combinado 2-1 TEA - 161+400	17/3/2020	100	100	93	46	19	10
13-0203-2020	13-2286-2020	146+372 - 146+480 LI*	Combinado 2-1 TEA - 161+400	17/3/2020	100	100	91	45	22	11
13-0203-2020	13-2287-2020	146+372 - 146+480 LI*	Combinado 2-1 TEA - 161+400	17/3/2020	100	100	81	39	12	8
13-0203-2020	13-2955-2020	160+310 - 160+790 LD	161+400 LD	27/3/2020	100	100	66	42	22	8
13-0203-2020	13-2956-2020	160+310 - 160+790 LD	161+400 LD	27/3/2020	100	100	69	40	17	8
Promedio (X)					-	100.00	82.38	40.71	18.52	9.84
Desviación estándar (S)					-	0.00	10.16	6.25	4.39	1.96
Categoría					-	II	II	II	II	II
Número de muestras (n)					-	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
Grados de libertad (GL)					-	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Límite superior de especificación (LSE)					-	100.00	80.00	55.00	30.00	12.00
Límite inferior de especificación (LIE)					-	80.00	60.00	30.00	10.00	2.00
Índice de calidad superior (Q _s)					-	-	-0.23	2.29	2.61	1.10
Índice de calidad inferior (Q _i)					-	-	2.20	1.72	1.94	3.99
Porcentaje estimado de obra fuera de LSE (PS)					-	-	57.83	1.79	0.86	14.22
Porcentaje estimado de obra fuera de LIE (PI)					-	-	1.99	5.23	3.60	0.06
Porcentaje total defectuoso (%)					-	-	59.81	7.03	4.45	14.28
Factor de pago (%)					-	-	Rechazo	100.00	100.00	99.50

*Se debe reparar tramo por exceso de plasticidad, según informe N°13-0203-2020 de LGC.

Los valores resaltados en rojo indican que el parámetro se encuentra fuera de los límites establecidos.

Como se puede observar en el Cuadro 10, se identificaron incumplimientos en las mallas de 19 mm y N°200 para el material de subbase con graduación A. Al determinar el factor de pago según la sección 107.05 del CR-2010, se determinó el rechazo de este material debido a incumplimientos en la malla de 19 mm. Dicha conclusión no es coincidente con la observada en el informe N°13-0203-2020 de LGC, donde no se analiza el factor de pago en la malla de 19 mm, pero no se observó en la propuesta técnica del Contratista ni en la sección 301.08 del CR-2010 dicha indicación. Además, vale la pena mencionar que todos aquellos materiales ensayados deben ser aceptados según la sección 107.04 o 107.05 del CR-2010; es decir, si para la malla de 19 mm no aplica el procedimiento estadístico descrito en la sección 107.05 del CR-2010, según acuerdo de los responsables del proyecto, dicha malla debió haber sido analizada según la sección 107.04, determinándose, de igual

manera, el rechazo de dicho material, pues se identifican varios incumplimientos en la malla de 19 mm (ver Figura 26).

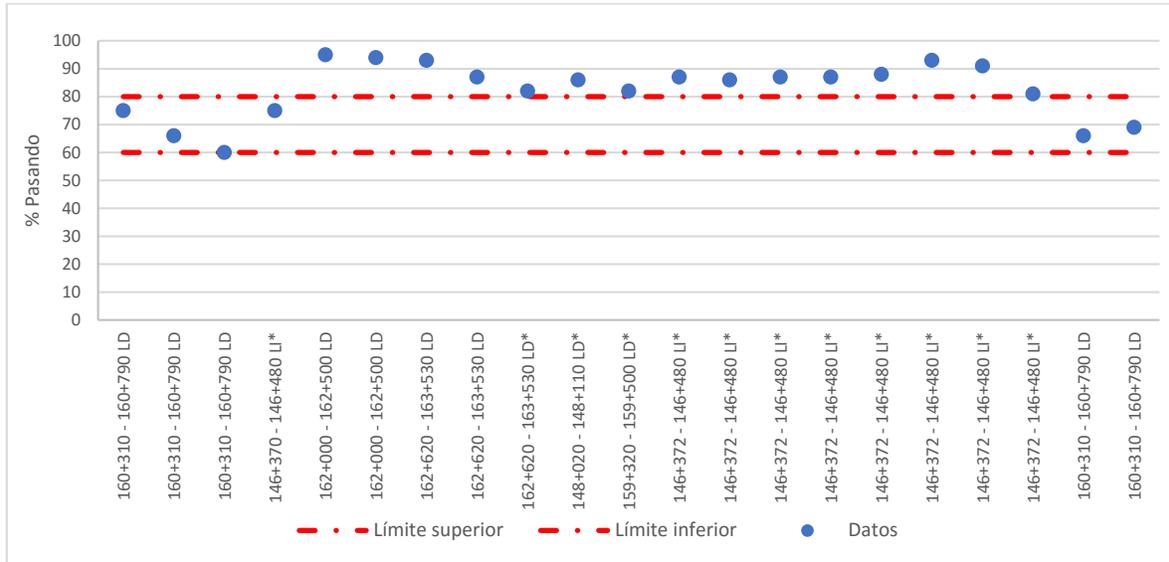


Figura 26. Resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para la malla de 19 mm de las muestras de subbase con graduación A Fuente: LCG, 2020

Cuadro 11. Determinación del factor de pago para el material de subbase con graduación B según los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación

Información general					Graduación B				
Informe	Muestra	Ubicación	Fuente	Fecha de muestreo	50 mm	19 mm	Nº4	Nº40	Nº200
Límite inferior					100	60	30	10	2
Límite superior					100	90	65	35	15
13-0203-2020	13-2128-2020	146+480 - 146+730 LI	Q. Abangares	11/3/2020	100	76	34	17	9
13-0203-2020	13-2129-2020	146+480 - 146+730 LI	Q. Abangares	11/3/2020	100	88	56	15	9
13-0203-2020	13-2260-2020	146+730 - 146+840 LI	Q. Abangares	12/3/2020	100	83	54	24	10
13-0203-2020	13-2261-2020	146+730 - 146+840 LI	Q. Abangares	12/3/2020	100	83	51	19	7
13-0203-2020	13-2262-2020	146+730 - 146+840 LI	Q. Abangares	12/3/2020	100	82	53	23	8
13-0203-2020	13-2268-2020	146+720 - 146+856 LD*	Q. Abangares	13/3/2020	100	84	52	22	8
13-0203-2020	13-2269-2020	147+090 - 147+250 LD*	Q. Abangares	13/3/2020	100	79	51	22	9
13-0203-2020	13-2270-2020	147+090 - 147+250 LD*	Q. Abangares	13/3/2020	100	87	59	24	9
13-0203-2020	13-2271-2020	147+910 - 148+020 LD	Q. Abangares	13/3/2020	100	82	53	22	9
Promedio (\bar{X})					-	82.67	51.44	20.89	8.80
Desviación estándar (S)					-	3.67	7.02	3.18	0.88
Categoría					-	II	II	II	II
Número de muestras (n)					-	9.00	9.00	9.00	9.00
Grados de libertad (GL)					-	8.00	8.00	8.00	8.00
Límite superior de especificación (LSE)					-	90.00	65.00	35.00	15.00
Límite inferior de especificación (LIE)					-	60.00	30.00	10.00	2.00
Índice de calidad superior (Qs)					-	2.00	1.93	4.44	7.07
Índice de calidad inferior (Qi)					-	6.17	3.05	3.42	7.75
Porcentaje estimado de obra fuera de LSE (PS)					-	4.03	4.70	0.28	0.28
Porcentaje estimado de obra fuera de LIE (PI)					-	0.28	0.79	0.47	0.28
Porcentaje total defectuoso (%)					-	4.31	5.49	0.75	0.56
Factor de pago (%)					-	100.00	100.00	100.00	100.00

*Se debe reparar tramo por exceso de plasticidad, según informe N°13-0203-2020 de LGC.

Como se puede observar en el Cuadro 11, no se identificaron incumplimientos en la granulometría del material de subbase con graduación B. Al determinar el factor de pago según la sección 107.05 del CR-2010, se obtuvo un factor de pago del 100%.

En la Figura 27, se muestran los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para el límite líquido del material de subbase colocado en el proyecto. Por su parte, en la Figura 28, se muestran los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para el índice de plasticidad del material de subbase colocado en el proyecto.

Como se observa en la Figura 28, algunas de las muestras de subbase ensayadas tienen un índice de plasticidad por encima del límite máximo permitido en los documentos contractuales del proyecto. Cabe mencionar que, según lo indicado en el informe N°13-0203-2020 de LGC, algunos de estos tramos se deben reparar por exceso de plasticidad (ver nota al pie del Cuadro 10 y Cuadro 11).

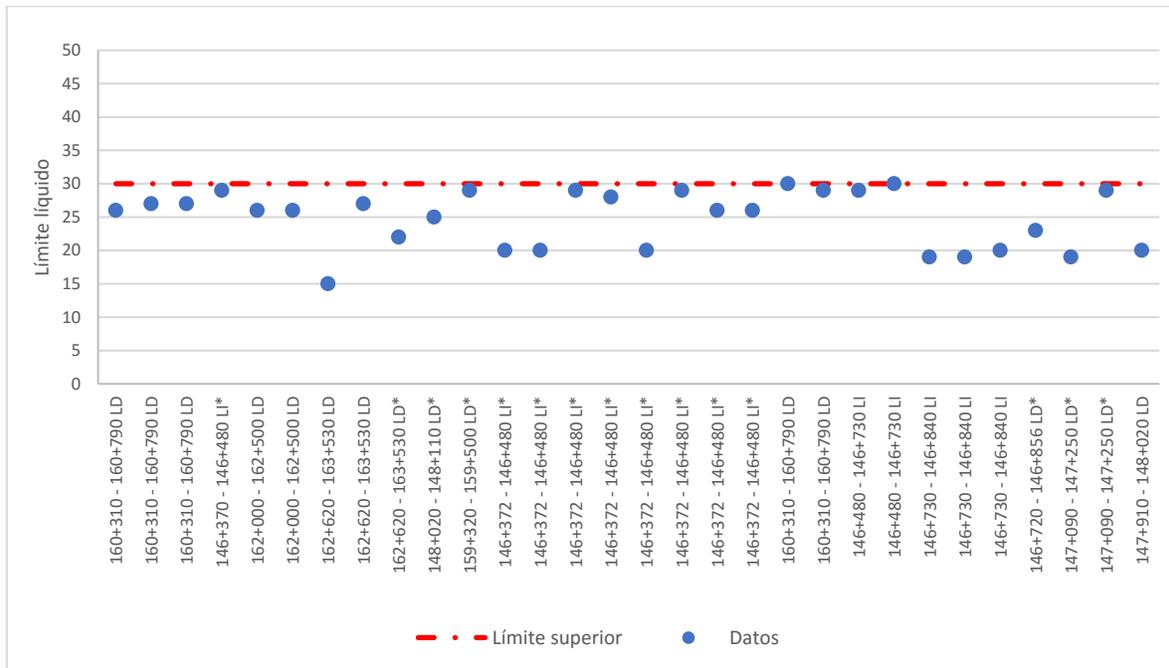


Figura 27. Resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para el límite líquido de las muestras de subbase. Fuente: LCG, 2020

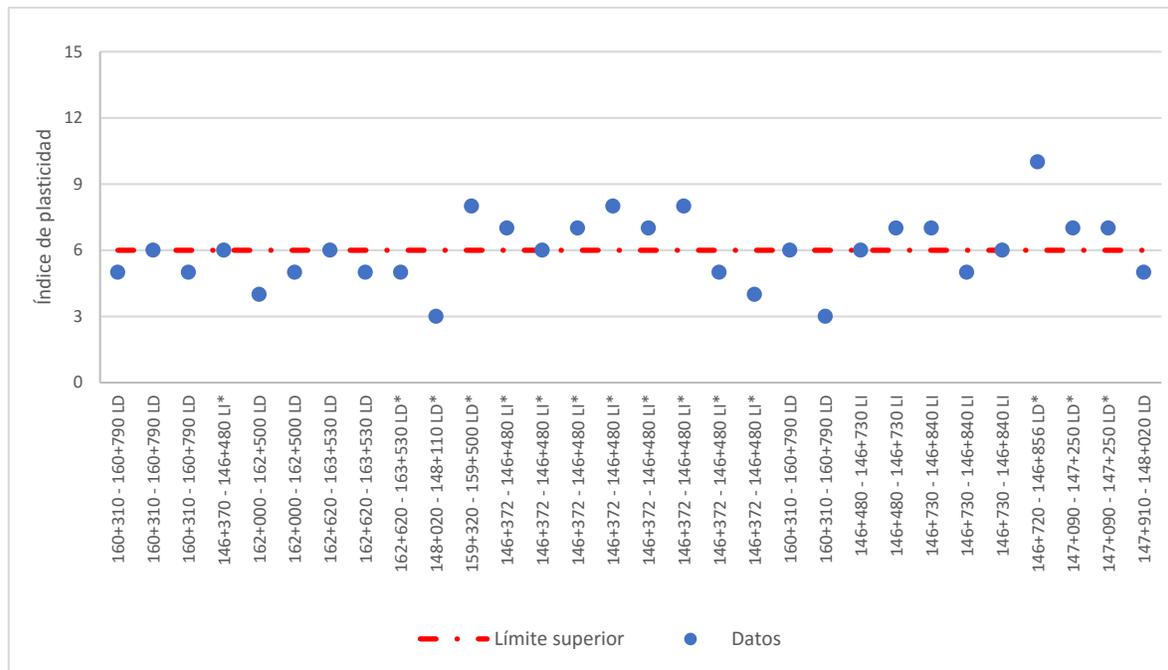


Figura 28. Resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para el índice de plasticidad de las muestras de subbase. Fuente: LCG, 2020

Según lo indicado en el oficio 1164-2020 (de fecha 26/08/2020), el Contratista realizó correcciones en los tramos en observación por incumplimientos en los límites de plasticidad y, posterior a estas correcciones, se reevaluó la granulometría de estos tramos.

También se identificaron algunos tramos de subbase colocados en el periodo comprendido entre octubre y diciembre 2019. Los resultados de los ensayos realizados a las muestras obtenidas de estos tramos se muestran en el Cuadro 12. Como se observa en el Cuadro 12, dos muestras incumplen la graduación requerida para la malla de 19 mm y una muestra tienen un índice de plasticidad superior al límite superior establecido en los documentos contractuales del proyecto.

Cuadro 12. Resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para el material de subbase colocado en el proyecto entre octubre y diciembre de 2019

Información general					Límite Líquido (%)	Índice de plasticidad (%)	Graduación B					
Informe	Muestra	Ubicación	Fuente	Fecha de muestreo			76 mm	50 mm	19 mm	N° 4	N° 40	N° 200
Límite inferior					-	-	100	100	60	30	10	2
Límite superior					30	6	100	100	90	65	35	15
13-1037-2019	13-10175-2019	163+300 - 163+350 LD	Tajo TEA	7/10/2019	24	4	100	100	88	25	12	5
13-1037-2019	13-10176-2019	163+300 - 163+350 LD	Tajo TEA	7/10/2019	26	4	100	100	89	26	11	6
13-1037-2019	13-10177-2019	163+300 - 163+350 LD	Tajo TEA	7/10/2019	25	5	100	100	90	24	10	5
13-1037-2019	13-10808-2019	163+050 - 163+000 LD	Tajo TEA	31/10/2019	27	6	100	100	92	24	11	6
13-0073-2020	13-12102-2019	163+500 LD	Tajo TEA	12/12/2019	26	8	100	100	94	31	15	8

Los valores resaltados en rojo indican que el parámetro se encuentra fuera de los límites establecidos.

Al revisar las no conformidades emitidas por la Supervisión del proyecto, no se observa ninguna no conformidad relacionada con los incumplimientos evidenciados en algunos parámetros de la subbase colocada en el proyecto.

Por su parte, el LanammeUCR realizó tres muestreos del material de subbase colocado en el proyecto. Dos de estos muestreos corresponden a material de subbase con graduación A (ver Cuadro 13) y uno a subbase con graduación B (ver Cuadro 14).

Cuadro 13. Resultados obtenidos por el LanammeUCR para el material de subbase colocado en el proyecto con graduación A

Información general				CBR (%)	Límite Líquido (%)	Índice de plasticidad (%)	Graduación A					
Informe	Muestra	Ubicación	Fecha de muestreo				76 mm	50 mm	19 mm	N°4	N°40	N° 200
Límite inferior				30	-	-	100	80	60	30	10	2
Límite superior				-	30	6	100	100	80	55	30	12
I-0179-20 I-0219-20	0180-20	146+635 LI	12/2/2020	71	32	12	100	100	85	62	31	15
I-0332-2020 I-0334-20	0304-20	146+600 - 146+660 LI	17/3/2020	50	31	8	100	98	85	45	23	12

Los valores resaltados en rojo indican que el parámetro se encuentra fuera de los límites establecidos.

Cuadro 14. Resultados obtenidos por el LanammeUCR para el material de subbase colocado en el proyecto con graduación B

Información general				CBR (%)	Límite Líquido (%)	Índice de plasticidad (%)	Graduación B					
Informe	Muestra	Ubicación	Fecha de muestreo				76 mm	50 mm	19 mm	N°4	N° 40	N° 200
Límite inferior				30	-	-	100	100	60	30	10	2
Límite superior				-	30	6	100	100	90	65	35	15
I-0059-20 I-0087-20	2427-19	162+500 LD	17/12/2019	75	25	6	100	100	87	30	13	4

Como se puede observar en el Cuadro 13, el material de subbase con graduación A muestreado por el LanammeUCR presenta incumplimientos en sus límites de plasticidad y granulometría. Estos resultados son coincidentes con los obtenidos por el laboratorio de verificación de la calidad. Por su parte, todos los parámetros evaluados para el material de subbase con graduación B se encuentran dentro de los límites establecidos en los documentos contractuales del proyecto (ver Cuadro 14).

Hallazgo No. 7. Los parámetros del acero evaluado por el LanammeUCR se encuentran dentro de los límites establecidos en las normas ASTM A 615 y ASTM A 706.

El día 8 de agosto de 2019, el LanammeUCR realizó un muestreo del acero utilizado en el proyecto. El muestreo se realizó en el plantel de AGF. Se evaluaron los parámetros esfuerzo de fluencia (ver Figura 29), esfuerzo máximo (ver Figura 30), elongación (ver Figura 31), espaciamiento entre corrugaciones (ver Figura 32), altura de corrugación (ver Figura 33) y ancho individual de separación de corrugación (ver Figura 34) contra las normas ASTM A 615 o ASTM A 706, según corresponde.

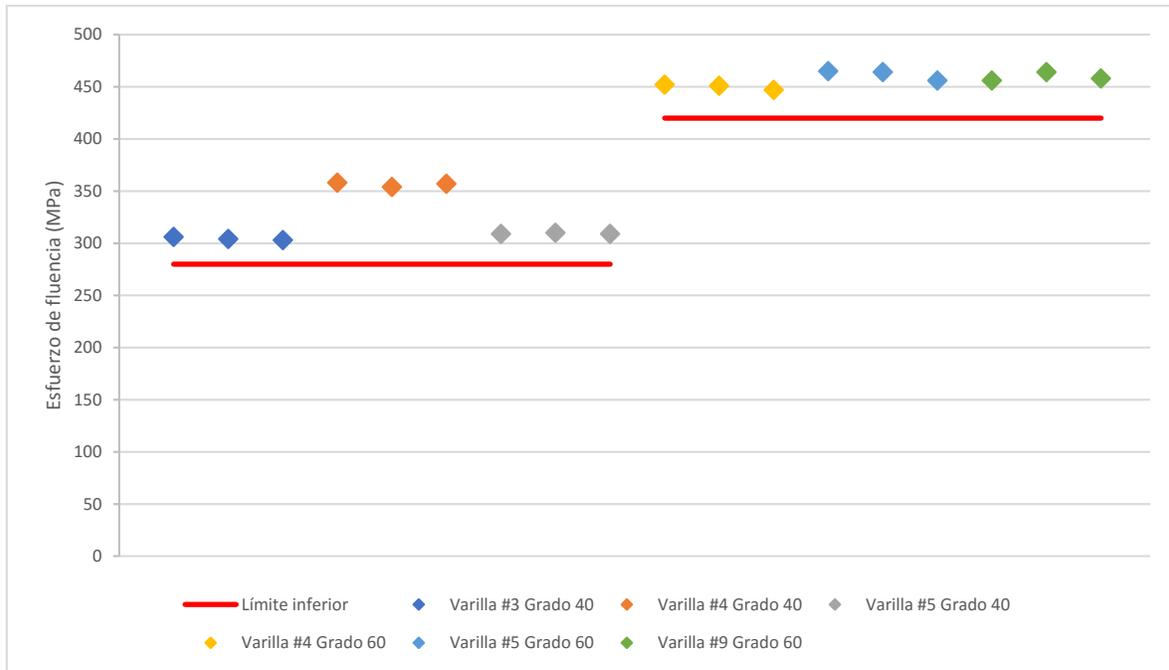


Figura 29. Resultados obtenidos por el LanammeUCR para el esfuerzo de fluencia del acero utilizado en el proyecto

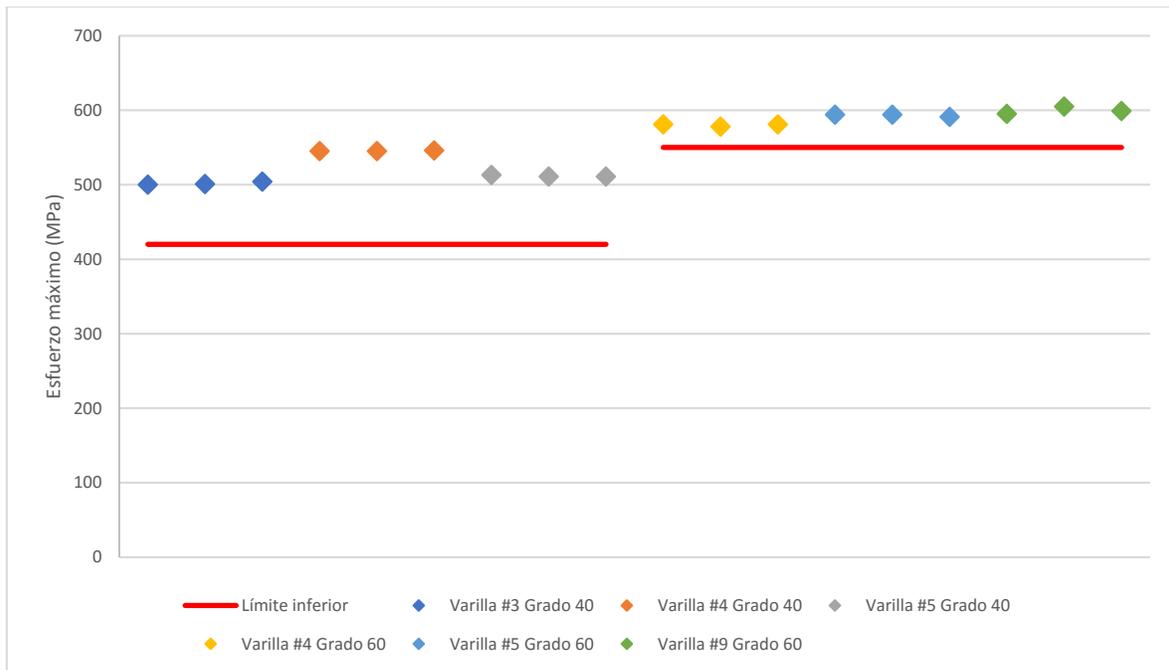


Figura 30. Resultados obtenidos por el LanammeUCR para el esfuerzo máximo del acero utilizado en el proyecto

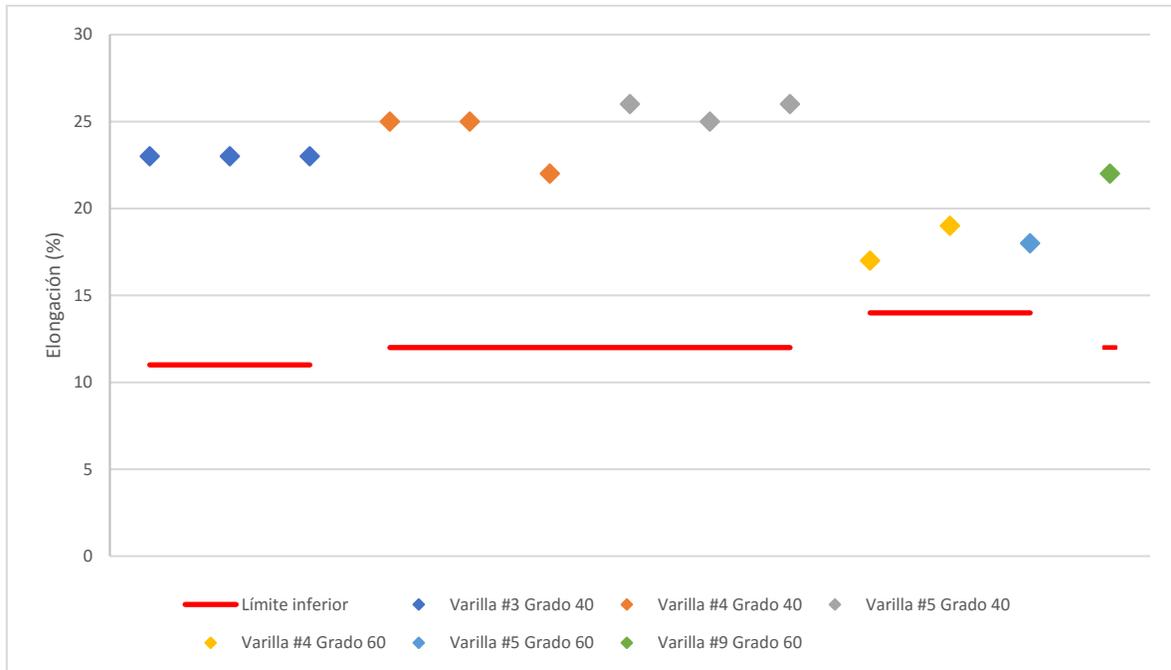


Figura 31. Resultados obtenidos por el LanammeUCR para la elongación del acero utilizado en el proyecto

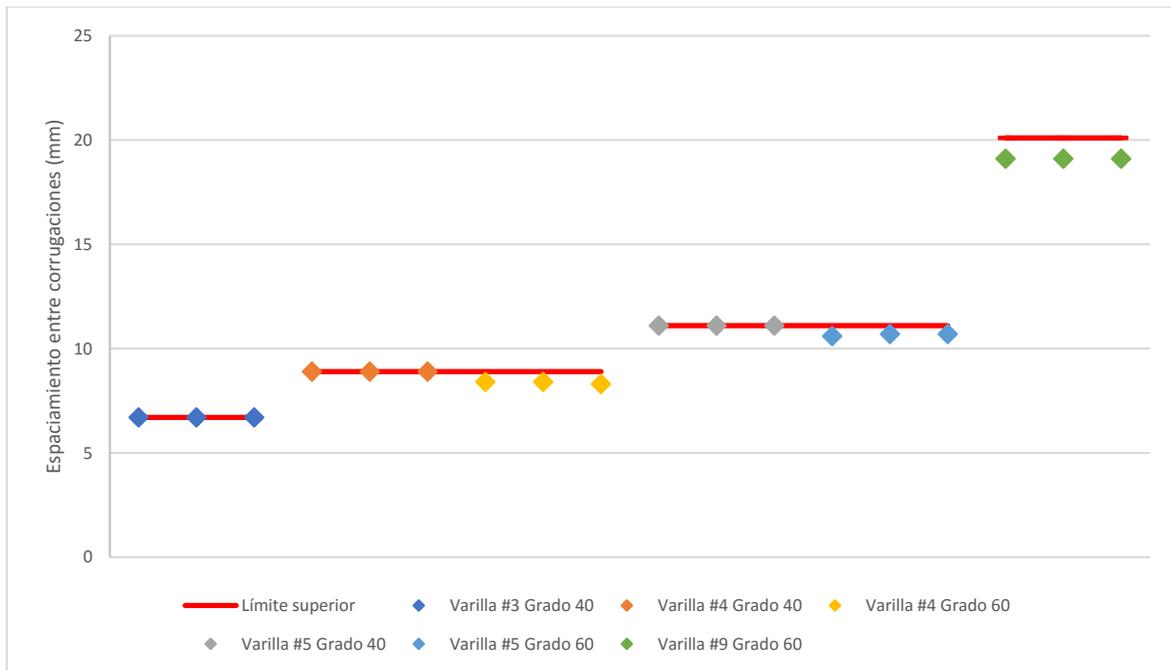


Figura 32. Resultados obtenidos por el LanammeUCR para el espaciamiento entre corrugaciones del acero utilizado en el proyecto

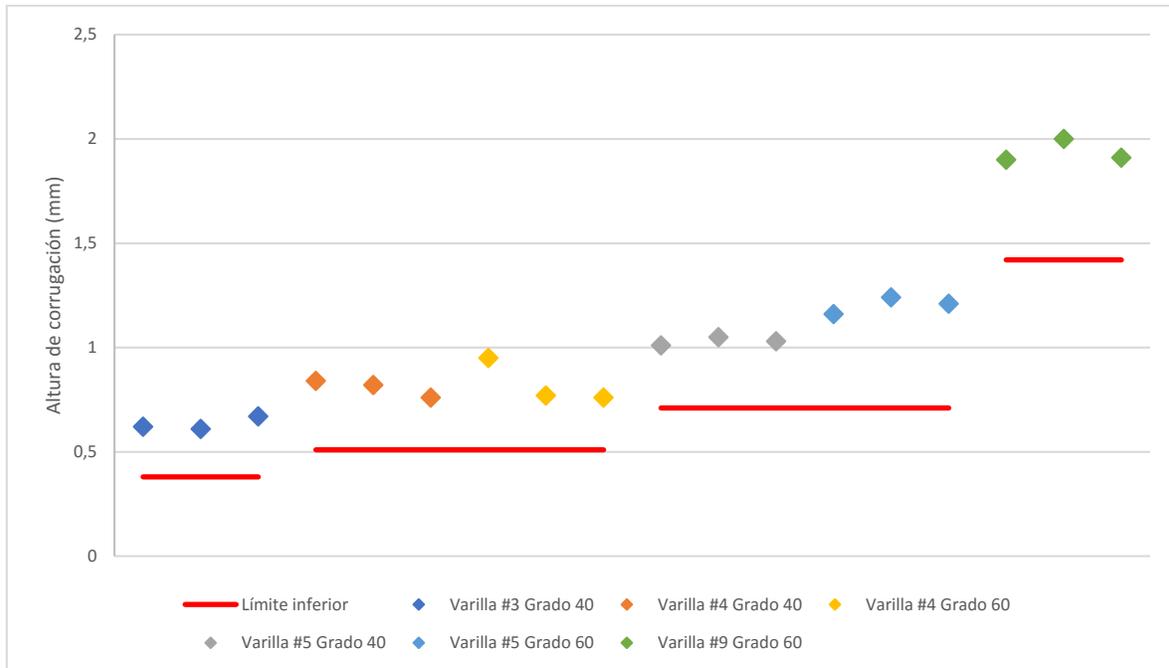


Figura 33. Resultados obtenidos por el LanammeUCR para la altura de corrugación del acero utilizado en el proyecto

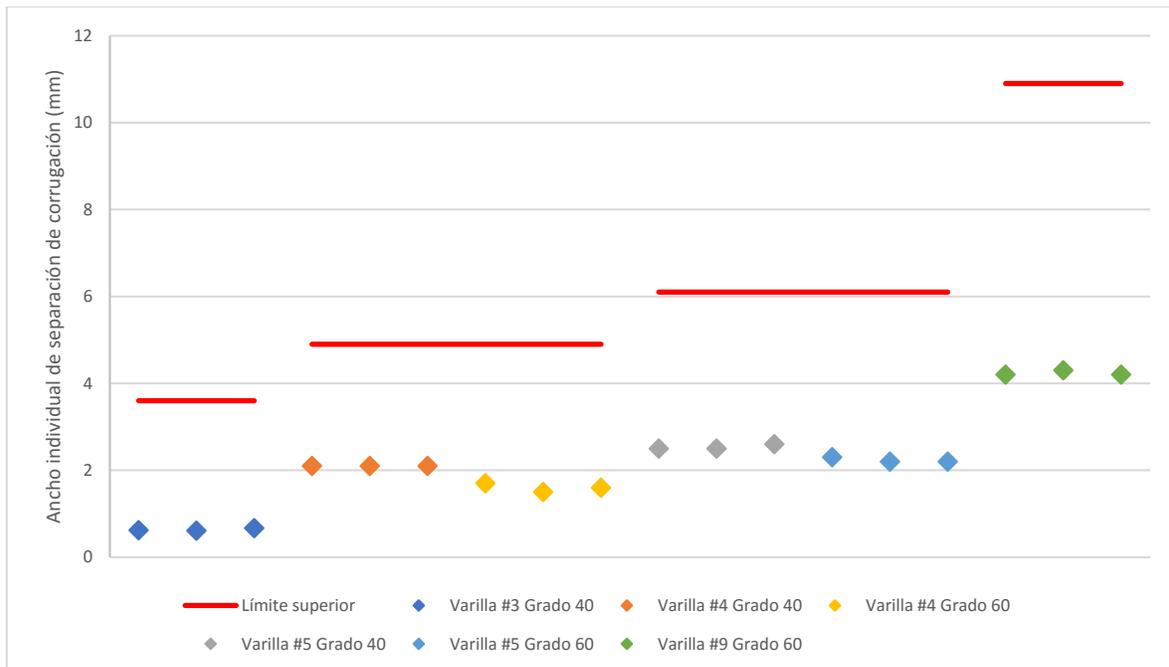


Figura 34. Resultados obtenidos por el LanammeUCR para el ancho individual de separación de corrugación del acero utilizado en el proyecto

Como se observa en los gráficos anteriores, los parámetros evaluados por el LanammeUCR del acero utilizado en el proyecto se encuentran dentro de los límites establecidos por las normas ASTM A 615 y ASTM 706.



10. CONCLUSIONES

A partir de los resultados evidenciados durante la ejecución de la auditoría, se emiten las siguientes conclusiones, con el propósito de aportar elementos técnicos a los procesos de mejora continua:

Sobre los estudios preliminares del proyecto

- La información base utilizada y las metodologías empleadas en los estudios hidrológicos desarrollados para el proyecto hacen que los resultados obtenidos no tengan la certeza para llevar a cabo el diseño de las obras de drenaje transversal y longitudinal de una obra vial de tanta importancia para el país.
- El tránsito de diseño utilizado en el diseño de pavimentos no considera el incremento en el tránsito que circularía sobre la vía producto del traslado del año de puesta en servicio al año 2021, lo que puede generar una afección en la vida útil de la estructura de pavimento.
- Las soluciones geotécnicas propuestas se consideran adecuadas según las características evaluadas.

Sobre las prácticas constructivas del proyecto

- Se han identificado desniveles en los costados de la vía con alturas importantes y no se han tomado las medidas de seguridad apropiadas para prevenir o reducir la gravedad de un posible accidente de tránsito por la salida de un vehículo de la vía durante la etapa constructiva del proyecto.
- Se determinó que la velocidad de operación en el proyecto es mayor a la velocidad máxima establecida para la etapa constructiva del proyecto y no hay ningún elemento que obligue al usuario a bajar la velocidad hasta el límite establecido.
- Se evidenció que las rocas utilizadas para la construcción de algunos muros de gaviones del proyecto no satisfacen lo establecido en la sección 705.01 del CR-2010 debido al tamaño de las rocas utilizadas.
- Se evidenció que algunas canastas del muro instalado entre los estacionamientos 150+690 y 150+830 se encuentran deformadas, contrario a lo establecido en la sección 253.06 del CR-2010.

Sobre la calidad de los materiales empleados a la fecha en el proyecto

- Se evidenciaron algunos incumplimientos en la resistencia a la compresión simple a los 28 días y el asentamiento en algunas muestras del concreto estructural clase A utilizado en el proyecto. Lo anterior tanto en los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación como por el LanammeUCR.
- Los parámetros evaluados, tanto por el LanammeUCR como por el laboratorio de verificación, para el concreto estructural clase B para bastiones se encuentran dentro de los límites establecidos en los documentos contractuales del proyecto.
- Se evidenciaron algunos incumplimientos en la resistencia a la compresión simple a los 28 días, la temperatura de colocación y el asentamiento en algunas muestras del concreto estructural clase B para pilotes utilizado en el proyecto. Lo anterior tanto



en los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación como por el LanammeUCR.

- Para el pilote #3 del bastión #1 del puente sobre el río Salitral LD no se emitió una no conformidad, a pesar que no se alcanzó la resistencia requerida a los 28 días, aun cuando los cilindros se ensayan a 45 días.
- No se evidenció una correcta protección contra la intemperie de los agregados apilados en planta para la producción de concreto, lo que pudo haber afectado la calidad del concreto suministrado.
- Se evidenciaron incumplimientos en las mallas de 19 mm y N°200 para el material de subbase con graduación A colocado en el proyecto. Al determinar el factor de pago según la sección 107.05 del CR-2010, se determinó que el material cae en la zona de rechazo debido a incumplimientos en la malla de 19 mm.
- Se obtuvo un factor de pago del 100% para el material de subbase con graduación B colocado en el proyecto.
- Se identificó que el índice de plasticidad de algunos tramos de subbase colocados en el proyecto supera el límite superior establecido en los documentos contractuales del proyecto.
- Los parámetros del acero evaluado por el LanammeUCR se encuentran dentro de los límites establecidos en las normas ASTM A615 y ASTM A 706.

11. RECOMENDACIONES

A continuación, se listan las recomendaciones del informe para que sean consideradas por la Administración, con el propósito de que puedan definirse e implementarse acciones integrales a futuros proyectos de infraestructura vial.

Al Ministerio de Obras Públicas y Transportes:

- Establecer e implementar lineamientos para verificar el contenido y la calidad de los estudios preliminares de los proyectos.

Al Programa de Infraestructura del Transporte:

- Revisar las observaciones emitidas en este informe sobre los estudios hidrológicos del proyecto y tomar las medidas que se consideren pertinentes para mejorar la representatividad de los estudios hidrológicos desarrollados para el proyecto “Ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional N°1, Carretera Interamericana Norte, sección: Barranca – Limonal, y de la Ruta Nacional N°17, sección: La Angostura”, dado que los estudios hidrológicos desarrollados para el tramo Barranca – Limonal se basan en los resultados que fueron analizados en este informe.
- Analizar si el aumento en el tránsito de diseño por el traslado del año de puesta en servicio implica un aumento en los espesores de las capas del pavimento y analizar si esta observación es aplicable a los proyectos del Programa de Infraestructura del Transporte que están por iniciar.
- Implementar medidas que obliguen al usuario a reducir su velocidad de operación hasta el límite máximo establecido para la etapa constructiva del proyecto, al menos en las zonas con desniveles de altura importante en los costados de la vía.



- Solicitar al contratista la presentación de soluciones que permitan minimizar el riesgo de pérdida de masa en el muro de gaviones instalado entre los estacionamientos 150+690 y 150+830.
- Instar al contratista a proteger los agregados almacenados en planta contra la intemperie, de manera que se minimice la contaminación de los agregados y la pérdida de finos y se controle de mejor manera la humedad en los agregados.
- No permitir, en la medida de lo posible, la colocación de concreto con asentamientos o temperaturas de colocación fuera de los rangos permitidos.
- Realizar un inventario de los deterioros (nidos de piedra, acabados deficientes, etc.) que se han identificado en los elementos fabricados con concreto estructural clase A y clase B para dar seguimiento a las reparaciones que debe realizar el Contratista.
- Emitir una no conformidad donde se indiquen los tramos de subbase que tienen una plasticidad por fuera de los límites establecidos en los documentos contractuales del proyecto.
- Ante la gran cantidad de no conformidades que se encuentran abiertas a la hora de emitir este informe, se recomienda prestar más atención a este procedimiento y tomar las medidas necesarias, de parte tanto de la Administración como del Contratista, para solventar con la mayor prontitud dichos procedimientos y garantizar que la calidad de los materiales y las prácticas constructivas estén acordes a los requerimientos establecidos en los documentos contractuales del proyecto y a las buenas prácticas de la ingeniería.



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*. Washington: Customary U.S. Units.
- ACI. (2007). *ACI 237R-07 Self-Consolidating Concrete*. American Concrete Institute.
- ACI Comité ACI 318. (2019). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318-19)*. Farmington Hills, U.S.A.: American Concrete Institute.
- ACI Committee 301. (2016). *ACI 301-16 Specifications for Structural Concrete*.
- ASTM. (2015). *ASTM C143 Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete*. West Conshohocken: ASTM International.
- ASTM. (2016). *ASTM A706 Standard Specification for Deformed and Plain Low-Alloy Steel Bars for Concrete Reinforcement*.
- ASTM. (2020). *ASTM A615 Standard Specification for Deformed and Plain Carbon-Steel Bars for Concrete Reinforcement*.
- 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.
- Monge, A. (2018). *LM-IG-06-18 Revisión del estudio de suelos para el proyecto Limonal - Cañas*. San José, Costa Rica: LanammeUCR.
- Monge, A. (2019). *LM-IG-07-19 Revisión de la propuesta alterna para las cimentaciones de los puentes del Proyecto Limonal - Cañas*. San José, Costa Rica: LanammeUCR.
- MOPT. (2010). *Manual de Especificaciones Generales para la construcción de Caminos, Carreteras y Puentes CR-2010*. San José.
- MOPT. (2015). *Manual Técnico de Dispositivos de Seguridad y Control Temporal de Tránsito para la Ejecución de Trabajos*. Costa Rica.
- Oreamuno, R., & Bonilla, R. (2019). *CIEDES-055-2019*. San José, Costa Rica: CIEDES-UCR.
- SIECA. (2000). *Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito*. Guatemala.
- SIECA. (2016). *Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas para la Infraestructura Vial en Centroamérica*. El Salvador: Primera Edición.
- Solórzano, S. (2019). *LM-USVT-32-2019*. San José, Costa Rica: LanammeUCR.



EQUIPO AUDITOR		
<p>Preparado por: Ing. Mauricio Picado Muñoz Auditor Técnico</p>	<p>Revisado por: Ing. Francisco Fonseca Chaves Auditor Técnico</p>	<p>Revisado por: Ing. Sergio Guerrero Aguilera Auditor Técnico</p>
<p>Revisado por: Ing. Fiorella Murillo Contreras Auditora Técnica</p>	<p>Visto Bueno de Legalidad: Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal Externo LanammeUCR</p> <p style="text-align: center;"></p>	<p>Revisado y aprobado por: Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc. Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica</p>
<p>Aprobado por: Ing. Alejandro Navas Carro, MSc. Director General LanammeUCR</p>		



13. ANEXOS

Anexo A. Análisis del descargo al informe CIEDES-055-2019

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales	Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo	Versión: 1
Consecutivo:		Página: 1/6

1. Nombre Informe
 CIEDES-055-2019 Revisión de los estudios hidrológicos del proyecto: "Ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional N°1, Carretera Interamericana Norte, sección: Limonal - Cañas".

2. Descargo
 El día 8 de agosto de 2019 se recibe en las instalaciones del LanammeUCR un oficio del Ing. Rafael Murillo Muñoz (de fecha 12 de julio de 2019) y un oficio del Ing. Alberto Serrano Pacheco (de fecha 15 de junio de 2019) como descargo al informe CIEDES-055-2019.

3. Análisis del descargo

➤ Sobre los descargos presentados por el Ing. Alberto Serrano Pacheco:

Descargo N°1
 El consultor indica que el caudal para un periodo de retorno de 200 años que no se muestra en el cuadro de caudales máximos instantáneos determinados en el estudio hidrológico de Murillo (2012) fue suministrado por el mismo Murillo, debido a que en algún momento se discutió la posibilidad de determinar la profundidad de socavación para el evento de 200 años de periodo de retorno, como lo indica el nuevo manual de carreteras de la Federal Highway Administration. Además, indica que esto no se realizó, ya que el diseño hidráulico y la determinación de la socavación potencial fueron realizados con el caudal con 100 años de periodo de retorno. Finaliza mencionando que, por claridad del documento, debió quitarse este dato del cuadro.

Análisis del descargo:
 La explicación del consultor es de recibo y además acepta la recomendación sobre la claridad del documento. No obstante, surge la duda de por qué Ing. Alberto Serrano realizó la determinación de la socavación potencial con un caudal de 100 años de periodo de diseño y el Ing. Rafael Murillo determinó la socavación potencial para un caudal de 200 años de periodo de diseño. Por lo tanto, se mantiene la observación del informe CIEDES-055-2019 y se añade la diferencia de criterios encontrada entre ambos consultores sobre la determinación de la socavación potencial.

Descargo N°2
 El consultor indica que, a pesar de haber utilizado un modelo bidimensional para flujo no permanente, el estudio hidrológico realizado por el Ing. Rafael Murillo (2012) sólo determinó caudales máximos instantáneos, por lo que se realizó el cálculo tomando como caudal de entrada el definido en el estudio hidrológico de Murillo y se corrió el programa hasta que el caudal de salida fuera el mismo. Esto hace que la parte temporal de la creciente no sea considerada, ya que se llega a una solución de flujo permanente, por lo tanto, el presentar los intervalos de tiempo o el tiempo total de simulación se vuelven parámetros irrelevantes. La utilización de un modelo bidimensional, permitió obtener una mejor descripción de las condiciones de flujo en los tramos de los cauces analizados, sobre todo cuando se presentan curvas pronunciadas, como por ejemplo en el tramo del río Desjarretado.



	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales	Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo	Versión: 1
Consecutivo:		Página: 2/6

Análisis del descargo:

Se considera de recibo el descargo del consultor, no obstante, la recomendación brindada en el informe CIEDES-055-2019 sobre indicar los intervalos de tiempo utilizados y cuál fue el tiempo total que se utilizó para definir las características del flujo durante las crecientes que se modelaron, se considera importante por lo que se sugiere conservar la recomendación para que la Administración tome en cuenta estas medidas en futuros estudios. Además, se agregará la ventaja indicada al final del descargo del consultor, para hacer hincapié en las ventajas de la utilización de un modelo bidimensional, sobre todo en ríos de planicie o en ríos con curvas pronunciadas como el caso del Río Desjarretado.

➤ Sobre los descargos presentados por el Ing. Rafael Murillo Muñoz:

Descargo N°1

"En cuanto [sic] a la razón de por qué no se presentan los hidrogramas de crecientes como resultado del modelo agregado se debe indicar que tanto en el apartado 3.4.4 como en las conclusiones del estudio se indica claramente que los resultados de ese modelado hidrológico no se consideran representativos ya que los caudales obtenidos no se congruentes con el tamaño de las cuencas, la zona climática donde se encuentran y las producciones específicas obtenidas. Llama la atención que los revisores no hagan referencia a lo indicado en el estudio. Además, los criterios de diseño establecidos por el CONAVI se basan en caudales pico mientras que las metodologías de la Administración Federal de Carreteras de los Estados Unidos de América (FHWA por sus siglas en idioma inglés) para la estimación de la socavación se basan también en caudales pico".

Análisis del descargo:

No se considera de recibo el descargo del consultor, pues para la importancia y magnitud de la obra para la cual se está desarrollando el estudio, no es suficiente el uso de caudales máximos instantáneos. El uso de hidrogramas permite utilizar un modelo de flujo no permanente y un diseño hidráulico más exhaustivo. Por lo anteriormente mencionado, se mantiene la observación indicada en el informe CIEDES-055-2019.

Descargo N°2

"De acuerdo con las condiciones de contrato, el CONAVI era el encargado de suministrar toda la información hidrometeorológica disponible en el Instituto Costarricense de Electricidad e Instituto Meteorológico Nacional.

Se comprende la inquietud de los revisores sobre el uso de los datos de las estaciones fluviométricas 78-2101, Limonal Viejo y 76-2002 Libano. Estos datos fueron solicitados oportunamente. Sin embargo, en la información obtenida por el CONAVI y suministrada al suscrito solo se contempla 10 datos de caudal máximo anual (1986 a 1995) para la estación Limonal Viejo mientras que en estación Libano también solo se suministraron 10 datos, de 1985 a 1994. Al tratarse de registros cortos ambas estaciones fueron descartadas tal y como sucedió con la estación 78-2102 Yomalé.



	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales	Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo	Versión: 1
Consecutivo:		Página: 3/6

En atención al uso de la estación 80-2201 Nagatac se señala que si bien es cierto la estación se incluye en el informe y se realiza la estimación de eventos extremos, la misma no se utiliza en los análisis posteriores pues se descarta dado que no presenta un registro extenso ni pertenece a la misma región climática de los sitios de interés. Igual situación se presentaría para la estación 80-2202 Guapinol."

Análisis del descargo:

A pesar de que se entiende la situación expuesta por el consultor, no se considera totalmente de recibo, pues al existir información de mejor calidad, el consultor debió solicitar esta información de manera que los resultados de su estudio tuvieran la representatividad y calidad que la obra requería. En cuanto a la estación 80-2201 Nagatac, no se comprende por qué se solicitó esta información y se realizó la estimación de eventos extremos si esta información no se iba a utilizar en el informe. Por lo tanto, se mantiene la observación indicada en el informe CIEDES-055-2019.

Descargo N°3

"Se agradece la explicación amplia sobre el método de Creager realizada por los revisores. Solo se desea agregar que los resultados de dicho método fueron descartados y no se utilizan en los análisis posteriores por las razones que los revisores señalan ampliamente, tal y como se señala en el apartado 3.4.4 del estudio, situación que omiten mencionar los revisores".

Análisis del descargo:

A pesar de que el consultor tiene razón al exponer que los resultados del análisis realizado con el método de Creager no se consideraron para el diseño hidráulico de los puentes, se mantienen las advertencias expuestas en el informe CIEDES-055-2019 sobre el uso de esta metodología, observaciones a las cuales el consultor no presenta descargo alguno.

Descargo N°4

El consultor indica que método de factor de traslado es un método recomendado para estudios hidrológicos por autores como Maidment (1993, Handbook of hydrology), Riggs (1982, Regional analysis of stream flow characteristics), Riggs (1985, Stream characteristics), y Sokolov & Chapman (1974, Methods for water balance computations), para la estimación de caudales en cuencas con información limitada. Además, indica que, según el Instituto Meteorológico Nacional, todas las cuencas analizadas se encuentran en una misma región climática. Por otra parte, indica que, desde el punto de vista geográfico y geomorfológico, todas las cuencas estudiadas se encuentran en una zona homogénea. Finaliza su descargo indicando que, la restricción en área indicada en el informe CIEDES-055-2019 para el uso del método de factor de traslado no es mencionada por autores como Maidment (1993), Riggs (1982, 1985), Sokolov y Chapman (1974).

Análisis del descargo:

A pesar de que el método de factor de traslado es un método recomendado para estimar caudales en cuencas con información limitada, es importante mencionar que su uso se limita a la obtención de caudales promedio anuales, por lo que no se ajusta a las condiciones de eventos puntuales de precipitación [caudal máximo instantáneo].



 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales	Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo	Versión: 1
Consecutivo:		Página: 4/6

Además, es importante mencionar que el área es un factor determinante para definir la homogeneidad de la respuesta hidrológica de la cuenca, pues influye directamente en la distribución espacial de la tormenta y el tiempo de concentración de la cuenca. Cuencas con áreas de drenajes muy diferentes difícilmente tendrán respuestas hidrológicas similares, por lo que simplificar la respuesta hidrológica de una cuenca a la respuesta hidrológica de una cuenca cercana y un factor de traslado es una solución muy aproximada para la importancia del proyecto en cuestión.

De hecho, el consultor indica en la sección 3.4.4 *Selección de caudales* de su informe concluye lo siguiente:

"[...] De estos tres métodos los mayores valores los arroja el análisis regional de crecientes, el cual presenta la debilidad de haber sido desarrollado para cuencas mucho mayores que las de interés en este trabajo. Debido a ello, se considera que el análisis regional no representa adecuadamente la respuesta de las cuencas de los ríos bajo estudio y que a través de su empleo se sobrestiman los caudales esperados".

En el párrafo citado anteriormente, el mismo consultor determina que, bajo su criterio, la aplicación del método análisis regional de crecientes no es aplicable para las cuencas en estudio debido a las diferencias existentes en el tamaño de las cuencas. Llama la atención que el consultor no aplica el mismo criterio para desestimar el método de factor de traslado.

Por lo tanto, se mantiene la observación indicada en el informe CIEDES-055-2019.

Descargo N°5

Las razones por las cuales no se utilizan los resultados del modelado hidrológico se presentan el apartado 3.4.4 del informe. De nuevo, llama la atención que los revisores no hagan referencia a lo indicado en el estudio realizado.

La sección 3.4.4 del informe de Murillo (2012) señala:

"En el caso de modelado hidrológico se tienen resultados congruentes para las cuencas de los ríos [sic] Cañamazo y Congo. Sin embargo, a pesar de haberse utilizado los mismos criterios para las demás cuencas, el modelado arroja caudales máximos que se considera no son representativos para el tamaño de las cuencas y la zona climática. La Tabla 3.35 presenta la producción específica para el evento de 500 años de período de retorno; como se puede apreciar la producción específica producto del modelado para las cuencas de los ríos Desjarretado, Lajas, San Miguel, Salitral y Jabillos es muy superior a lo registrado en las estaciones fluviométricas".

Análisis del descargo:

Si bien lo indicado por el consultor respecto a las diferencias encontradas en la producción específica entre el método de factor de traslado y el modelado hidrológico es cierto, el método de factor de traslado realizado presentó una serie de incongruencias que hacen dudar de sus resultados, por lo



	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales	Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo	Versión: 1
Consecutivo:		Página: 5/6

cual, no se considera válido realizar una comparación entre este método y el modelado hidrológico para desestimar los resultados del modelado hidrológico.

Además, cabe mencionar que la atmósfera puede almacenar una cantidad máxima de humedad, la cual va a determinar la cantidad máxima posible de precipitación en un área determinada, por lo que, al extrapolar registros de precipitación a periodos de retorno de 500 años, se puede estar determinando una cantidad de precipitación superior a la máxima posible, debido a la cantidad máxima de humedad en la atmósfera. El no haber considerado este punto en el modelado hidrológico pudo haber generado las diferencias en producción específica que el consultor señala.

Por lo tanto, no es de recibo el descargo del consultor y se mantiene la observación indicada en el informe CIEDES-055-2019.

Descargo N°6

Para comprender el por qué se descartan los valores estimados por la empresa Roughton International se recomienda leer a partir del último párrafo de la página 11 y hasta el final de la página 13 del oficio CIEDES-055-2019 del 06 de mayo de 2019 y firmado por los revisores.

Análisis del descargo:

El consultor no presenta ningún descargo al punto señalado. Si bien en el informe CIEDES-055-2019, se señalan algunas deficiencias del estudio realizado por Roughton International, el consultor nunca brindó mayores explicaciones del por qué desestimó los resultados obtenidos.

Descargo N°7

El consultor indica que se utilizó una longitud de 240 m aguas arriba del puente sobre el Río Higuerrón y de 320 m aguas abajo de éste (560 m en total). Para el puente sobre el Río Salitral, se utilizó una longitud de 620 m (240 m aguas abajo del puente y 380 m aguas arriba). Para el puente sobre el Río Jabillos se utilizó una longitud total de 540 m (340 m aguas arriba del puente y 200 m aguas abajo del mismo). Además, indica que todas estas distancias se ajustan a las recomendaciones del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos de América en su publicación "Flow transitions in bridge backwater analysis" del año 1995.

Análisis del descargo:

Es de recibo el descargo del consultor, sin embargo, es importante hacer estas aclaraciones en el informe para la claridad del mismo. Se cambia el enfoque de la observación del informe CIEDES-055-2019, sugiriendo tomar en cuenta las recomendaciones del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos de América en cuanto a la longitud de la información topográfica empleada en el modelado hidráulico para ser empleadas en futuros análisis hidráulicos.

Descargo N°8

Es importante señalar que para los eventos de diseño hidráulico en ninguno de los puentes, Higuerrón, Salitral, Jabillos, se presenta contracción de flujo, es decir, las crecientes no llegan a



	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales	Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo	Versión: 1
Consecutivo:		Página: 6/6

alcanzar la posición de los bastiones y por ello las condiciones de flujo no se ven afectadas por la presencia de las estructuras”.

Análisis del descargo:

No se tiene claro el por qué el consultor hace este descargo.

Descargo N°9

“Tal y como se menciona en el apartado 3.1 de los informes hidráulicos el diseño hidráulico se realiza para el evento con periodo de retorno de 100 años, la revisión hidráulica para el evento de 500 años de periodo de retorno. Por su parte, en el apartado 3.2 de los informes hidráulicos se indica claramente que el diseño por socavación se realiza para el evento con periodo de retorno de 200 años y la revisión para el evento de 500 años. Lo anterior se ajusta a la recomendación de la Administración Federal de Carreteras de los Estados Unidos de América (FHWA por sus siglas en idioma inglés) y se indica en la introducción del capítulo 3, lo cual es congruente con las buenas prácticas de la profesión”.

Análisis del descargo:

Como se mencionó en el descargo N°2 del análisis de los descargos presentados por el Ing. Alberto Serrano Pacheco, no se entiende porque el Ing. Murillo y el Ing. Serrano utilizan caudales con diferentes periodos de retorno para el diseño por socavación.

	Nombre y Puesto	Firma	Fecha
Preparó:	Ing. Mauricio Picado Muñoz Auditor técnico LanammeUCR		26/09/2019
Revisó:	Ing. Rafael Dreamuno Vega Experto técnico		26/09/2019
	Ing. Ricardo Bonilla Experto técnico		26/09/2019
Aprobó:	Ing. Wendy Sequeira Rojas Coordinadora UAT LanammeUCR		30/09/2019



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Anexo B. Informe LM-IG-07-19



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de Ingeniería Geotécnica

Informe: LM-IG-07-19

Revisión de la propuesta alterna para las cimentaciones de los puentes del Proyecto Limonal - Cañas



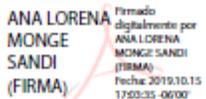
Preparado por:
Ing. Ana Lorena Monge S., M.Sc.
Coordinadora
Programa de Ingeniería Geotécnica

San José, Costa Rica
Octubre, 2019

Tel.: +506 2511-3208 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica

Página 1 de 7



1. Informe LM-IG-07-19		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: Revisión de la propuesta alterna para las cimentaciones de los puentes del Proyecto Limonal – Cañas.		4. Fecha del Informe 14 octubre 2019
6. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
8. Notas complementarias Ninguna		
7. Resumen <i>A solicitud de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR, se presenta a continuación la revisión de la solución alternativa propuesta para las cimentaciones de los puentes de la Ruta Nacional N°1, Carretera Interamericana Sección Limonal – Cañas. La revisión consiste en verificar que en los documentos de la propuesta para las cimentaciones de los puentes cuente con la suficiente información geotécnica para obtener los resultados de capacidad de soporte para las alternativas indicadas. Las revisiones se realizan para los puentes sobre los ríos Deslajmetado, Lajas, Higuerdón, San Miguel, Salitral y Javillo son adecuados, tomando en cuenta las características de los sitios y los fenómenos que puedan afectar a las cimentaciones de estas obras.</i>		
8. Palabras clave Cimentaciones, capacidad de soporte, pilotes preexcavados, puentes.	9. Nivel de seguridad: -	10. Núm. de páginas 7
11. Preparado y aprobado por: <div style="text-align: center;">  ANA LORENA MONGE SANDI (FIRMA) Ing. Ana Lorena Monge Sandi, M.Sc Coordinadora del Programa de Ingeniería Geotécnica </div>		



CONTENIDO

I. Introducción 4

II. Información recopilada de las características de las cimentaciones propuestas 4

 II.1 Documento "Modificación de subestructura Anteproyectos" 4

 II.2 Documento "Revisión de capacidad de soporte por punta y estimación de cota de cimentación para pilotes en puentes vehiculares. Proyecto: Ampliación de Carretera Interamericana Norte" 5

 II.3 Recomendación original presentada en el Estudio de suelos Inicial 6

III. Análisis comparativo de las recomendaciones presentadas 6

IV. Comentarios finales 7

V. Referencias 7



REVISIÓN DE LA PROPUESTA ALTERNA PARA LAS CIMENTACIONES DE LOS PUENTES DEL PROYECTO LIMONAL – CAÑAS

I. Introducción

Por solicitud de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR, el presente Informe muestra el resultado de la revisión de la propuesta alterna para las cimentaciones de los puentes de la Ruta Nacional N°1, Carretera Interamericana Sección Limonal – Cañas, presentado por parte del Contratista a la Administración del Proyecto.

La recomendación inicial para la fundación de los puentes del proyecto era colocar cimentaciones superficiales sobre diversas capas de material competente encontrado en cada sitio. La propuesta alterna es cimentar los bastiones y pilas (cuando aplique) sobre pilotes preexcavados para evitar realizar excavaciones excesivas para llegar a la profundidad de cimentación recomendada.

Esta revisión consiste en el análisis de la información del informe "Modificación de subestructura Anteproyectos", presentado por el Contratista, y el informe GEOP-ESP-24008-2019 v.04 "Revisión de capacidad de soporte por punta y estimación de cota de cimentación para pilotes en puentes vehiculares. Proyecto: Ampliación de Carretera Interamericana Norte" elaborado por la empresa GEOPASA. Esa información se contrasta con el Estudio de suelos presentado por la empresa CACISA, específicamente el apartado 3.3.3 "Estudios de puentes".

Así mismo, se realizan una serie de comentarios al respecto de lo encontrado durante la revisión de los documentos.

II. Información recopilada de las características de las cimentaciones propuestas

Primeramente, se hace un resumen de la información recopilada durante la revisión de los documentos descritos anteriormente para contextualizar la propuesta de la alternativa de las cimentaciones para los puentes.

II.1 Documento "Modificación de subestructura Anteproyectos"

Este documento, presentado por el Contratista, muestra la siguiente información geotécnica para la propuesta alterna de las cimentaciones para cada puente. Al parecer por lo descrito en el documento, estas propuestas se basan en un prediseño de cimentación que realizó la empresa INSUMA, utilizando la información del estudio de suelos realizado por CACISA anteriormente.

Para cada sitio, la empresa INSUMA realiza un análisis de capacidad de soporte con distintas longitudes y diámetros de los pilotes. Adicionalmente, en el documento se presenta un análisis de resistencia lateral para dos tipos de diámetros (contemplados en el análisis de capacidad de soporte de INSUMA) y con dos alternativas de espaciamiento entre ellos. Con este último análisis se logra escoger la longitud, diámetro y espaciamiento optimizados del pilote. Los resultados se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Características de los pilotes preexcavados propuestos por Consorcio Supervisión

Río	Diámetro (m)	Longitud (m) ⁽¹⁾	Cota de cimentación	Capacidad última (Ton)	Material	Espaciamiento (m)
Desjarratado	1.0	8.18	+74	511	Brecha lávica	2.50
Lajas	1.0	7.34	+50	690	Brecha	2.05
Higuerón	1.0	8.21	+41	874	Ignimbritas o lavas	2.05
San Miguel	1.0	MI: 6.52 MD: 7.91	MI: +36.5 MD: +35	MI: 851 MD: 772	Ignimbritas	2.50
Sarital	1.0	MI: 3.75 MD: 9.78	MI: +40 MD: +34	MI: 1122 MD: 1129	Lavas	4.80
Javilco	1.0	MI: 7.45 MD: 7.68	+66	942	Ignimbritas muy fracturadas	2.05

⁽¹⁾ A esta longitud se le debe sumar 0.30 m que se encontrará embudida en el cabezal

II.2 Documento "Revisión de capacidad de soporte por punta y estimación de cota de cimentación para pilotes en puentes vehiculares. Proyecto: Ampliación de Carretera Interamericana Norte"

Se revisa el informe GEOP-ESP-24008-2019 v.04, presentado por la empresa GEOPASA, que muestra la siguiente información geotécnica para la propuesta alterna de las cimentaciones de cada puente. La información utilizada para este análisis se basa en el informe del estudio de suelos realizado por CACISA y en el informe de resultados del ensayo de geofísica realizado por la propia empresa.

Para cada sitio, la empresa GEOPASA realiza un análisis de capacidad de soporte por punta utilizando la teoría de pilotes en roca. Para este tipo de capacidad, solo interesa el diámetro del pilote. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Características de los pilotes preexcavados propuestos por GEOPASA

Río	Diámetro (m)	Cota de cimentación ⁽¹⁾	Capacidad última		Material
			kN	Ton	
Desjarratado	1.0	MI: +75 MD: +74	MI: 8959.90	MI: 690.5	MI: Ignimbrita MD: Ignimbrita
			MD: 8959.42	MD: 613.6	
Lajas	1.0	MI: +65 MD: +65	MI: 20425.73	MI: 2082.8	MI: Brechas MD: Brechas
			MD: 20425.73	MD: 2082.8	
Higuerón	1.0	MI: +46.7 MD: +49.5	MI: 15133.77	MI: 1543.2	MI: Lavas MD _{alt.} : Ignimbrita MD _{alt.} : Lavas
			MD _{alt.} : 16692.14	MD _{alt.} : 1702.1	
San Miguel	1.0	MI: +41 MD: +37.5	MI: 12724.37	MI: 1297.5	MI: Ignimbrita soldada MD: Ignimbrita soldada
			MD: 12724.37	MD: 1297.5	
Sarital	1.0	MI: +42.5 MD: +43	MI: 12811.99	MI: 1286.0	MI: Lavas MD _{alt.} : Ignimbrita soldada MD _{alt.} : Lavas
			MD _{alt.} : 18138.16	MD _{alt.} : 1849.6	
Javilco	1.0	MI: +73 MD: +65	MI: 9780.82	MI: 995.3	MI: Ignimbrita soldada MD: Ignimbrita soldada
			MD: 9780.82	MD: 995.3	

⁽¹⁾ Todos los pilotes se deben empotrar 2 m más profundo que la cota indicada.



II.3 Recomendación original presentada en el Estudio de suelos Inicial

Inicialmente, en el apartado 3.3 del informe del estudio de suelos presentado por CACISA, las recomendaciones originales para las cimentaciones de los puentes son las que se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Recomendaciones originales de cimentaciones para los puentes realizadas por CACISA

Profundidad ⁽¹⁾	Río					
	Desjarretado	Lajas	Higuerón	San Miguel	Salitral	Javillo
	2 m	3.7 m	3 m	3.5	4.5 m	2.75 m
Bastón MI	78.8 manm Ignimbrita soldada	62.7 manm Brecha	43 manm Brecha	36.5 manm Ignimbrita soldada	40.95 manm Lava	60 manm Ignimbrita soldada
	78.8 manm Brecha	62.7 manm Brecha	43 manm Brecha	36.5 manm Ignimbrita soldada	37.8 manm Brecha	60 manm Ignimbrita soldada male
Pila	-	60.2 manm Brecha	-	-	-	87.75 manm Ignimbrita soldada

⁽¹⁾: Sobre nivel de agua del río

III. Análisis comparativo de las recomendaciones presentadas

Al analizar las propuestas presentadas, lo primero que se considera importante realizar es determinar cuál de las dos informaciones es la que se va a utilizar finalmente en el proyecto para diseñar los pilotes, pues a pesar de que la solución parece ser similar en cada sitio para el nivel de desplante y diámetro del pilote, cuentan con diferencias importantes en materiales sobre los cuales cimentar, y sobre todo en la determinación de la capacidad última de los pilotes dada las metodologías distintas que se utilizaron en ambos documentos.

A modo de ejemplo, a continuación se mencionan diferencias encontradas entre la información del estudio de suelos de CACISA con la propuesta presentada por el Contratista:

1. En el río Desjarretado, la propuesta indica que INSUMA toma como material encontrado en la capa 3 como Ignimbrita muy fracturada, mientras que en el Informe del estudio de suelos de CACISA la capa 3A dice que es una Ignimbrita soldada y la capa 3B es una Ignimbrita mejor soldada
2. En el río Higuerón, la propuesta muestra que INSUMA no indica que tipo de material se encuentra en las capas recomendadas para la cimentación por lo que no se tiene claro cuáles propiedades se tomaron para determinar la capacidad de soporte. En el Informe de estudio de suelos de CACISA la capa 3 dice que son Ignimbritas y la capa 5 son lavas
3. En el río Salitral, la propuesta indica que INSUMA recomienda que se cimente sobre la capa 3 que son lavas, pero en el estudio de suelos de CACISA la capa 3 corresponden a Ignimbritas soldadas
4. En el río Javillos, la propuesta muestra que INSUMA indica que se cimenta sobre la capa 2a que es Ignimbrita muy fracturada, pero en el Informe del estudio de suelos de CACISA para el sitio de este río no se encontraron Ignimbritas



Cabe destacar un aspecto importante y es que en la propuesta entregada por parte GEOPASA, no considera la resistencia lateral de los pilotes que eventualmente puede ser importante tomarla en cuenta, no tanto para la capacidad de soporte, sino para el comportamiento del pilote que requiera separaciones o longitudes diferentes a las determinadas solo tomando en cuenta las capacidades portantes.

Sin embargo, a pesar de estas discordancias que se considera conveniente aclarar, se puede observar que el proponer un tipo de cimentación alternativa a la recomendada inicialmente conlleva el propósito de facilitar el proceso constructivo de las fundaciones de los puentes, además de simplificar otras soluciones geotécnicas de índole estabilizadoras que se hubiesen requerido al realizar las excavaciones a cielo abierto para alcanzar los niveles de desplante de las cimentaciones superficiales.

Con respecto a los parámetros y metodologías utilizados para generar esta alternativa de cimentación para los puentes, se consideran adecuados ya que se utilizan los mismos parámetros determinados en el estudio de suelos de CACISA, y la base técnica para desarrollar los cálculos de las capacidades soportantes, se encuentran acorde con las metodologías conocidas para pilotes.

Por lo tanto, se considera recomendable, hacer las aclaraciones de las discrepancias mostradas en la propuesta del Contratista y además que la Administración estudie cuál es la propuesta técnica que aceptará para determinar la optimización de la propuesta de pilotes preexcavados.

También se considera recomendable, realizar un análisis presupuestario para verificar si al facilitar las labores constructivas no se está incurriendo en gastos excesivos en el proyecto, y que por lo tanto optar por esta solución genere beneficios.

IV. Comentarios finales

Después de realizar la revisión de las propuestas de cimentación en pilotes preexcavados, se puede concluir que ambas propuestas pueden ser técnicamente válidas a pesar de la discrepancia entre ellas.

Sin embargo, se considera sano que la Administración realice las aclaraciones correspondientes para asegurar que la propuesta que finalmente se elija sea una opción técnicamente válida y que genere beneficios adicionales a los constructivos al proyecto, como por ejemplo en la disminución de costos.

V. Referencias

- 1. AZVI (2019). Modificación de subestructura Anteproyectos. San José.
2. CACISA (2014). Informe Final, Ruta Nacional N°1, Carretera Interamericana Sección Limalón - Cañas: Estudios Geotécnicos. San José.
3. GEOPASA (2019). GEOP-ESP-24000-2019 v.04 Revisión de capacidad de soporte por punta y estimación de cota de cimentación para pilotes en puentes vehiculares. Proyecto: Ampliación de Carretera Interamericana Norte. Heredia.



Anexo C. Resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para el concreto estructural clase A

Información General				Concreto fresco		Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
Informe	Muestra	Ubicación	Fecha de muestreo	Temperatura (°C)	Asentamiento (mm)		
Límite Inferior				10	125	225	225
Límite Superior				35	175	-	-
13-1037-2019	13-9806-2019	Zapata Est. 149+939 LD	26/9/2019	32.0	170	255	255
13-1037-2019	13-9807-2019					255	
13-1037-2019	13-9828-2019	Zapata Est. 149+706 LD	27/9/2019	32.0	160	279	279
13-1037-2019	13-9829-2019					278	
13-1037-2019	13-10112-2019	Aletón Est. 146+690 LI	2/10/2019	33.0	100	148	146
13-1037-2019	13-10113-2019					146	
13-1037-2019	13-10114-2019					144	
E-13-001-2020	13-10238-2019	Aletones Est. 146+706 LI	9/10/2019	33.0	225	160	164
E-13-001-2020	13-10239-2019					167	
E-13-001-2020	13-10245-2019	Cabezal Est. 146+706 LI	10/10/2019	33.5	100	255	257
E-13-001-2020	13-10246-2019					258	
E-13-001-2020	13-10282-2019	Cabezal Est. 146+969 LI	12/10/2019	31.0	200	171	174
E-13-001-2020	13-10283-2019					177	
E-13-001-2021	13-10294-2019	Zapata Est. 150+234 LI	13/10/2019	28.5	170	199	189
E-13-001-2022	13-10295-2019					178	
E-13-001-2023	13-10418-2019	Aletones Est. 161+811 LI	16/10/2019	33.0	110	228	232
E-13-001-2024	13-10419-2019					236	
E-13-001-2025	13-10498-2019	Muro frontal Est. 161+779 LI	17/10/2019	34.0	190	210	206
E-13-001-2026	13-10499-2019					201	
13-0010-2020	13-11476-2019	Arqueta Est. 161+799 LD	21/11/2019	35.0	150	354	359
13-0010-2020	13-11477-2019					363	
13-0010-2020	13-11803-2019	Arqueta Est. 149+392 LD	6/12/2019	30.0	210	423	414
13-0010-2020	13-11804-2019					416	
13-0010-2020	13-11805-2019					403	
13-0073-2020	13-12156-2019	Caja de registro Est. 165+120 LD	22/12/2019	33.5	140	257	253
13-0073-2020	13-12157-2019					246	
13-0073-2020	13-12158-2019					256	
13-0073-2020	13-12164-2019	Zapata Est. 148+586 LD	20/12/2019	33.5	160	277	265
13-0073-2020	13-12165-2019					251	
13-0073-2020	13-12166-2019					266	
13-0129-2020	13-240-2020	Aletón Est. 148+587 LD	12/1/2020	32.0	170	233	230
13-0129-2020	13-241-2020					228	
13-0129-2020	13-242-2020					230	
13-0129-2020	13-323-2020	Arqueta Est. 161+779 LD	15/1/2020	31.0	180	258	257
13-0129-2020	13-324-2020					249	
13-0129-2020	13-325-2020					263	
13-0129-2020	13-612-2020	Cabezal Est. 164+211 LI	25/1/2020	31.0	200	263	262
13-0129-2020	13-613-2020					262	
13-0129-2020	13-614-2020					260	
13-0129-2020	13-616-2020	Placas aletones Est. 163+792 LD	25/1/2020	32.5	160	254	254
13-0129-2020	13-617-2020					254	
13-0129-2020	13-618-2020					254	
13-0129-2020	13-690-2020	Cabezal Est. 146+706 LD	28/1/2020	31.5	160	261	263
13-0129-2020	13-691-2020					276	
13-0129-2020	13-692-2020					252	
13-0203-2020	13-947-2020	Zapata cabezal Est. 158+943 LD	9/2/2020	29.5	160	269	259
13-0203-2020	13-948-2020					267	
13-0203-2020	13-949-2020					242	



Los valores resaltados en rojo indican que el parámetro se encuentra fuera de los límites establecidos.

Anexo D. Resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para el concreto estructural clase B para bastiones

Información General				Concreto fresco		Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
Informe	Muestra	Ubicación	Fecha de muestreo	Temperatura (°C)	Asentamiento (mm)		
Límite Inferior				10	125	280	280
Límite Superior				32	175	-	-
13-0129-2020	13-678-2020	Viga cabezal B1 R. San Miguel	27/1/2020	32.0	195	282	284
13-0129-2020	13-679-2020					288	
13-0129-2020	13-680-2020					283	
13-0129-2020	13-682-2020	Viga cabezal B1 R. San Miguel	27/1/2020	32.5	130	356	363
13-0129-2020	13-683-2020					367	
13-0129-2020	13-684-2020					365	
13-0129-2020	13-686-2020	Viga cabezal B1 R. San Miguel	27/1/2020	29.0	180	295	294
13-0129-2020	13-687-2020					299	
13-0129-2020	13-688-2020					287	
13-0203-2020	13-1123-2020	Aletones y muro B1 R. San Miguel	13/2/2020	32.0	140	336	341
13-0203-2020	13-1124-2020					368	
13-0203-2020	13-1125-2020					319	
13-0203-2020	13-1127-2020	Aletones y muro B1 R. San Miguel	13/2/2020	31.5	160	297	315
13-0203-2020	13-1128-2020					299	
13-0203-2020	13-1129-2020					349	
13-0203-2020	13-01477-20	Viga cabezal B1 R. Salitral	24/2/2020	29.0	150	351	332
13-0203-2020	13-01478-20					347	
13-0203-2020	13-01479-20					350	
13-0203-2020	13-01481-20	Viga cabezal B1 R. Salitral	24/2/2020	29.5	180	295	315
13-0203-2020	13-01482-20					322	
13-0203-2020	13-01483-20					328	

Los valores resaltados en rojo indican que el parámetro se encuentra fuera de los límites establecidos.

Anexo E. Resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para el concreto estructural clase B para pilotes

Información General				Concreto fresco		Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
Informe	Muestra	Ubicación	Fecha de muestreo	Temperatura (°C)	Asentamiento (mm)		
Límite Inferior				10	175	280	280
Límite Superior				32	225	-	-
13-0077-2019	13-7928-2019	B1P3 Puente R. Salitral LD	9/8/2019	33.6	221	244	247
13-0077-2019	13-7929-2019					250	
13-0077-2019	13-7930-2019					248	
13-0077-2019	13-7949-2019	B1P1 Puente R. Salitral LD	10/8/2019	30.9	200	265	267
13-0077-2019	13-7950-2019					268	
13-0077-2019	13-7954-2019	B1P1 Puente R. Salitral LD	10/8/2019	31.0	221	278	272
13-0077-2019	13-7955-2019					266	
13-0077-2019	13-7960-2019	B1P2 Puente R. Salitral LD	11/8/2019	32.0	240	314	306
13-0077-2019	13-7961-2019					312	
13-0077-2019	13-7962-2019					299	
13-0077-2019	13-7963-2019					304	
13-0077-2019	13-7964-2019					295	
13-0077-2019	13-7965-2019					314	
13-0077-2019	13-8046-2019	B1P4 Puente R. Salitral LD	12/8/2019	30.0	195	274	278
13-0077-2019	13-8047-2019					280	
13-0077-2019	13-8049-2019					284	



13-0077-2019	13-8050-2019					272	
13-0077-2019	13-8080-2019	B1P2 Puente R. Salitral LI	13/8/2019	33.2	230	262	261
13-0077-2019	13-8081-2019					259	
13-0077-2019	13-8098-2019	B1P4 Puente R. Salitral LI	14/8/2019	30.0	220	293	298
13-0077-2019	13-8099-2019					303	
13-0973-2019	13-8253-2019	B2P2 Puente R. Salitral LI	20/8/2019	34.0	221	325	327
13-0973-2019	13-8254-2019					328	
13-0973-2019	13-8286-2019	B1P1 Puente R. Salitral LI	20/8/2019	30.0	235	352	348
13-0973-2019	13-8287-2019					344	
13-0973-2019	13-8332-2019	B2P4 Puente R. Salitral LD	22/8/2019	31.0	200	317	324
13-0973-2019	13-8333-2019					330	
13-0973-2019	13-8338-2019	B2P4 Puente R. Salitral LD	22/8/2019	34.2	160	289	288
13-0973-2019	13-8339-2019					287	
13-0973-2019	13-8411-2019	B2P2 Puente R. Salitral LD	23/8/2019	31.0	200	322	312
13-0973-2019	13-8412-2019					301	
13-0973-2019	13-8417-2019	B2P2 Puente R. Salitral LD	23/8/2019	31.1	210	310	317
13-0973-2019	13-8418-2019					324	
13-0973-2019	13-8689-2019	B2P3 Puente R. Salitral LD	29/8/2019	31.0	200	336	349
13-0973-2019	13-8690-2019					342	
13-0973-2019	13-8691-2019					375	
13-0973-2019	13-8692-2019					333	
13-0973-2019	13-8693-2019					357	
13-0973-2019	13-8694-2019					348	
13-0973-2019	13-8699-2019	B2P3 Puente R. Salitral LD	29/8/2019	29.0	190	342	346
13-0973-2019	13-8700-2019					350	
13-0973-2019	13-8735-2019	B2P1 Puente R. Salitral LD	30/8/2019	32.0	222	347	349
13-0973-2019	13-8736-2019					350	
13-0973-2019	13-8741-2019	B2P1 Puente R. Salitral LD	30/8/2019	33.0	222	353	350
13-0973-2019	13-8742-2019					346	
13-0973-2019	13-8834-2019	B2P1 Puente R. Salitral LI	31/8/2019	30.0	235	372	366
13-0973-2019	13-8835-2019					360	
13-0973-2019	13-8840-2019	B2P1 Puente R. Salitral LI	31/8/2019	30.0	210	289	291
13-0973-2019	13-8841-2019					293	
13-0973-2019	13-8846-2019	B2P4 Puente R. Salitral LD	30/8/2019	30.0	240	387	362
13-0973-2019	13-8847-2019					337	
13-0973-2019	13-8852-2019	B2P4 Puente R. Salitral LD	30/8/2019	31.5	225	366	349
13-0973-2019	13-8853-2019					332	
13-0095-2019	13-9041-2019	B2P2 Puente R. San Miguel LD	5/9/2019	27.0	222	298	297
13-0095-2019	13-9042-2019					295	
13-0095-2019	13-9047-2019	B2P2 Puente R. San Miguel LD	5/9/2019	27.0	221	289	287
13-0095-2019	13-9048-2019					284	
13-0095-2019	13-9109-2019	B2P0 Puente R. San Miguel LD	6/9/2019	28.0	221	288	300
13-0095-2019	13-9110-2019					311	
13-0095-2019	13-9113-2019	B2P0 Puente R. San Miguel LD	6/9/2019	29.0	200	340	338
13-0095-2019	13-9114-2019					335	
13-0095-2019	13-9117-2019	B2P3 Puente R. San Miguel LD	6/9/2019	28.0	200	302	308
13-0095-2019	13-9118-2019					313	
13-0095-2019	13-9121-2019	B2P3 Puente R. San Miguel LD	6/9/2019	28.5	221	326	319
13-0095-2019	13-9122-2019					311	
13-0095-2019	13-9149-2019	B2P1 Puente R. San Miguel LD	8/9/2019	28.0	220	365	389
13-0095-2019	13-9150-2019					413	
13-0095-2019	13-9155-2019	B2P1 Puente R. San Miguel LD	8/9/2019	28.0	230	345	363
13-0095-2019	13-9156-2019					380	
13-0095-2019	13-9161-2019	B1P2 Puente R. San Miguel LD	8/9/2019	28.0	230	348	337
13-0095-2019	13-9162-2019					326	



13-0095-2019	13-9167-2019	B1P2 Puente R. San Miguel LD	8/9/2019	29.5	220	397	402
13-0095-2019	13-9168-2019					407	
13-0095-2019	13-9212-2019	B1P0 Puente R. San Miguel LD	9/9/2019	27.0	222	291	289
13-0095-2019	13-9213-2019					287	
13-0095-2019	13-9216-2019	B1P0 Puente R. San Miguel LD	9/9/2019	28.0	221	293	291
13-0095-2019	13-9217-2019					289	
13-0095-2019	13-9220-2019	B1P3 Puente R. San Miguel LD	9/9/2019	28.0	221	312	302
13-0095-2019	13-9221-2019					291	
13-0095-2019	13-9224-2019	B1P3 Puente R. San Miguel LD	9/9/2019	28.0	220	298	302
13-0095-2019	13-9225-2019					305	
13-0095-2019	13-9279-2019	B1P1 Puente R. San Miguel LD	10/9/2019	28.0	222	298	296
13-0095-2019	13-9280-2019					293	
13-0095-2019	13-9283-2019	B1P1 Puente R. San Miguel LD	10/9/2019	29.0	200	280	299
13-0095-2019	13-9284-2019					317	
13-1037-2019	13-9371-2019	B1P2 Puente R. Desjarretado LI	12/9/2019	30.0	223	339	337
13-1037-2019	13-9372-2019					334	
13-1037-2019	13-9377-2019	B1P2 Puente R. Desjarretado LI	12/9/2019	29.0	222	309	301
13-1037-2019	13-9378-2019					292	
13-1037-2019	13-9580-2019	B1P0 Puente R. Desjarretado LI	19/9/2019	30.0	200	326	335
13-1037-2019	13-9581-2019					343	
13-1037-2019	13-9586-2019	B1P0 Puente R. Desjarretado LI	19/9/2019	29.0	221	281	287
13-1037-2019	13-9587-2019					293	
13-1037-2019	13-9812-2019	B1P3 Puente R. Desjarretado LI	26/9/2019	27.3	220	310	310
13-1037-2019	13-9813-2019					309	
13-1037-2019	13-9818-2019	B1P3 Puente R. Desjarretado LI	26/9/2019	27.0	200	292	298
13-1037-2019	13-9819-2019					304	
13-1037-2019	13-9863-2019	B1P1 Puente R. Desjarretado LI	27/9/2019	28.5	220	324	318
13-1037-2019	13-9864-2019					311	
13-1037-2019	13-9867-2019	B1P1 Puente R. Desjarretado LI	27/9/2019	28.5	220	378	368
13-1037-2019	13-9868-2019					357	
13-1037-2019	13-9942-2019	B2P2 Puente R. Desjarretado LI	29/9/2019	31.5	210	291	299
13-1037-2019	13-9943-2019					306	
13-1037-2019	13-9948-2019	B2P2 Puente R. Desjarretado LI	29/9/2019	32.0	230	280	282
13-1037-2019	13-9949-2019					283	
13-1037-2019	13-10007-2019	B2P4 Puente R. Desjarretado LI	30/9/2019	30.0	215	289	295
13-1037-2019	13-10008-2019					300	
13-1037-2019	13-10011-2019	B2P4 Puente R. Desjarretado LI	30/9/2019	29.5	210	284	285
13-1037-2019	13-10012-2019					285	
13-1037-2019	13-10071-2019	B2P2 Puente R. Javillo LD	1/10/2019	33.0	230	258	256
13-1037-2019	13-10072-2019					254	
13-1037-2019	13-10075-2019	B2P2 Puente R. Javillo LD	1/10/2019	30.0	230	257	258
13-1037-2019	13-10076-2019					258	
13-1037-2019	13-10117-2019	B1P4 Puente R. Lajas LD	3/10/2019	28.0	200	283	284
13-1037-2019	13-10118-2019					284	
13-1037-2019	13-10167-2019	B2P4 Puente R. Lajas LD	2/10/2019	29.0	220	284	283
13-1037-2019	13-10168-2019					282	
13-1037-2019	13-10171-2019	B2P4 Puente R. Lajas LD	2/10/2019	30.0	230	285	283
13-1037-2019	13-10172-2019					280	
E-13-001-2020	13-10183-2019	B2P0 Puente R. Lajas LD	8/10/2019	29.0	220	287	288
E-13-001-2020	13-10184-2019					288	
E-13-001-2020	13-10249-2019	B2P1 Puente R. Lajas LD	9/10/2019	28.0	200	269	267
E-13-001-2020	13-10250-2019					265	
E-13-001-2020	13-10253-2019	B2P1 Puente R. Lajas LD	9/10/2019	29.0	210	248	246
E-13-001-2020	13-10254-2019					243	
E-13-001-2020	13-10265-2019	B1P3 Puente R. Lajas LD	10/10/2019	29.0	230	286	284



E-13-001-2020	13-10266-2019					282	
E-13-001-2020	13-10269-2019					259	
E-13-001-2020	13-10270-2019	B1P3 Puente R. Lajas LD	10/10/2019	29.5	230	262	261
E-13-001-2020	13-10285-2019					240	
E-13-001-2020	13-10286-2019	B2P1 Puente R. Lajas LD	12/10/2019	28.0	230	241	241
E-13-001-2020	13-10290-2019					243	
E-13-001-2020	13-10291-2019	B2P1 Puente R. Lajas LD	12/10/2019	27.5	230	247	245
E-13-001-2020	13-10343-2019					246	
E-13-001-2020	13-10344-2019	B1P0 Puente R. Lajas LD	14/10/2019	26.0	220	247	247
E-13-001-2020	13-10347-2019					238	
E-13-001-2020	13-10348-2019	B1P0 Puente R. Lajas LD	14/10/2019	27.0	210	237	238
E-13-001-2020	13-10377-2019					237	
E-13-001-2020	13-10378-2019	B1P4 Puente R. Javillo LD	15/10/2019	28.0	230	235	236
E-13-001-2020	13-10409-2019					245	
E-13-001-2020	13-10410-2019	B1P2 Puente R. Javillo LD	16/10/2019	30.0	215	259	252
E-13-001-2020	13-10413-2019					247	
E-13-001-2020	13-10414-2019	B1P2 Puente R. Javillo LD	16/10/2019	29.5	220	253	250
E-13-001-2020	13-10489-2019					242	
E-13-001-2020	13-10490-2019	B1P0 Puente R. Javillo LD	17/10/2019	31.0	220	236	239
E-13-001-2020	13-10493-2019					239	
E-13-001-2020	13-10494-2019	B1P0 Puente R. Javillo LD	17/10/2019	32.0	210	235	237
E-13-001-2020	13-10565-2019					280	
E-13-001-2020	13-10566-2019	B1P3 Puente R. Javillo LD	21/10/2019	26.0	220	289	285
E-13-001-2020	13-10587-2019					291	
E-13-001-2020	13-10588-2019	B1P1 Puente R. Javillo LD	22/10/2019	28.0	210	296	294
E-13-001-2020	13-10591-2019					304	
E-13-001-2020	13-10592-2019	B1P1 Puente R. Javillo LD	22/10/2019	28.0	200	299	302
E-13-001-2020	13-10629-2019					308	
E-13-001-2020	13-10630-2019	B2P0 Puente R. Javillo LD	23/10/2019	29.0	210	312	310
E-13-001-2020	13-10633-2019					306	
E-13-001-2020	13-10634-2019	B2P0 Puente R. Javillo LD	23/10/2019	29.0	220	314	310
E-13-001-2020	13-10694-2019					266	
E-13-001-2020	13-10695-2019	B2P3 Puente R. Javillo LD	25/10/2019	29.0	210	275	271
E-13-001-2020	13-10698-2019					196	
E-13-001-2020	13-10699-2019	B2P3 Puente R. Javillo LD	25/10/2019	28.0	270	187	192
E-13-001-2020	13-10759-2019					258	
E-13-001-2020	13-10760-2019	B2P1 Puente R. Javillo LD	27/10/2019	32.0	210	249	254
E-13-001-2020	13-10763-2019					246	
E-13-001-2020	13-10764-2019	B2P1 Puente R. Javillo LD	27/10/2019	31.0	200	234	240
E-13-001-2020	13-10770-2019					236	
E-13-001-2020	13-10771-2019	B2P3 Puente R. Salitral LI	28/10/2019	29.8	230	233	235
E-13-001-2020	13-10774-2019					310	
E-13-001-2020	13-10775-2019	B2P3 Puente R. Salitral LI	28/10/2019	30.5	210	289	300
E-13-001-2020	13-10931-2019					293	
E-13-001-2020	13-10932-2019	B1P4 Puente R. Higueón LD	4/11/2019	28.5	230	290	292
E-13-001-2020	13-10935-2019					330	
E-13-001-2020	13-10936-2019	B1P4 Puente R. Higueón LD	4/11/2019	27.5	210	305	318
13-0010-2020	13-11014-2019					324	
13-0010-2020	13-11015-2019	B2P3 Puente R. Lajas LD	7/11/2019	28.0	190	343	334
13-0010-2020	13-11018-2019					373	
13-0010-2020	13-11019-2019	B2P3 Puente R. Lajas LD	7/11/2019	27.5	230	385	379
13-0010-2020	13-11057-2019					327	
13-0010-2020	13-11058-2019	B1P2 Puente R. Lajas LD	8/11/2019	32.0	200	312	320
13-0010-2020	13-11061-2019					316	
13-0010-2020	13-11062-2019	B1P2 Puente R. Lajas LD	8/11/2019	32.5	210	308	312



13-0010-2020	13-11191-2019	B2P3 Puente R. Desjarretado LI	13/11/2019	31.5	200	283	279
13-0010-2020	13-11192-2019					275	
13-0010-2020	13-11195-2019	B2P3 Puente R. Desjarretado LI	13/11/2019	30.5	200	307	298
13-0010-2020	13-11196-2019					289	
13-0010-2020	13-11293-2019	B2P4 Puente R. Salitral LI	14/11/2019	30.5	200	289	289
13-0010-2020	13-11294-2019					288	
13-0010-2020	13-11297-2019	B2P4 Puente R. Salitral LI	14/11/2019	31.5	200	303	294
13-0010-2020	13-11298-2019					284	
13-0010-2020	13-11370-2019	B2P1 Puente R. Desjarretado LI	19/11/2019	29.5	210	283	283
13-0010-2020	13-11371-2019					282	
13-0010-2020	13-11374-2019	B2P1 Puente R. Desjarretado LI	19/11/2019	28.5	200	322	316
13-0010-2020	13-11375-2019					310	
13-0010-2020	13-11499-2019	B1P1 Puente R. Higueión LD	23/11/2019	33.5	210	297	293
13-0010-2020	13-11500-2019					288	
13-0010-2020	13-11503-2019	B1P1 Puente R. Higueión LD	23/11/2019	34.6	220	313	310
13-0010-2020	13-11504-2019					307	
13-0010-2020	13-11547-2019	B1P2 Puente R. Higueión LD	21/11/2019	33.5	220	295	302
13-0010-2020	13-11548-2019					308	
13-0010-2020	13-11551-2019	B1P2 Puente R. Higueión LD	21/11/2019	31.2	220	282	287
13-0010-2020	13-11552-2019					291	
13-0010-2020	13-11604-2019	B1P3 Puente R. Higueión LD	27/11/2019	30.0	210	258	261
13-0010-2020	13-11605-2019					263	
13-0010-2020	13-11608-2019	B1P3 Puente R. Higueión LD	27/11/2019	31.5	220	281	283
13-0010-2020	13-11609-2019					284	
13-0010-2020	13-11120-2019	B2P0 Puente R. Desjarretado LI	12/11/2019	28.0	200	359	353
13-0010-2020	13-11121-2019					346	
13-0010-2020	13-11124-2019	B2P0 Puente R. Desjarretado LI	12/11/2019	30.5	210	398	392
13-0010-2020	13-11125-2019					386	
13-0010-2020	13-11648-2019	B1P0 Puente R. Higueión LD	28/11/2019	29.0	200	284	287
13-0010-2020	13-11649-2019					289	
13-0010-2020	13-11652-2019	B1P0 Puente R. Higueión LD	28/11/2019	30.5	220	284	286
13-0010-2020	13-11653-2019					288	
13-0010-2020	13-11784-2019	B2P4 Puente R. Higueión LD	5/12/2019	27.5	220	332	333
13-0010-2020	13-11785-2019					334	
13-0010-2020	13-11788-2019	B2P4 Puente R. Higueión LD	5/12/2019	26.5	220	282	284
13-0010-2020	13-11789-2019					285	
13-0010-2020	13-11886-2019	B2P2 Puente R. Higueión LD	6/12/2019	26.0	230	351	360
13-0010-2020	13-11887-2019					369	
13-0010-2020	13-11890-2019	B2P2 Puente R. Higueión LD	6/12/2019	26.0	230	289	285
13-0010-2020	13-11891-2019					281	
13-0010-2020	13-11962-2019	B2P3 Puente R. Higueión LD	8/12/2019	25.5	220	292	290
13-0010-2020	13-11963-2019					287	
13-0010-2020	13-11966-2019	B2P3 Puente R. Higueión LD	8/12/2019	25.5	220	299	299
13-0010-2020	13-11967-2019					298	
13-0010-2020	13-11970-2019	B2P1 Puente R. Higueión LD	9/12/2019	28.0	220	296	294
13-0010-2020	13-11971-2019					292	
13-0010-2020	13-11974-2019	B2P1 Puente R. Higueión LD	9/12/2019	29.0	240	290	287
13-0010-2020	13-11975-2019					283	
13-0073-2020	13-11949-2019	B2P0 Puente R. Higueión LD	12/12/2019	27.0	220	262	261
13-0073-2020	13-11950-2019					259	
13-0073-2020	13-11953-2019	B2P0 Puente R. Higueión LD	12/12/2019	26.0	230	291	286
13-0073-2020	13-11954-2019					281	
13-0073-2020	13-12018-2019	B1P0 Puente R. Lajas LD	14/12/2019	26.5	220	261	257
13-0073-2020	13-12019-2019					253	
13-0073-2020	13-12020-2019					262	



13-0073-2020	13-12021-2019									252	
13-0073-2020	13-12022-2019	B1P0 Puente R. Lajas LD	14/12/2019	27.0	230					291	285
13-0073-2020	13-12023-2019									283	
13-0073-2020	13-12024-2019									283	
13-0073-2020	13-12025-2019									281	

Los valores resaltados en rojo indican que el parámetro se encuentra fuera de los límites establecidos.

Anexo F. Resultados obtenidos por el LanammeUCR para el acero evaluado según la norma ASTM A 615

Informe	Muestra	Varilla (#)	Grado	Fecha de muestreo	Esfuerzo de fluencia (MPa)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Elongación (%)	Espaciamiento entre corrugaciones (mm)	Altura de corrugación (mm)	Ancho individual de separación de corrugación (mm)
Límite inferior					280	420	Variable	-	Variable	-
Límite superior					-	-	-	Variable	-	Variable
I-1684-19	M-1564-19	3	40	8/10/2019	306	500	23	6.7	0.62	1.7
I-1684-19	M-1564-19	3	40	8/10/2019	304	501	23	6.7	0.61	1.7
I-1684-19	M-1564-19	3	40	8/10/2019	303	504	23	6.7	0.67	1.6
I-1684-19	M-1566-19	4	40	8/10/2019	358.0	545	25	8.9	0.84	2.1
I-1684-19	M-1566-19	4	40	8/10/2019	354.0	545	25	8.9	0.82	2.1
I-1684-19	M-1566-19	4	40	8/10/2019	357.0	546	22	8.9	0.76	2.1
I-1684-19	M-1567-19	5	40	8/10/2019	309.0	513	26	11.1	1.01	2.5
I-1684-19	M-1567-19	5	40	8/10/2019	310.0	511	25	11.1	1.05	2.5
I-1684-19	M-1567-19	5	40	8/10/2019	309.0	511	26	11.1	1.03	2.6

Anexo G. Resultados obtenidos por el LanammeUCR para el acero evaluado según la norma ASTM A 706

Informe	Muestra	Varilla (#)	Grado	Fecha de muestreo	Esfuerzo de fluencia (MPa)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Elongación (%)	Espaciamiento entre corrugaciones (mm)	Altura de corrugación (mm)	Ancho individual de separación de corrugación (mm)
Límite inferior					420	550	Variable	-	Variable	-
Límite superior					-	-	-	Variable	-	Variable
I-1684-19	M-1565-19	4	60	8/10/2019	452.0	581	**	8.4	0.95	1.7
I-1684-19	M-1565-19	4	60	8/10/2019	451.0	578	17	8.4	0.77	1.5
I-1684-19	M-1565-19	4	60	8/10/2019	447.0	581	19	8.3	0.76	1.6
I-1684-19	M-1568-19	5	60	8/10/2019	465.0	594	**	10.6	1.16	2.3
I-1684-19	M-1568-19	5	60	8/10/2019	464.0	594	**	10.7	1.24	2.2
I-1684-19	M-1568-19	5	60	8/10/2019	456.0	591	18	10.7	1.21	2.2
I-1684-19	M-1569-19	9	60	8/10/2019	456.0	595	22	19.1	1.9	4.2
I-1684-19	M-1569-19	9	60	8/10/2019	464.0	605	**	19.1	2	4.3
I-1684-19	M-1569-19	9	60	8/10/2019	458.0	599	**	19.1	1.91	4.2

**Falla fuera de la longitud de control



Anexo H. Análisis del descargo al informe en versión preliminar LM-INF-IC-D-0009B-2020

 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales		Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo		Versión: 1
Consecutivo:		Página: 1/10	

1. Nombre Informe

LM-INF-IC-D-0009B-2020: Evaluación de los estudios preliminares, la calidad de los materiales y los procesos constructivos en el proyecto: Ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional N°1, Carretera Interamericana Norte, sección: Limonal – Cañas.

2. Descargo

El día 26 de agosto de 2020, se recibe vía correo electrónico el oficio DM-2020-3257 (de fecha 26/08/2020), remitido por el Ing. Tomás Figueroa Malavassi, en el cual se adjunta el oficio 1164-2020 (de fecha 26/08/2020), donde el Coordinador General de la Unidad Ejecutora del Programa PIT, Germán Juyar Mora, MGP., brinda descargo al contenido del informe LM-INF-IC-D-0009B-2020.

3. Análisis del descargo

Observación No. 1. Los resultados de los estudios hidrológicos e hidráulicos realizados pueden no ser representativos del proyecto debido a la información base utilizada y el alcance de las metodologías empleadas.

Descargo

Se hace la solicitud de considerar el descargo de los profesionales a cargo de los estudios hidrológicos e hidráulicos desarrollados para el proyecto.

Análisis del descargo

Se debe aclarar que las respuestas de los responsables de los estudios hidrológicos e hidráulicos fue analizada a la hora de definir el contenido de la Observación No. 1. Por claridad, se incluirá el análisis de estas respuestas como Anexo A del informe final. La observación se mantiene.

Observación No. 2. Se evidenció la utilización de un tránsito de diseño desactualizado según el periodo de puesta en funcionamiento del proyecto.

Descargo

Se menciona que la ejecución del proyecto cumplió con los parámetros de diseño establecidos en el cartel de licitación para "El Diseño Geométrico, diseño de pavimentos y elaboración de: planos constructivos, especificaciones técnicas, programa de trabajo, propuesta de señalamiento horizontal y vertical, además del presupuesto del siguiente proyecto: Reconstrucción y mejoramiento de la Ruta Nacional N°1, Carretera Interamericana Norte, Sección: Limonal (Intersección con la Ruta Nacional N°18) - Cañas", que consideraba el periodo de vida útil del pavimento sería del 2015 al 2035.

No obstante, también se menciona que se coincide en la importancia de realizar una comprobación del pavimento ante la variación que podría tener el tráfico de diseño, frente al estimado para otro plazo, a partir de la terminación de la obra y una nueva fecha de puesta en servicio.

Dado que el tramo cuenta con una estación de pesaje sobre el mismo, se realizará el contacto pertinente ante Pesos y Dimensiones del CONAVI, de manera que permita obtener el flujo vehicular del periodo transcurrido a la fecha, para realizar la actualización de la proyección de ejes



 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales		Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo		Versión: 1
	Consecutivo:	Página: 2/10	

equivalentes utilizados y compararlos con los supuestos por el Consultor en su diseño y tan pronto como sea posible se le suministrará a la Auditoría del Lanamme-UCR los resultados obtenidos.

Análisis del descargo

Dado que se pretende revisar la estructura de pavimento ante la variación del tráfico de diseño, se considera adecuada la respuesta brindada y se incluirá al final de la Observación No. 2 que la Unidad Ejecutora del Programa PIT (UEP-PIT) pretende realizar una revisión de la estructura de pavimento tomando en consideración la actualización de los ejes equivalentes de carga basándose en los registros de la estación de pesaje Cañas. Por lo demás no se modifica el contenido de la observación.

Observación No. 3. Las soluciones geotécnicas propuestas y los estudios geotécnicos desarrollados para el proyecto se consideran adecuados según las características evaluadas y el alcance del proyecto.

Análisis del descargo

No se brinda ningún descargo relacionado con la Observación No. 3, por lo que se mantiene el contenido de esta observación.

Hallazgo No. 1. En el proyecto existen desniveles de gran altura en los costados de la vía y no se han tomado las medidas de seguridad necesarias para prevenir un accidente de tránsito o reducir la gravedad de éste.

Descargo

Se menciona que se colocó señalización vertical y horizontal, además de rotulación móvil. También se demarcó doble línea amarilla a lo largo de todo el proyecto para evitar maniobras de adelantamiento y maniobras peligrosas. Debido a las condiciones de falta de espacio entre la calzada y las obras laterales es contraproducente el colocar barreras de contención en diversos puntos del proyecto, ya que estas necesitan espacio para su deformación en caso de contacto con un vehículo, su colocación en muchos casos podría generar riesgo en la vía pues deberían colocarse dentro de la calzada. Las barreras se han utilizado como medida de encauzamiento y se ha reforzado con conos, delineadores y luminarias.

Plan de Manejo de Tránsito aprobado por Dirección de Ingeniería General de Tránsito en el apartado de Barreras de contención: "Tomando en cuenta que según la norma se debe contar con condiciones y espacio suficiente para la deformación respectiva de las barreras de contención en caso de recibir un vehículo fuera de control, para efectos de este Plan de Manejo y Control de Tránsito, se considerará la colocación barrera de contención en las orillas de la calzada, cuando la planificación de trabajo para el desarrollo de la obra y en consecuencia de la limitación de espacio disponible para la colocación de las barreras de contención en lugares de trabajo de larga duración lo permita. Una limitante para la colocación de estas barreras de contención en la obra se genera por el transporte de las cargas anchas que a diario se trasladan por el tramo en construcción. La experiencia en los primeros meses no ha sido positiva, dada la destrucción constante de los distintos elementos de prevención colocados al borde de la limitación de la calzada. Esta dependencia considera de manera imperante en los lugares donde no se puedan colocar las barreras de contención se estipule de acuerdo con la normativa nacional vigente la colocación de reductores de



 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo	Referencia: ANEXO 21
	Consecutivo:	Versión: 1
Página: 3/10		

velocidad permanentes durante la etapa constructiva, en las zonas donde la velocidad de los vehículos es evidentemente más alta que el promedio y donde las condiciones de este aumento de velocidad pueden aumentar los riesgos para los usuarios y los trabajadores.”

Se indica que las velocidades son un tema difícil de controlar en una carretera como Ruta 1, sin embargo se tomaron medidas para informar a los conductores sobre los trabajos de construcción en la vía, colocando rotulación al inicio y al final, la velocidad máxima (30 kph) que se puede circular así como la prohibición de adelantar, esto se reforzó a lo largo del proyecto tanto con rotulación fija como móvil, además, los controles de tránsito en el área ayudan a respetar la velocidad de los que circulan en el lugar.

Finalmente, se indica que se realizan trabajos de mantenimiento en el tramo en construcción, tanto de señalización vertical como horizontal, bacheos periódicos para minimizar el riesgo de accidentes y continuamente se solicita al Contratista el análisis de factores de riesgo de la vía.

Análisis del descargo

Se coincide en que, debido al espacio disponible, la colocación de barreras de contención es contraproducente y por ello, las barreras colocadas se utilizan únicamente como encauzamiento. Es por ello que la recomendación brindada en el informe LM-INF-IC-D-0009B-2020 es implementar medidas para reducir la velocidad de operación hasta la velocidad establecida para la etapa constructiva y no la colocación de un sistema de contención vehicular.

Como se menciona en el descargo, se han tomado medidas para reducir la velocidad de operación durante la etapa constructiva (demarcación de doble línea amarilla, colocación de señales de velocidad restringida, demarcación horizontal), no obstante, tal y como se observa en las mediciones de velocidad realizadas por el LanammeUCR, la velocidad de operación sigue superando en gran medida la velocidad establecida para la etapa constructiva del proyecto. Además, se observan maniobras de adelantamiento, a pesar de que se ha demarcado con doble línea amarilla. Es por ello que se considera importante mantener el Hallazgo y reiterar la recomendación de implementar medidas que obliguen a los usuarios a reducir su velocidad de operación, pues las medidas implementadas hasta el momento no reducen el riesgo de accidente.

Cabe destacar que, según lo indicado en el Plan de Manejo de Tránsito aprobado, se considera imperante la colocación de reductores de velocidad permanentes durante la etapa constructiva en las zonas donde no se puedan colocar las barreras de contención, la velocidad de los vehículos es evidentemente más alta que el promedio y donde las condiciones de este aumento de velocidad pueden aumentar los riesgos para los usuarios y los trabajadores. Esta afirmación se considera coincidente con la recomendación dada en el informe LM-INF-IC-D-0009B-2020.

Se añadirá al Hallazgo No. 1 que se realizan trabajos de mantenimiento tanto a la señalización como a la vía para reducir el riesgo de accidentes y que se le solicita al Contratista el análisis de factores de riesgo de la vía.

Hallazgo No. 2. Algunos muros de gaviones construidos en el proyecto no satisfacen lo establecido en las secciones 253.06 y 705.01 del CR-2010.

Descargo



 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales		Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo		Versión: 1
	Consecutivo:	Página: 4/10	

Se indica que el material destinado para la construcción de gaviones fue previamente sometido a aprobación. No obstante, el Contratista siguió una mala práctica colocando rocas de menor tamaño al especificado en las caras expuestas de las canastas, al darse estas deficiencias constructivas en la estructura se procedió a dar apertura a la No Conformidad N°24. A la fecha el Contratista no ha presentado la solicitud de cierre con los insumos necesarios que acrediten las reparaciones realizadas.

También se menciona que, a raíz de la no conformidad, la Supervisión tiene evidencia de que el Contratista ha mejorado su proceso constructivo y ha hecho las correcciones pertinentes en el proceso artesanal que se realiza (llenado de canastas manualmente), reflejándose esto en otros muros de gavión construidos en el proyecto.

Análisis del descargo

Lo indicado en el descargo se considera adecuado. No obstante, al no haberse resuelto los problemas señalados en el muro de gaviones entre los estacionamientos 150+690 y 150+830, y para la toma de decisiones en proyectos futuros, se mantiene el contenido del Hallazgo No. 2. Se añade al contenido del hallazgo que el acabado y verticalidad de los muros de gaviones construidos en el proyecto ha mejorado, pues es un aspecto que el Equipo Auditor también ha observado en campo a lo largo de la ejecución del proyecto.

Hallazgo No. 3. Se evidenciaron incumplimientos en los parámetros de resistencia a la compresión simple y asentamiento en el concreto estructural clase A (225 kg/cm²) utilizado en el proyecto.

Descargo

Se menciona que, a raíz de los incumplimientos en la resistencia esperada, se acordó realizar, en conjunto con el Contratista, pruebas no destructivas en el concreto hidráulico para definir un criterio de aprobación de estos elementos en observación, entre ellos: el ensayo del número de rebote en el concreto endurecido (esclerómetro) - ASTM C 805 y el ensayo de velocidad de pulso a través de concreto - ASTM C 597. Los resultados de estos análisis concluyen que el concreto de estas estructuras, no cumple con la resistencia mínima requerida. Por ello, la Supervisión emitió el oficio CR1-DI-846-2020 que instruye al Contratista realizar la demolición y la reconstrucción de las estructuras.

En cuanto a la dispersión del parámetro de asentamiento, se indica que la colocación de concreto bajo estas condiciones se realiza a cuenta-riesgo del Contratista.

En relación con el muestreo de concreto estructural clase A realizado por el LanammeUCR, se menciona que la Supervisión no cuenta con una contramuestra, pues el laboratorio de verificación sólo muestrea un porcentaje de las muestras que realiza el Contratista, por lo que en algunos casos no se cuenta con las contramuestras necesarias para poder certificar al 100% la calidad de los trabajos y los materiales que se incorporan al proyecto.

Análisis del descargo

En cuanto a los incumplimientos en la resistencia esperada, se considera adecuado el procedimiento seguido y las conclusiones de los estudios realizados. Sin embargo, se considera importante



 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales	Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo	Versión: 1
	Consecutivo:	Página: 5/10

mantener la alerta para la toma de decisiones ante posibles eventualidades similares en el proyecto y en proyectos futuros. Por ello, se mantiene el contenido del Hallazgo 3. Se añade que, según el oficio CR1-DI-846-2020, se instruye al Contratista realizar la demolición y reconstrucción de las siguientes estructuras:

- 146+706 U correspondiente a la estructura aletón 1 y aletón 2.
- 146+969 U correspondiente a todo el cabezal de tipo CA-2B.
- 161+779 U correspondiente a todo el cabezal de tipo CA-2B.

Con la salvedad que, en el oficio CR1-DI-846-2020, no se hace referencia a la estructura zapata para cabezal de alcantarilla Est. 150+234 U, donde la resistencia a la compresión simple del concreto colocado tampoco alcanzó la resistencia mínima requerida.

En cuanto a lo referente al asentamiento, dicha afirmación fue incluida en el informe preliminar, por lo que no se considera necesario modificar el contenido del hallazgo en este aspecto.

Respecto a los resultados del muestreo de concreto estructural clase A realizado por el LanammeUCR, vale la pena reiterar que los resultados obtenidos por el LanammeUCR no pretenden cumplir la función de control o verificación de la calidad, sino que pretenden ser un insumo para la toma de decisiones por parte de la Administración. Si bien la comparación de resultados obtenidos por el laboratorio de verificación y por el LanammeUCR se considera una práctica que enriquece el control de la calidad del proyecto y de la auditoría en ejecución al proyecto, no se considera necesario que para todo muestreo realizado por el LanammeUCR haya una muestra espejo por parte de la Verificación, pues ambos laboratorios tienen frecuencias de muestreo diferentes y objetivos independientes en cuanto al análisis de la calidad de los materiales. Adicionalmente, se considera que los resultados obtenidos por el LanammeUCR puede ser un insumo valioso para la Administración para la toma de decisiones donde, precisamente, debido a los términos contractuales, no se tiene una muestra de parte del laboratorio de verificación para determinar la calidad de los elementos construidos. Por lo tanto, se considera importante mantener el resultado obtenido por el LanammeUCR, de manera que la Administración pueda utilizar este insumo para analizar si el elemento en cuestión satisface los requerimientos contractuales.

Hallazgo No. 4. Los parámetros evaluados en el concreto estructural clase B (280 kg/cm²) para bastiones utilizado en el proyecto se encuentran dentro de los límites establecidos en los documentos contractuales del proyecto.

Descargo

Se indica que se ha permitido la colocación de concreto que presente características fuera de los parámetros basado en la experiencia de la Supervisión para autorizar el vaciado o no de los concretos, pero dejando claro al Contratista que es el responsable de la calidad final de los elementos construidos en esa condición, por lo que su colocación corre por cuenta, costo y riesgo de la empresa constructora de presentarse problemas en la calidad final de esos elementos.

Análisis del descargo

Se añadirá al contenido del Hallazgo 4 que la colocación de concreto que presente características fuera de los parámetros se ha realizado a cuenta y riesgo del Contratista. Sin embargo, se hace



 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales	Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo	Versión: 1
Consecutivo:		Página: 6/10

hincapié a la recomendación del informe de no permitir, en la medida de lo posible, la colocación de concreto con parámetros fuera de los límites establecidos, de manera que se tomen medidas preventivas y no reactivas y de esta manera mejorar la calidad final de los elementos construidos.

Hallazgo No. 5. Se evidenciaron incumplimientos en los parámetros de resistencia a la compresión a los 28 días, temperatura de colocación y asentamiento en el concreto estructural clase B (280 kg/cm²) para pilotes utilizado en el proyecto.

Descargo

En relación con la lista de elementos donde los resultados reportados por la Verificación indican que el concreto suministrado tiene una resistencia a la compresión simple a los 28 días menor a la mínima requerida (Cuadro 6 del informe LM-INF-IC-D-0009B-2020), se aclara que para el pilote #2 del bastión #1 del puente sobre el río Javillo del lado derecho se emitió la no conformidad N°28.

En cuanto al pilote #3 del bastión #1 del puente sobre el río Salitral del lado derecho, se indica que la muestra de concreto fallada a 45 días tiene una resistencia de 99.6 % de la resistencia esperada para la cual fue diseñado, por lo que el Ingeniero no consideró realizar la apertura de esta, además se comprobó que el comportamiento de la curva de ganancia de resistencia de ese concreto es creciente.

También se indica que, a partir de una reunión celebrada el 17 de diciembre de 2019 con personal de la Supervisión, Contratista y especialistas estructurales, se acordó que el Contratista prepararía un análisis estructural ajustado a los resultados que arrojará la investigación sobre el estado de los pilotes fallados a 28 días y donde el Laboratorio de Verificación contaba con cilindros de concreto adicionales, que mostrarán la ganancia de la resistencia a 45 días, para los cuales el Contratista una vez presentados todos los soportes técnicos que respaldaran la integridad de los elementos, propuso un factor de pago para los pilotes que no cumplieran con los requerimientos contractuales como se presenta en el oficio 2020-04-01 CIN/920/890/DT y 2020-04-21 CIN/977/947/DT que fueron aprobados en el oficio de la Supervisión CR1-DI-719-2020.

Además, el Contratista como medida correctiva para la segunda etapa de ejecución de pilotes, se comprometió a utilizar concreto hidráulico autonivelante, con la finalidad de minimizar los infortunios presentados en la primera etapa de construcción, como se indicó en su oficio 2020-05-04 CIN/1016/986/DT, y donde esta Supervisión emite su aceptación mediante el oficio CR1-DI-546-2020.

En lo referente a la temperatura del concreto, se indica que el 85% de los datos cumplen con la temperatura mínima de 32°C y ninguna sobrepasa los 35°C. También se menciona que la colocación del concreto hidráulico para estas estructuras está supeditada a la decisión del Ingeniero.

En cuanto al asentamiento del concreto, se indica que la colocación fuera de los parámetros establecidos corre por cuenta, costo y riesgo del Contratista de presentarse problemas en el desempeño de estos elementos.

En el caso del pilote #4 del bastión #2 del puente sobre el Río Salitral LD, se indica que la resistencia a la compresión simple obtenida tanto por el laboratorio de verificación como de autocontrol es mayor a la resistencia mínima requerida, contrario al resultado obtenido por el LanammeUCR.



 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales		Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo		Versión: 1
	Consecutivo:	Página: 7/10	

Además, se indica que, según consta en la no conformidad N°3, dicho pilote tuvo una afectación en el proceso constructivo y el mismo fue deshabilitado de la subestructura del puente, construyéndose uno adicional.

Análisis del descargo

En cuanto a la no conformidad relacionada con el pilote #2 del bastión #1 del puente sobre el río Javillo del lado derecho, se procederá con la corrección correspondiente en el Cuadro 6 y texto relacionado.

En cuanto al pilote #3 del bastión #1 del puente sobre el río Salitral del lado derecho, cabe recordar que según ACI 318 se requiere de un mínimo de dos cilindros de 150 x 300 mm para determinar el cumplimiento del concreto, por lo que el resultado de un único cilindro de concreto fallado a los 45 días no es un criterio de aceptación válido. Por lo tanto, se mantiene la alerta contenida en el informe sobre este pilote.

Se incluirá en el Hallazgo:

“Según el oficio 2020-04-01 CIN/920/890/DT (de fecha 01/04/2020), el Contratista realizó un análisis estructural de los puentes considerando la disminución de la resistencia y determinó que dicha disminución no afecta el desempeño estructural de los puentes. Además, en este oficio, el Contratista propone una disminución en el pago correspondiente de los concretos que no alcanzaron la resistencia requerida. Dicha propuesta fue aceptada por la Supervisión del proyecto mediante el oficio CR1-DI-546-2020 (de fecha 07/05/2020). Como medida correctiva, el Contratista se comprometió a utilizar concreto autocompactante para la segunda etapa de construcción de pilotes”.

En cuanto a lo referente a la temperatura y asentamiento del concreto, dichas afirmaciones se encuentran en el contenido del informe, por lo que no se considera necesario modificar el contenido del informe en estos temas.

En el caso del pilote #4 del bastión #2 del puente sobre el Río Salitral LD, lo indicado sobre las diferencias entre los resultados del LanammeUCR y los laboratorios de Verificación y de Autocontrol es mencionado en el informe. Se añadirá, como nota al pie del Cuadro 7, que según la no conformidad N°3 dicho pilote tuvo una afectación en el proceso constructivo y el mismo fue deshabilitado de la subestructura del puente, construyéndose uno adicional.

Hallazgo No. 6. Algunos tramos de subbase colocados en el proyecto presentan incumplimientos en su granulometría y plasticidad.

Descargo

Se indica que el cálculo del factor de pago debe realizarse de acuerdo con los apilamientos y sus graduaciones aprobadas, como se muestra en el informe LGC 13-0203-2020.

Se menciona que analizando lo establecido en la sección 107.01 del CR-2010, la Supervisión estableció que el material de Subbase graduación A analizado podía aceptarse, por lo que la desviación en el tamiz de 19,00 mm no afecta las características físicas del material que conforma la estructura de pavimento, lo anterior conforme a la experiencia del Ingeniero.



 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales	Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo	Versión: 1
Consecutivo:		Página: 8/10

También se hace referencia a la sección 107.04 del CR-2010, la cual indica que: “Cuando no se indique ningún valor de tolerancia en el Contrato, el trabajo será aceptado con base en lo estipulado en la manufactura de materiales y en las tolerancias de la construcción”. Ante esto, la Supervisión considera que el material de subbase graduación A cumple también con las tolerancias de la construcción, definidas como: tamaño máximo, espesor, índice de plasticidad (afecta el módulo resiliente), CBR (afecta el módulo resiliente) y que la granulometría debe evaluarse según la Sección 107.05 Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago (valor del Trabajo) para los tamices N°4, N°40 y N°200.

En cuanto a los incumplimientos en los límites de plasticidad, se indica que el Contratista presentó un plan de remediación para estos tramos en observación según el oficio 2020-04-11 CIN/950/920/DT, mismo que fue aprobado por la Supervisión en el oficio CR1-DI-463-2020. Una vez solventado el incumplimiento en la plasticidad de los tramos en observación, se reevaluó la graduación para garantizar que, luego de las correcciones realizadas, los porcentajes en cada malla se mantuvieran dentro de los límites de especificación, lo que generó que el cálculo del factor de pago se actualizara. También se indica que el Laboratorio de Verificación realizó muestreos en conjunto con el Laboratorio de Autocontrol que evidencian que los tramos con incumplimientos en los límites de plasticidad han sido corregidos satisfactoriamente.

Análisis del descargo

Respecto a realizar el cálculo del factor de pago de acuerdo con los apilamientos y sus graduaciones aprobadas, se debe indicar que, en el informe LGC-13-0203-2020, el cálculo del factor de pago se realiza de acuerdo a los límites de especificación, no así contra la graduación aprobada como se indica en el oficio 1164-2020.

De parte del Equipo Auditor, se considera adecuado realizar el cálculo del factor de pago respecto a la graduación aceptada y las tolerancias establecidas, no obstante, al no tener claros los términos en los que se aplicaría el cálculo del factor de pago (la propuesta del contratista no aclara si se debe realizar contra con la graduación aprobada o contra los límites de especificación), se procedió a realizar el cálculo del factor de pago al igual que el laboratorio de verificación (contra los límites de especificación) y de esta manera poder comparar los resultados obtenidos. Al evaluar el material de subbase contra los límites de especificación, no tiene aporte adicional el separar los análisis por apilamiento (como lo realizado por el laboratorio de verificación), pues se reduce el número de muestras que va a ser evaluado contra un mismo parámetro (los límites de especificación son los mismos para una misma graduación), perjudicando el procedimiento estadístico. Por lo anterior, el LanammeUCR realizó el cálculo del factor de pago contra los límites de especificación (como lo realizado por el laboratorio de verificación), pero sin separar los resultados por apilamientos, pues se considera que esto puede perjudicar el proceso estadístico sin brindar un aporte adicional. Dado lo expuesto anteriormente, no se modificarán los factores de pago obtenidos por el Equipo Auditor.

Cabe mencionar que, al realizar el cálculo del factor de pago según la graduación aprobada, el factor de pago obtenido tiende a ser más estricto. Como el factor de pago obtenido al realizar el análisis de acuerdo con los límites de especificación para el material de subbase con graduación A cae en la zona de rechazo, al realizar el análisis de acuerdo a la graduación aprobada también se llegaría a la misma conclusión.



 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales	Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo	Versión: 1
	Consecutivo:	Página: 9/10

En cuanto a lo destacado en el oficio 1164-2020 de la sección 107.01 del CR-2010:

"[...] El método primario de aceptación se especifica en cada Sección del trabajo. Sin embargo, el trabajo puede ser rechazado en cualquier momento cuando se determine, por cualesquiera de los métodos, que no cumple con las normas del Contrato y los estándares de calidad esperados por el Contratante bajo los principios de razonabilidad, eficiencia y eficacia del buen uso de los fondos públicos". (Lo destacado no es del texto original)

Como se observa en lo destacado del texto original, la sección 107.01 del CR-2010 hace referencia a la posibilidad de rechazar trabajos y no hace mención a la posibilidad de aceptar trabajos que incumplen lo indicado en los documentos contractuales, por lo que lo afirmado en el oficio 1164-2020 no se considera adecuado y, por lo tanto, no modifica el contenido del Hallazgo No. 6.

La afirmación de que la evaluación estadística y determinación del factor de pago debe ser aplicada únicamente para los tamices N°4, N°40 y N°200 no es compartida por el Equipo Auditor, pues para la malla de 19 mm existen las condiciones necesarias para poder realizar el análisis estadístico de acuerdo con los límites de especificación. Es por esto que, a diferencia del laboratorio de verificación, el Equipo Auditor realizó el procedimiento estadístico para la malla de 19 mm y determinó que los incumplimientos obtenidos en esta malla hacen que el factor de pago caiga en la zona de rechazo.

La sección 107.05 del CR-2010 establece:

"[...]

Nota: LSPE es igual al valor superior del rango especificado o al valor objetivo máximo más la tolerancia especificada del parámetro analizado, según el Cartel o lo establecido en cada Subsección correspondiente de estas especificaciones.

[...]

Nota: LIPE es igual al valor inferior del rango especificado o al valor objetivo mínimo menos la tolerancia especificada del parámetro analizado, según el Cartel o lo establecido en cada Subsección correspondiente de estas especificaciones". (Lo destacado no es del texto original)

Dado que para realizar la evaluación estadística según los límites de especificación (al igual que el laboratorio de verificación) no es necesario una tolerancia, pues se utilizan los límites de especificación como lo establece la sección 107.05 del CR-2010, no se considera adecuado el afirmar que para la malla de 19 mm no se puede realizar el análisis estadístico, pues se dispone de los límites de especificación y demás requisitos para aplicar la metodología.

Adicionalmente, como se menciona en el contenido del Hallazgo No. 6, si la Supervisión decidió no realizar el análisis estadístico para la malla de 19 mm, debió evaluar esta malla según la sección 107.04, determinándose de igual manera el rechazo del material.

Por otro lado, si la Supervisión afirma que los incumplimientos en la malla de 19 mm no afectan los límites de construcción, debe demostrar esta afirmación con ensayos de laboratorio que confirmen que, al alejarse de la curva de máxima densidad, la subbase no ve afectados los parámetros de deformación permanente y módulo resiliente. En tal caso, es necesario presentar la modificación



 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales	Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo	Versión: 1
Consecutivo:		Página: 10/10

pertinente a las especificaciones del proyecto con el respaldo requerido. Dado que actualmente las especificaciones del proyecto indican que el material de subbase con graduación A debe cumplir con unos límites de especificación, el LanammeUCR procedió a evaluar los resultados obtenidos para esta malla y determinó que los incumplimientos presentados hacen que el material evaluado caiga en la zona de rechazo. Por lo tanto, no se modifica el contenido del hallazgo en este aspecto.

Se añadirá al contenido del Hallazgo 6: "Según lo indicado en el oficio 1164-2020, el Contratista realizó correcciones en los tramos en observación por incumplimientos en los límites de plasticidad y, posterior a estas correcciones, se reevaluó la granulometría de estos tramos".

Hallazgo No. 7. Los parámetros del acero evaluado por el LanammeUCR se encuentran dentro de los límites establecidos en las normas ASTM A 615 y ASTM A 706.

Análisis del descargo

No se brinda ningún descargo relacionado con el Hallazgo No. 7, por lo que se mantiene el contenido de este hallazgo.

	Nombre y Puesto	Firma	Fecha
Preparó:	Ing. Mauricio Picado Muñoz Auditor Líder	MAURICIO ESTEBAN PICADO MUÑOZ (FIRMA) <small>Firmado digitalmente por MAURICIO ESTEBAN PICADO MUÑOZ (FIRMA) Fecha: 2020.09.17 10:22:28 -06'00'</small>	03/09/2020
Revisó:	Ing. Francisco Fonseca Chaves Auditor Adjunto	FRANCISCO FONSECA CHAVES (FIRMA) <small>Firmado digitalmente por FRANCISCO FONSECA CHAVES (FIRMA) Fecha: 2020.09.17 10:22:28 -06'00'</small>	03/09/2020
	Ing. Sergio Guerrero Aguilera Auditor Adjunto	Firmado digitalmente por SERGIO ANDRES GUERRERO AGUILERA (FIRMA) Ubicación: Ciudad de la Investigación San Pedro Fecha: 2020.09.17 17:13:30 -06'00'	07/09/2020
	Ing. Fiorella Murillo Contreras Auditora Adjunta	FIORELLA MURILLO CONTRERAS (FIRMA) <small>Firmado digitalmente por FIORELLA MURILLO CONTRERAS (FIRMA) Fecha: 2020.09.18 13:04:42 -06'00'</small>	08/09/2020
Aprobó:	Ing. Wendy Sequeira Rojas, M.Sc. Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica	WENDY SEQUEIRA ROJAS (FIRMA) <small>Firmado digitalmente por WENDY SEQUEIRA ROJAS (FIRMA) Fecha: 2020.09.17 15:19:47 -06'00'</small>	15/09/2020