



# Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR)

Informe: EIC-Lanamme-INF-0019-2020

**Análisis del cumplimiento de la frecuencia de ensayos del Plan de verificación de la calidad del proyecto: Mejoramiento y rehabilitación de la Ruta Nacional N°160, sección: Playa Naranjo - Paquera**  
*Documentos de Licitación PIT-5-LPI-0-2016*



Informe final  
Preparado por:

**Unidad de Auditoría Técnica  
LanammeUCR**

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

San José, Costa Rica  
julio, 2022



<b>1. Informe</b> Informe de Auditoría Técnica EIC-Lanamme-INF-0019-20	<b>2. Copia No.</b> 1
<b>3. Título y subtítulo:</b> Análisis del cumplimiento de la frecuencia de ensayos del Plan de verificación de la calidad del proyecto: Mejoramiento y rehabilitación de la Ruta Nacional N°160, sección: Playa Naranjo – Paquera Documentos de Licitación PIT-5-LPI-0-2016	<b>4. Fecha del Informe</b> julio 2022
<b>5. Organización y dirección</b> 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	
<b>6. Notas complementarias</b> --**--	
<b>7. Resumen</b> <i>El presente informe consistió en evaluar la frecuencia de ensayos establecidas en el plan de verificación de calidad del Mejoramiento y rehabilitación de la Ruta Nacional N°160, sección: Playa Naranjo – Paquera Documentos de Licitación PIT-5-LPI-0-2016, aportados por el Consorcio MSD-LGC.</i>  <i>De la revisión de los documentos del proyecto se determinó un indicador de frecuencia de ensayos, con el fin de evaluar objetivamente la frecuencia de ensayos realizados, este indicador mostró resultados positivos para los ensayos de temperatura, asentamiento del concreto y resistencia a la compresión de cilindros de concreto, sin embargo, mostró indicadores nada satisfactorios para los ensayos de peso unitario y contenido de aire.</i>  <i>Se evidenció que la mayoría de ensayos de mezcla asfáltica presentan un indicador de frecuencia satisfactorio.</i>  <i>En relación al material de base estabilizada y material de préstamo se presentan indicadores de frecuencia poco satisfactorios para 3 de los 4 ensayos analizados, así como para material de préstamo y subbase 2 de los 4 indicadores de ensayos calculados presentan resultado por debajo de lo planeado en el plan de verificación de la calidad.</i>  Asimismo, se encuentran deficiencias en el plan presentado por el Consorcio MSD-LGC, debido a que cuenta con información sumamente básica y en algunos casos confusa, que va en detrimento de la correcta ejecución del plan.  Se recomienda corroborar la información del plan de verificación según lo solicitado en la SC-003 Aseguramiento de la Calidad, verificar las cantidades de ensayos solicitadas.	





8. Valoración de resultados

Resultado	Prioridad de atención
Hallazgo 1. El Plan de verificación de calidad no cumple con los requisitos establecidos en la disposición SC-003-2001 "Aseguramiento de la Calidad".	<p>Prioridad de atención</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Muy alta</li> <li>Alta</li> <li>Media</li> <li>Baja</li> </ul>
Hallazgo 2. Se determinó una escasa ejecución de ensayos de peso unitario (INTE C72 (ASTM 138) "Método para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire del concreto por el método gravimétrico" y del ensayo contenido de aire INTE C42 (ASTM 231) "Método de ensayo para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco por el método de presión del ensayo de contenido de aire".	<p>Prioridad de atención</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Muy alta</li> <li>Alta</li> <li>Media</li> <li>Baja</li> </ul>
Observación 1: Se evidenciaron oportunidades de mejora en el reporte de los resúmenes de ensayos elaborados por el Consorcio MSD-LGC.	<p>Prioridad de atención</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Muy alta</li> <li>Alta</li> <li>Media</li> <li>Baja</li> </ul>
Observación 2: Se observa una concentración de ejecución de ensayos particularmente en dos tipos de concreto (resistencia 180 kg/cm <sup>2</sup> y 225 kg/cm <sup>2</sup> ), a pesar de utilizar otros seis tipos de concreto.	<p>Prioridad de atención</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Muy alta</li> <li>Alta</li> <li>Media</li> <li>Baja</li> </ul>
Observación 3: La mayoría de los indicadores de frecuencia de ensayo para las normas INTE C43 (ASTM 1064) "Medición para la temperatura del concreto de cemento hidráulico recién mezclado", INTE C41 (ASTM 143) "Asentamiento en el concreto del cemento hidráulico para concreto e INTE C39 (ASTM C39) "Resistencia a la compresión uniaxial de especímenes de cilindro de concreto", reportan un valor por encima de 100%.	<p>Prioridad de atención</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Muy alta</li> <li>Alta</li> <li>Media</li> <li>Baja</li> </ul>
Observación 4: Los indicadores de cumplimiento para los ensayos de mezcla asfáltica, cumplen con un valor mayor al 100%.	<p>Prioridad de atención</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Muy alta</li> <li>Alta</li> <li>Media</li> <li>Baja</li> </ul>
Observación 5: Con relación a los ensayos realizados a los suelos se observa una concentración de ensayos particularmente para la medición de la densidad mediante el método nuclear, los ensayos de Proctor (estándar y modificado) fueron los que menos se ejecutaron.	<p>Prioridad de atención</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Muy alta</li> <li>Alta</li> <li>Media</li> <li>Baja</li> </ul>





<p>Observación 6: La mayoría de los indicadores de frecuencia de ensayo para los ensayos de base estabilizada se encuentran por encima del 100% en el indicador de frecuencia.</p>	
<p>Observación 7: La mayoría de los indicadores de frecuencia de ensayo para los ensayos de material de préstamo se encuentran por encima de un indicador de frecuencia del 100%.</p>	
<p>Observación 8: Se evidencia indicadores de frecuencia de ensayo para los ensayos de material de subbase por encima al 100%</p>	

<p><b>10. Palabras clave</b> Auditoría Técnica, Frecuencia de ensayos, Control de Calidad, verificación de calidad</p>	<p><b>11. Nivel de seguridad:</b> Ninguno</p>	<p><b>12. Núm. de páginas</b> 42</p>
--	---	--





### INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

**Análisis del cumplimiento de la frecuencia de ensayos del Plan de verificación de la calidad del proyecto:  
Mejoramiento y rehabilitación de la Ruta Nacional N°160, sección: Playa Naranjo – Paquera  
Documentos de Licitación PIT-5-LPI-0-2016**

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

**Supervisora del proyecto:** Consorcio MSD – LGC

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

**Empresa contratista:** Consorcio “Ruta 160”, compuesto por la empresa AZVI S.A.

**Laboratorio de control de calidad:** OJM Consultores de Calidad y Laboratorio S.A.

**Monto original del contrato:** US \$ 27 519 486,10

**Plazo original de ejecución:** 12 meses

**Proyecto:** Mejoramiento y rehabilitación de la Ruta Nacional N°160, sección: Playa Naranjo - Paquera

**Director del LanammeUCR:**

Ing. Alejandro Navas Carro, MSc.

**Coordinadora de Auditoría Técnica:**

Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.

**Auditores:**

Ing. Víctor Cervantes Calvo (Auditor Líder)

Ing. Rose Mary Cabalceta Rubio (Auditor adjunto)

**Asesora Legal:**

Lic. Nidia Segura Jiménez

**Alcance del informe:**

El alcance del estudio a desarrollar en esta auditoría, consiste en evaluar los informes de verificación de calidad, con el fin de comprobar si el plan de verificación de calidad fue ejecutado según frecuencia y cantidad de ensayos establecido en el plan. El estudio está comprendido entre enero 2020 y marzo 2021, considerando todos los resúmenes de ensayo aportados por el consorcio, así como las estimaciones de pago del período antes mencionado, con el fin de contrastar las cantidades de material colocado contra la cantidad de ensayos realizada.

Es importante recalcar que el informe se limita a evaluar la frecuencia de los ensayos, así como la calidad de la información contenida en los informes mensuales de ensayo suministrados por verificación de calidad, por lo cual queda por fuera de este alcance el análisis de cumplimiento de los resultados según especificaciones de calidad.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	FUNDAMENTACIÓN .....	7
2.	OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS.....	7
3.	OBJETIVOS DEL INFORME .....	7
4.	OBJETIVO GENERAL .....	7
5.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
6.	ALCANCE DEL INFORME .....	8
7.	METODOLOGÍA .....	8
8.	DOCUMENTOS DE PREVALENCIA.....	11
9.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	11
10.	RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA.....	12
11.	CONCLUSIONES .....	33
12.	RECOMENDACIONES.....	35
13.	REFERENCIAS.....	36

## Índice de Figuras

FIGURA 1	UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	12
FIGURA 2	CAPTURA RESUMEN DE ENSAYO ENERO 2021.....	17
FIGURA 3	EXTRACTO INFORME VERIFICACIÓN FEBRERO 2020 .....	18
FIGURA 4	EXTRACTO PLAN DE VERIFICACIÓN DE CALIDAD, ENSAYOS MAC.....	19
FIGURA 5	TABLA DE PLAN DE CALIDAD .....	15
FIGURA 6	EXTRACTO PLAN DE VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD CONSORCIO .....	25

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1	SOLICITUD DE INFORMACIÓN UNIDAD ASESORA.....	9
TABLA 2	REGLONES DE PAGO A LOS QUE SE SOLICITA ENSAYOS DE VERIFICACIÓN DE CALIDAD.....	10
TABLA 3	ANÁLISIS DE BRECHA PLAN DE VERIFICACIÓN DE CALIDAD.....	16
TABLA 4	DEFINICIÓN DE INDICADOR.....	20
TABLA 5	TOTALIDAD DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS. ....	21
TABLA 6	TOTAL COLOCADO CONTRA CANTIDAD ENSAYOS CONCRETO 180 KG/CM <sup>2</sup> .....	22
TABLA 7	TOTAL COLOCADO CONTRA CANTIDAD ENSAYOS CONCRETO 225 KG/CM <sup>2</sup> .....	23
TABLA 8	TOTAL MATERIAL COLOCADO CONTRA ENSAYOS CONCRETO 280 KG/CM <sup>2</sup> .....	23
TABLA 9	COMPROBACIÓN ENSAYOS PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE AIRE. ....	25
TABLA 10	TOTALIDAD DE ENSAYOS DE MAC.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
TABLA 11	TOTALIDAD DE ENSAYOS DE SUELOS.....	28
TABLA 12	TOTAL MATERIAL COLOCADO CONTRA ENSAYO BE.....	29
TABLA 13	TOTAL MATERIAL COLOCADO CONTRA ENSAYO PRÉSTAMO.....	30
TABLA 14	TOTAL MATERIAL COLOCADO CONTRA ENSAYOS REALIZADOS DE SUBBASE.....	31
TABLA 15	RESUMEN DE ENSAYOS PARA CONCRETO .....	31
TABLA 16	RESUMEN DE ENSAYOS PARA SUELOS.....	32



## INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA.

### ANÁLISIS DEL CUMPLIMIENTO DE LA FRECUENCIA DE ENSAYOS DEL PLAN DE VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL PROYECTO: MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA RUTA NACIONAL N°160, SECCIÓN: PLAYA NARANJO – PAQUERA. DOCUMENTOS DE LICITACIÓN PIT-5-LPI-0-2016

#### 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 Programa de Fiscalización de la Calidad de la Red Vial del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR) de la Universidad de Costa Rica (UCR).

Asimismo, el proceso de Auditoría Técnica se fundamenta en el pronunciamiento C-087-2002 del 4 de abril del 2002, de la Procuraduría General de la República, que indica:

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

#### 2. OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS

El propósito de las auditorías técnicas que realiza el LanammeUCR en cumplimiento de las tareas asignadas en la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria”, Ley N° 8114, es el de emitir informes según el alcance definido para cada auditoría (el cual para este caso se define en la sección 6), que permitan a las autoridades del país, indicadas en dicha ley, conocer la situación técnica, administrativa y financiera de los proyectos viales durante todas o cada una de las etapas de ejecución: planificación, diseño y especificaciones; cartel y proceso licitatorio; ejecución y finiquito. Asimismo, la finalidad de estas auditorías consiste en que la Administración, de manera oportuna tome decisiones correctivas y ejerza una adecuada comprobación, monitoreo y control de los contratos de obra, mediante un análisis comprensivo desde la fase de planificación hasta el finiquito del contrato.

#### 3. OBJETIVOS DEL INFORME

#### 4. OBJETIVO GENERAL

El objetivo de este informe es evaluar el cumplimiento del plan de verificación de calidad de los materiales incorporados en el proyecto “Mejoramiento y rehabilitación de la Ruta Nacional N°160, Sección: Playa Naranjo - Paquera Licitación Pública PIT-5-LPI-O-2016”.



## 5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisar la calidad de la información generada por el laboratorio de verificación de calidad en los informes de ensayo mensuales, analizando la información y exactitud de los resúmenes de ensayo.
- Analizar las estimaciones de pago del proyecto, considerando los ítems a los que se les debe realizar ensayos de control y verificación de calidad.
- Examinar el cumplimiento contractual de verificación de calidad en cuanto a los ensayos realizados, verificando contra las cantidades de material colocadas en el proyecto.

## 6. ALCANCE DEL INFORME

El alcance del estudio a desarrollar en esta auditoría, consiste en evaluar los informes de verificación de calidad, con el fin de comprobar si el plan de verificación de calidad fue ejecutado según frecuencia y cantidad de ensayos establecidos en el plan. El estudio está comprendido entre enero 2020 y marzo 2021, considerando todos los informes de verificación, así como las estimaciones de pago correspondientes al período antes mencionado, con el fin de contrastar las cantidades de material colocado contra la cantidad de ensayos realizada.

Es importante recalcar que el informe se limita a evaluar la frecuencia de los ensayos, así como la calidad de la información contenida en los informes mensuales de ensayo suministrados por verificación de calidad, por lo cual queda por fuera de este alcance el análisis de cumplimiento de los resultados según especificaciones de calidad.

## 7. METODOLOGÍA

La fiscalización que realiza la Auditoría Técnica del LanammeUCR es un proceso independiente, basado en normas y procedimientos establecidos, aplicando criterios objetivos en procura de lograr el cumplimiento del alcance y los objetivos definidos para cada uno de los estudios desarrollados.

Durante el proceso de auditoría realizado por la Auditoría Técnica del LanammeUCR se enviaron las siguientes solicitudes a la Unidad de Asesoría PIT (Programa de Infraestructura del Transporte), con el fin de que remitieran las estimaciones de pago actualizadas:

Informe EIC-Lanamme-INF-0019-20	mayo , 2022	Página 8 de 59
---------------------------------	-------------	----------------





**Tabla 1.**

*Solicitud de información a la Unidad Asesora*

<b>Oficio de Auditoría Técnica</b>	<b>Fecha de emisión</b>	<b>Oficio de respuesta de la administración</b>
<i>LM-EIC-D-0515-2021</i>	16-06-2021	DM-2021-3377
<i>LM-EIC-D-0338-2021</i>	19-04-2021	DM-2021-2513
<i>LM-EIC-D-0003-2021</i>	04-01-2021	DM-2021-2109
<i>LM-EIC-D-0402-2020</i>	18-05-2020	MSD-LGC-2020-273
<i>LM-IC-D-103-2020</i>	01-02-2020	DM-2020-0509

De dichas solicitudes se logra obtener las estimaciones de pago, informes de ensayos de verificación de calidad y resúmenes de ensayo, mediante los oficios indicados en la Tabla 1 con las que se realiza el análisis de la información, examinando las cantidades totales colocadas por estimación de los ítems a los que se les debe realizar ensayos que se especifican en el Plan de Verificación de Calidad del Consorcio MSD-LGC, identificado como MSD-LGC-2018-45, así como la cantidad de ensayos efectuada por la verificación de calidad.

A partir de la revisión de las estimaciones de pago mensuales del proyecto Licitación PIT-5-LPI-0-2016 “Mejoramiento y rehabilitación de la Ruta Nacional N°160, sección: Playa Naranjo – Paquera”, se logra identificar en la Tabla 2 la totalidad de los ítems de materiales que requerían ensayos de verificación de la calidad, mostrando las cantidades colocadas mensualmente por ítem, para las 13 estimaciones analizadas.

Los ítems analizados son los que se muestran en el espacio de Descripción de la Tabla 2, este estudio tuvo limitaciones debido a que el objetivo principal de este procedimiento era identificar los estacionamientos y días exactos donde se realizó la colocación de los diversos materiales utilizando como guía la estimación descriptiva, sin embargo al realizar la comparación con los Informes de Verificación, no se logró establecer relación entre las descriptivas y los informes de verificación. Aunado a este esfuerzo, se efectúa una reunión virtual con dos ingenieros del proyecto (Jeffrey Ramírez Chaves y Gerardo Matarrita Viales), en la cual se indica que el consorcio no podría establecer esta relación de ítems, además se indica que, debido a la dificultad de acumular cantidades individuales para poder cumplir con lo solicitado en el Plan de Verificación de Calidad, se realizó un muestreo de la totalidad del material colocado.

Es por la limitante anteriormente expuesta, que se decide realizar el análisis global de los ítems en el período comprendido desde enero 2020 y marzo 2021, con el fin de comparar con los resultados globales de los ensayos.



Tabla 2

Reglones de pago a los que se les solicita ensayos de verificación de calidad, colocados en el periodo enero 2020 y marzo 2021

ítem	Descripción	ene-20 Est. 18	feb-20 Est. 19	mar-20 Est. 20	abr-20 Est. 21	may-20 Est. 22	jun-20 Est. 23	jul-20 Est. 24	ago-20 Est. 25	sep-20 Est. 26	oct-20 Est. 27	nov-20 Est. 28	dic-20 Est. 29	ene-21 Est. 30	feb-21 Est. 31	mar-21 Est. 32
608.01 f (ADO1)	Canal revest. Tipo IV, de 0.10 esp. p/ construcc. De canales de drenaj.														2 027,69	2 837,45
608.01 (a)	Canal revestido con concreto RC=180 kgs./cm2, espesor 0,10 m. cuneta lateral			1 456,80		1 215,90	396,80	1 887,48	- 1 074,21	3 857,55	1 533,18	1 894,25	489,93	208,31		- 1 336,26
608.01 (c)	Canal revestido tipo IV con concreto RC=180 kgs./cm2, bajante c/ conex. Cuneta								-						105,39	- 17,84
608.01 (d)	Canal revestido tipo IV con concreto RC= 180 kg/cm2., bajante para convx. A cauce								3 121,35	98,79	190,77	70,38	182,16		105,39	1 615,90
552.01 (c)	Concreto estructural clase C de 140 kg./cm2. Puentes	140,22					12,00					- 0,56	0,18			
CR.552.01 (e)	Concreto estructural clase C de 180 kg/cm2. Puentes				14,64		10,50	8,40		25,00	12,31	1,07	9,87	- 1,55	6,55	1,96
CR.552.01 (a)	Concreto estructural clase A (225 kg/cm2) Puentes	137,39		39,00	42,34	33,50	44,50	- 3,36				- 1,98				
CR.552.01 (a) (1)	Concreto estructural clase A (225 kg/cm2) (Drenaje transversal y longitudinal)	169,39	279,32	172,59	55,05		123,95	3,57	25,91	104,82	46,38	44,38	-	1,47	19,10	2,18
552.01- 1 (b)	Concreto estructural clase b DE 280 KG./CM2. Puentes					141,44	- 10,00	76,29		51,64						
CR.402.01	Capa de concreto asfáltico preparado en planta central en caliente, diseñado									7 154,07	1 638,79	3 995,88	6 560,17	8 645,23	8 474,92	4 505,91
CR.304.02	Estabilización de agregados ( base estabilizada tipo BE-25 )				461,12	2 475,28	4 755,12	205,74	6 319,12	11 036,44	851,91	7 178,23	2 599,68	832,09		
CR.413.03	Material de secado						131,52	390,53	628,24	382,32	193,81	320,26	167,35	33,73		3,69
CR.204.05 (d)	Préstamo selecto caso 2, CBR>=10, para relleno de muros tipo Terra Mesh	2 335,48	4 336,55	6 220,81	3 911,56	4 783,42				- 1,90						
CR.209.03 (a)	Relleno de fundación para estructuras de drenaje ( drenaje transv. Y longitudinal)	205,17	719,61	1 619,17	- 416,90			9,62			846,80		- 137,71			
CR.204.05 (b)	Relleno estructural	419,27	457,94		231,72		111,94	38,00	2 277,06	1 391,42	1 058,78	- 1 005,79	- 24,33	- 8,00		1 013,67
CR.208.03	Relleno de fundación (puentes), para estructuras mayores								40,50	266,00						82,70
CR.209.03 (b)	Relleno para fundación ( muros )		14,62		889,93			50,00				- 327,59				
CR. 209.03 (a)	Relleno de fundación para estructuras de drenaje							9,62	- 2,83			0,70	- 24,33			871,13
CR.301.06	Sub-base de agregados triturados		8 153,59	9 429,75	6 607,92	3 685,98	4 683,20	130,00	4 299,25	5 043,91	4 100,57	4 072,79		371,41		861,93

Nota: Las cantidades en color rojo son ítem en negativo que debido a algún aspecto especial se rebajan en la estimación indicada



## 8. DOCUMENTOS DE PREVALENCIA

Los trabajos del proyecto deberán ser ejecutados de conformidad con los términos del pliego de condiciones y acordes con la última versión descrita en el Sección VI Requisitos de las Obras:

- Ley de Contratación Administrativa (Ley No. 7494 del 02 de mayo de 1995) y sus reformas y su respectivo Reglamento (Decreto Ejecutivo número 33411-H del 27 de setiembre del 2006) y sus reformas.
- El cartel de licitación, incluyendo las Especificaciones Especiales, sus aclaraciones y sus enmiendas.
- La oferta adjudicataria.
- “Especificaciones generales para la construcción de caminos, carreteras y puentes (CR-2010)”.
- Todas aquellas normas ASTM que cuenten con homologación vigente del Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO) registrarán sobre su homologada. El contratista tendrá la obligación de verificar y aplicar toda la normativa INTECO aplicable.
- Disposiciones SC-03-2001 Aseguramiento de la calidad, SC-02-2001 Constancias de calidad.

## 9. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

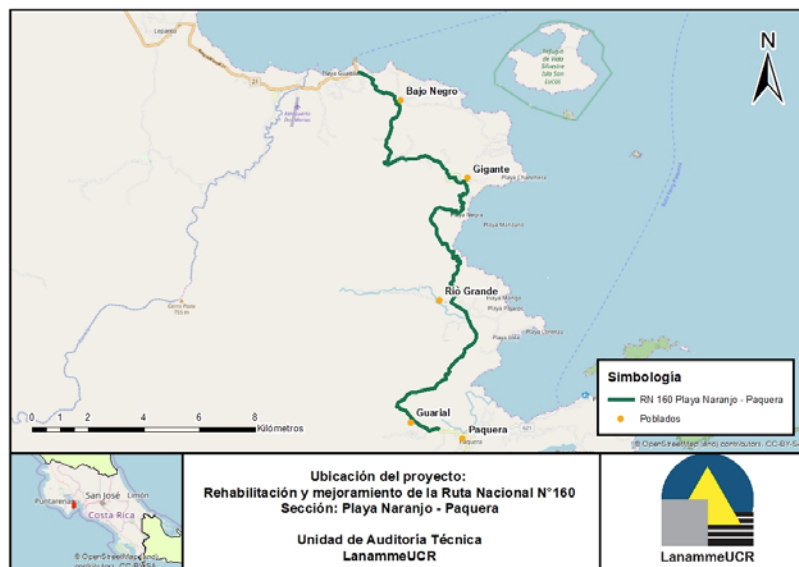
El objeto del contrato es realizar el mejoramiento y rehabilitación de la Ruta Nacional N°160, en la sección comprendida entre Playa Naranjo y Paquera. La obra se desarrolla entre el entronque de la Ruta Nacional N°21 y la Ruta Nacional N°160 y la población de Paquera (ver Figura 1). El proyecto tiene una longitud aproximada de 21,82 km e incluye las siguientes actividades:

- Construcción de una carretera de dos carriles (uno por sentido).
- Construcción de cuatro salidas laterales a las poblaciones de Playa Pájaros, Dulce Nombre, Punta Llorona y Quebrada Bonita.
- Construcción de tres puentes de dos carriles sobre los ríos: Gigante, Grande y Guarial.
- Construcción de pasos de fauna silvestre superiores e inferiores.
- Construcción de aceras y bahías de buses en zonas urbanas.
- Rehabilitación del sistema de drenaje.
- Obras de estabilización de taludes.



**Figura 1**

*Ubicación del proyecto*



## 10. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA EL ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSIÓN PRELIMINAR EIC-LANAMME-INF-0019-2020

Como parte de los procedimientos de Auditoría Técnica, mediante el oficio EIC-Lanamme-868-2021, se envió el presente informe en versión preliminar (identificado como EIC-Lanamme-INF-0019B-2020) a la parte auditada para su análisis, y en caso de requerirse, se procedería 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 al recibido de este informe, dicho plazo finalizó el 8 de diciembre de 2021.

Adicionalmente, el 1 de diciembre de 2021, se realizó con el auditado la presentación virtual de los resultados de informe preliminar con el fin de comentar aspectos relacionados con su contenido. A esta actividad asistieron los siguientes participantes:

Ing. Germán Juyar Mora	Coordinador General – Unidad Ejecutora
Ing. Tomás Figueroa Malavassi	Director – Unidad Asesora
Ing. Mario Campos Vega	Subdirector - Unidad Asesora
Ing. Daniel Echandi	Especialista en planificación – Unidad Ejecutora
Ing. André Gutiérrez Salazar	Analista - Unidad Ejecutora
Ing. Gerardo Matarrita Viales	Analista - Unidad Ejecutora
Ing. Jeffrey Ramírez Chaves	Consultor de Calidad - Supervisión

Informe EIC-Lanamme-INF-0019B-20	julio , 2022	Página 12 de 59
----------------------------------	--------------	-----------------



Ing. Alejandro Pérez	Auditor - MOPT
Licda. Irma Gómez Vargas	Auditoría General - MOPT
Ing. Wendy Sequeira Rojas	Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica
Ing. Víctor Cervantes Calvo	Auditor Técnico
Ing. Rose Mary Cabalceta Rubio	Auditora Técnica

El día viernes 17 de diciembre de 2021, se recibe mediante correo electrónico el oficio DM-2021-6566 (de fecha 16 de diciembre de 2021), remitido Ing. Tomás Figueroa Malavassi como descargo al informe en versión preliminar EIC-Lanamme-0019B-2020. Como parte del descargo, se adjuntan los oficios 0108-2020 (de fecha 30 de enero de 2020), donde la Unidad Ejecutora del programa brinda descargo al informe y el oficio MSD-LGC-2021-548 (de fecha 24 de noviembre de 2021), donde la Supervisión brinda también descargo al informe en cuestión. Adicionalmente se envía el oficio EIC-Lanamme-022-2022 (de fecha 10 de enero de 2022) solicitando información adicional el cuál fue respondido con el consecutivo DM-2022-222 (de fecha 13 de enero 2022), remitido por el Ing. Tomás Figueroa Malavassi.

Por tanto, en cumplimiento de los procedimientos de auditoría técnica, una vez analizado el documento en mención (ver Anexo 1) y considerando la evidencia presentada, se procede a emitir el informe EIC-Lanamme-0019-2020 en su versión final para ser enviado a las instituciones que indica la Ley No. 8114 y sus reformas.

## 11. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

Todos los hallazgos y observaciones declarados por el equipo de auditoría técnica en este informe 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, así como 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 son 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.

Informe EIC-Lanamme-INF-0019B-20	julio , 2022	Página 13 de 59
----------------------------------	--------------	-----------------



## 11.1. HALLAZGOS Y OBSERVACIONES DE LA AUDITORÍA

En el presente apartado del informe, se detallan los hallazgos y observaciones que surgieron del análisis de información realizada bajo las actividades de verificación de calidad de la Licitación PIT-5-LPI-0-2016 “Mejoramiento y rehabilitación de la Ruta Nacional N°160, sección: Playa Naranjo – Paquera.”

### 11.1.1. ANÁLISIS DEL PLAN DE VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD Y DOCUMENTOS ASOCIADOS

En el documento MSD-LGC-2018-45 emitido el 19 de julio del 2018 por el Consorcio MSD-LGC en donde se presenta el Plan de Verificación de la Calidad para el proyecto: **Mejoramiento y rehabilitación de la Ruta Nacional N°160, Sección: Playa Naranjo - Paquera Licitación Pública PIT-5-LPI-O-2016**, en el cual se definen los ensayos y la frecuencia estipulados para el proyecto. Se observa que en este programa se establecen ensayos para material en la fuente y en el sitio de colocación, para los siguientes materiales:

- Préstamo Selecto
- Subbase granular
- Base estabilizada Tipo BE-25
- Cemento para base estabilizada
- Agregado grueso y fino para mezcla asfáltica
- Mezcla asfáltica en producción
- Cemento asfáltico
- Ligante asfáltico
- Material de secado
- Concreto estructural
- Relleno de fundación
- Relleno estructural
- Agregado grueso y fino para concreto

#### **Hallazgo 1. El Plan de verificación de calidad no cumple con los requisitos establecidos en la disposición SC-003-2001 “Aseguramiento de la Calidad”.**

Con el propósito de evaluar si el Plan de Verificación de Calidad cumple con los requisitos normativos y contractuales especificados se realiza una comparación del documento MSD-LGC-2018-45, con las disposiciones contractuales SC-03-2001 “Aseguramiento de la Calidad” y SC-02-2001 “Constancia de Calidad”, las cuales se indican en el documento MSD-LGC-2018-45 que son de cumplimiento. En el oficio DM-2021-6566 del 16 de diciembre de 2021 donde se emite el descargo al presente informe se manifiesta que *“implícitamente (la aprobación) del CR-2010, y sus actualizaciones parciales, dejó sin efecto el contenido*

Informe EIC-Lanamme-INF-0019B-20	julio , 2022	Página 14 de 59
----------------------------------	--------------	-----------------



del Tomo de las Disposiciones Contractuales”, sin embargo posteriormente en el mismo documento se declara que “no se tiene conocimiento de un trabajo exhaustivo de análisis, y cotejo, de los contenidos de los documentos, a saber, el Tomo de Disposiciones, CR-2010 y MCV-2015, para definir la vigencia o no de las disposiciones”.

Es conocimiento de esta Auditoría Técnica que a la emisión del este informe no existe un documento por parte del Gobierno o del MOPT en donde se indique la derogación del “Tomo de Disposiciones” por lo que entender que implícitamente se realizó la derogación, no es correcto. Por lo que para efectos de esta auditoría técnica el tomo de disposiciones al no estar formalmente derogado, se considera que continúa vigente y forma parte de las especificaciones tal y como lo señala el cartel de licitación.

Considerando el Plan de Verificación de la Calidad presentado, se logra observar que la información presentada en el documento es muy general, en la cual efectivamente indican la frecuencia con la cual van a realizar los ensayos. Sin embargo, en la columna “cantidad” se presentan valores de cantidad, que no permite determinar si es la cantidad mínima de ensayos que se deberían realizar o una cantidad máxima de ensayos para el total del material tal como se muestra en la Figura 2, por lo que esta información es muy confusa del plan de verificación de calidad.

**Figura 2**

*Plan de calidad para Excavación y Terraplenado aportado por el Consorcio MSD-LGC*

ENSAYO	MÉTODO DE ENSAYO	FRECUENCIA	Cantidad
<b>MATERIAL DE PRESTAMO SELECTO EN LA FUENTE CR.204 (Excavación y Terraplenado)</b>			
Clasificación de Suelo	AASHTO M-145	1 por tipo de suelo	1 por tipo de suelo
Análisis granulométrico	AASHTO T-11 / T-27	1 por tipo de suelo	1 por tipo de suelo
Límites de Atterberg	AASHTO T-89 / T-90	1 por tipo de suelo	1 por tipo de suelo
Relación Densidad – Humedad	AASHTO T-180 o T-99	1 por tipo de suelo	1 por tipo de suelo
<b>MATERIAL DE PRESTAMO SELECTO EN LA COLOCACIÓN CR.204 (Excavación y Terraplenado)</b>			
Análisis granulométrico	AASHTO T-11 / T-27	1 por cada 500 m <sup>3</sup>	100
Límites de Atterberg	AASHTO T-89 / T-90	1 por cada 500 m <sup>3</sup>	100
Relación Densidad – Humedad	AASHTO T-180 o T-99	1 por cada tipo de suelo, pero no menos de 1 por 3000 m <sup>3</sup>	20
CBR	AASHTO T-193	1 por cada 500 m <sup>3</sup>	100
Cheques de compactación con densímetro nuclear	AASHTO T-310	1 por cada 250 m <sup>3</sup> , pero no menos de 1 por capa	200 (pero no menos de 1 por capa)

Además, para comprobar la suficiencia del Plan de Calidad MSD-LGC-2018-45, se realiza una comparación contra el apartado 5.1. Plan de Control de Calidad de la disposición SC-03-2001 “Aseguramiento de la Calidad”. Se identifica que la información presentada en el documento MSD-LGC-2018-45 carece de puntos importantes necesarios para asegurar la medición de las características de calidad del material (ver *Tabla 3*), asimismo no contempla mecanismos para



comparar los estándares establecidos e interpretar la diferencia entre lo obtenido y lo deseado, así como el método de comunicación hacia la administración y empresa constructora, para poder tomar decisiones adecuadas a la corrección de estas diferencias.

**Tabla 3**

*Análisis de brecha del Plan de verificación de calidad contra la Disposición SC-03-2001*

Punto a cumplir según SC-03-2001 Aseguramiento de la Calidad	Descripción de los requisitos establecidos según SC-03-2001	Plan MSD-LGC-2018-45
a. Organización del personal	Nombre, cualidades y número telefónico del representante del Contratista responsable del Plan de Control de Calidad y del personal designado para realizar las pruebas, muestreos, ensayo e inspección	No se indica las cualidades del personal designado para realizar las pruebas, muestreos, ensayo e inspección.
b. Producción	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Descripción general de todos los procesos de producción.</li> <li>- Descripción de las actividades de inspección y su frecuencia.</li> <li>- Procedimientos planteados para la calibración inicial y subsecuentes verificaciones, así como aportar los certificados de operación de los mismos.</li> </ul>	Sí se solicita aportar los certificados de calidad para diferentes materiales. Sin embargo, no se describen actividades y su frecuencia.
c. Equipo y laboratorio de campo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aportar la lista total del equipo a utilizar (indicar cuando aplique: marca, modelo, precisión, etc.)</li> <li>- Para cada uno de los equipos (cuando aplique), indicar fecha de la última calibración y la frecuencia para calibraciones subsecuentes.</li> <li>- Aportación de certificados de calibración y/o buen funcionamiento de los equipos.</li> <li>- Programa de ensayos: como lo son la frecuencia/cantidad mínima, lugar de muestreo (banda, camión, silo)</li> </ul>	No se indica la lista del equipo a utilizar, fechas de calibración de equipos y calibraciones subsecuentes, certificado de calibración, ni Programa de ensayos
d. Muestreo y ensayos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir la forma en que se realizará el muestreo en planta y campo, estableciendo la frecuencia / cantidad mínima, lugar de muestreo y tabla de números aleatorios.</li> <li>- Indicar los ensayos a realizar en las muestras tomadas, los cuales deben efectuarse en total apego a las normas establecidas.</li> </ul>	El plan presentado indica las normas con las que será evaluado el material y la frecuencia.





e. Gráficos de control y tabla de resultados	Indicar los procedimientos para mantener registros tabulados y en forma gráfica de los parámetros de aceptación y control, someter a la aceptación del Ingeniero de Proyecto los diferentes formatos a utilizar para la presentación de los informes de resultados.	No se indica el procedimiento para mantener registros tabulados y no se indica que se van a presentar de forma gráfica los parámetros de aceptación y control de los resultados.
f. Almacenamiento de muestras	Describir cómo se llevará a cabo el almacenaje e identificación de las muestras durante el período contractual.	No se indica cómo se llevará a cabo el almacenaje e identificación de las muestras durante el período contractual.
g. Incumplimiento de materiales y/o procesos constructivos	Definir las acciones que tomará el Contratista, cuando detecte incumplimiento de los materiales o de procesos constructivos y la forma en que lo comunicará al contratante.	No se definen las acciones que tomará el contratista, cuando se detecte un incumplimiento de los materiales, así como la comunicación a la administración y empresa encargada de la construcción para la toma de acciones correctivas.

**Observación 1: Se evidenciaron oportunidades de mejora en el reporte de los resúmenes de ensayos elaborados por el Consorcio MSD-LGC.**

Durante la revisión de documentos realizada, como parte de la auditoría técnica se evidenciaron algunas oportunidades de mejora, las cuales se detallan a continuación:

- Se evidenció que para todos los ensayos de resistencia a la compresión de cilindros de concretos de todo el período analizado se les consignó la identificación a las normas AASHTO T-96 y ASTM C-131, las cuales son referencia al ensayo "Determinación de la resistencia al desgaste de agregados gruesos hasta de 37,5 mm, utilizando la máquina de Los Ángeles", tal como se muestra en la **Figura 3**, cuando la identificación correcta de las normas son la AASHTO T-22 y ASTM C39.

**Figura 3**

Extracto del resumen de ensayo de enero 2021, para ensayos de resistencia a la compresión de cilindros.

5/1/2021	Resistencia a la compresión de cilindros de concreto	AASHTO T-96 ASTM C-131	Cordón y Caño 20+400 LI	19-4339-2020	225	Kg/cm2 Minimo	180	kg/cm2
5/1/2021	Resistencia a la compresión de cilindros de concreto	AASHTO T-96 ASTM C-131	Cordón y Caño 20+400 LI	19-4340-2020	225	Kg/cm2 Minimo	182	kg/cm2
5/1/2021	Resistencia a la compresión de cilindros de concreto	AASHTO T-96 ASTM C-131	Cordón y Caño 20+400 LI	19-4341-2020	225	Kg/cm2 Minimo	183	kg/cm2



- Dentro del resumen de ensayo no se reportan resultados de los ensayos que se debían realizar al concreto, tales como la Medición de la temperatura [norma INTE C43:2018 (ASTM 1064)], asentamiento en el concreto del cemento hidráulico [norma INTE C41:2020 (ASTM C43)], Densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire del concreto por el método gravimétrico [INTE C72 (ASTM 138)] y Determinación del contenido de aire en el concreto fresco por el método de presión del ensayo de contenido de aire [INTE C42 (ASTM 231)]. Sin embargo, si se incluyen en los resultados de las normas antes mencionadas en el informe de ensayo mensual.
- No se logra establecer con claridad si los resultados, reportados en el informe mensual de ensayos o en el resumen de ensayo, pertenecen a especímenes de una muestra representativa de un mismo material o si describen a materiales diferentes. Tal como se observa en la Figura 4, para el día 12/10/2020 a cada uno de los 6 especímenes de ensayo se les asigna un número de muestra único, sin embargo, no se logra detectar si es 1 ó 2 muestras. De acuerdo a la interpretación que realiza esta auditoría basada en los valores individuales que permiten determinar un valor promedio razonable, los resultados estarían representando a dos muestras de concretos diferentes.

Figura 4

Extracto Informe de Verificación noviembre 2020

Identificación de la muestra			Fecha de moldeo	Fecha de falla	Edad (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Carga (kN)	Resistencia		Resistencia Proyectada	
Lab.	Muestra	Año							MPa	kg/cm <sup>2</sup>	MPa	kg/cm <sup>2</sup>
19	- 3628 -	20	2020-10-12	2020-11-09	28	102,34	8225,85	249,15	30,3	309	-	-
19	- 3629 -	20	2020-10-12	2020-11-09	28	102,52	8254,00	247,22	30,0	305	-	-
19	- 3630 -	20	2020-10-12	2020-11-09	28	102,71	8284,63	250,39	30,2	308	-	-
19	- 3632 -	20	2020-10-12	2020-11-09	28	102,49	8249,17	211,42	25,6	261	-	-
19	- 3633 -	20	2020-10-12	2020-11-09	28	102,60	8267,70	215,47	26,1	266	-	-
19	- 3634 -	20	2020-10-12	2020-11-09	28	102,39	8233,08	214,75	26,1	266	-	-

- No se identifica en los Informes de verificación mensuales, ni en los resúmenes de ensayo, la resistencia promedio como lo indica el apartado 4.8.2.3 Servicios de laboratorio del contrato:  
*"La resistencia a la compresión será determinada por el promedio de la resistencia de dos especímenes fallados a los 28 días (pág 56)".*
- Se evidencia una asignación incorrecta en el código de la norma AASHTO T-310 para chequeos de compactación de MAC como se observa en la Figura 5, siendo la correcta codificación la INTE C398:2021 (ASTM 2950) Densidad de la mezcla asfáltica compactada in situ por métodos nucleares. La norma AASHTO T-310 corresponde al "Método estándar de ensayo para determinar la densidad in situ y el contenido de humedad del suelo por métodos nucleares"



**Figura 5**

Extracto Plan de Verificación de la Calidad, ensayos de MAC.

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE (PRODUCCIÓN) CR.402.01 y CR.402.04 (Pavimento Semirígido)			
Vacios en agregado mineral (VMA)	-	1 por cada 300 ton o 1 al día	15
Porcentaje de vacíos llenos de asfalto (VFA)	-	1 por cada 300 ton o 1 al día	15
Granulometría	AASHTO T-30	1 por cada 300 ton o 1 al día	15
Contenido de asfalto	INTE 04-01-08	1 por cada 300 ton o 1 al día	15
Gravedad específica bruta y absorción	INTE 04-01-01	1 por cada 300 ton o 1 al día	15
Gravedad específica máxima teórica y Densidad	INTE 04-01-03	1 por cada 300 ton o 1 al día	15
Relación polvo/asfalto	-	1 por cada 300 ton o 1 al día	15
Extracción y vacíos en núcleos	AASHTO T-269 AASHTO T-230, método B	1 por cada 150 ton	28
Cheques de compactación con densímetro nuclear	AASHTO T-310	1 por cada 200 m	1 por cada 200 m
IRI	ASTM E-950/E950M	Medición continua con una longitud base de 100 m	Medición continua por carril

### 11.1.2. COMPROBACIÓN DE FRECUENCIA DEL PLAN DE ENSAYOS

Con el propósito de medir de la forma más objetiva el cumplimiento de las frecuencias de los ensayos se establece el indicador de la *Tabla 4*, el cuál es una variable que busca calcular de forma cuantitativa el grado de cumplimiento de los ensayos realizados por la verificación de calidad. Asimismo, se establece como valor meta o de referencia un mínimo del 90%, con lo cual se delimitaría el cumplimiento del indicador.



**Tabla 4**

Definición de indicador

<b>Denominación del indicador:</b>	Frecuencia de ensayos
<b>Misión del indicador:</b>	Medir el grado de realización de los ensayos planificados
<b>Fuente de datos:</b>	Número de ensayos planificadas Número de ensayos realizados
<b>Fórmula de cálculo:</b>	$\frac{\text{Número de ensayos realizados}}{\text{Número de ensayos planificados}} \times 100$
<b>Responsabilidades:</b>	Captación y recogida de la información: Consorcio MSD-LGC <ul style="list-style-type: none"> <li>Responsabilidad del análisis: Ministerio de obras públicas y transportes (MOPT), Consorcio MSD-LGC</li> <li>Responsabilidad de la comunicación de resultados: Consorcio MSD-LGC</li> </ul>
<b>Frecuencia:</b>	Captación y recogida de información: mensual Análisis y explotación de la información: mensual Comunicación de resultados: mensual
<b>Valor de referencia:</b>	Mayor o igual a 90%
<b>Representación:</b>	Gráfico de barras, gráfico de control

## A. Ensayos de concreto

**Observación 2: Se observa una concentración de ejecución de ensayos particularmente en dos tipos de concreto (resistencia 180 kg/cm<sup>2</sup> y 225 kg/cm<sup>2</sup>), a pesar de utilizar otros seis tipos de concreto.**

Al realizar el conteo de los ensayos ejecutados al concreto utilizado en la obra específicamente para la norma *INTE C39 (ASTM C39) Método de ensayo para la resistencia uniaxial de especímenes cilíndricos de concreto*, se logra establecer la cantidad de ensayos realizados por mes, tal como se muestra en la Tabla 5. Cabe aclarar que en los informes y ensayo de verificación se reportan los resultados individuales de cada uno de los cilindros ensayados, por lo que la totalidad de resultados reportados se dividió entre 4 para obtener la cantidad de ensayos realizados para cada colada de concreto. Lo anterior debido a que en el contrato SP PIT-25-SBCC-CF-2016 celebrado entre el MOPT y el Consorcio MSD-LGC, se especifica que se deben confeccionar 4 especímenes para ensayos a la compresión (pág 56).



**Tabla 5.**

*Totalidad de ensayos de resistencia a la compresión de cilindros, realizados entre enero 2020 y marzo 2021*

Norma	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	febrero	Marzo
	2020	2020	2020	2020	2020	2020	2020	2020	2020	2020	2020	2020	2021	2021	2021
INTE-06 02 01 ASTM C39 Resistencia a la compresión de cilindros de concreto 140 kg/m <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
INTE-06 02 01 ASTM C39 Resistencia a la compresión de cilindros de concreto 180 kg/m <sup>2</sup>	-	-	10	15	12	3	13	9	17	36	24	21	12	25	24
INTE-06 02 01 ASTM C39 Resistencia a la compresión de cilindros de concreto 210 kg/m <sup>2</sup>	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
INTE-06 02 01 ASTM C39 Resistencia a la compresión de cilindros de concreto 225 kg/m <sup>2</sup>	21	32	25	26	21	14	22	9	6	9	3	15	12	17	19
INTE-06 02 01 ASTM C39 Resistencia a la compresión de cilindros de concreto 240 kg/m <sup>2</sup>	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
INTE-06 02 01 ASTM C39 Resistencia a la compresión de cilindros de concreto 280 kg/m <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	3	5
INTE-06 02 01 ASTM C39 Resistencia a la compresión de cilindros de concreto 350 kg/m <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INTE-06 02 01 ASTM C39 Resistencia a la compresión de cilindros de concreto 700 kg/m <sup>2</sup>	-	-	-	-	12	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nota: "-" no se realizaron ensayos

Del resumen realizado se observa que la mayoría de los ensayos del período analizado corresponden al concreto con resistencia 180 kg/cm<sup>2</sup> y 225 kg/cm<sup>2</sup> correspondiendo a un 92% de los ensayos (verde). Sin embargo, se denota poca ejecución de ensayos para los concretos de 140 kg/cm<sup>2</sup>, 210 kg/cm<sup>2</sup> y 240 kg/cm<sup>2</sup>.

Además, se aprecia el uso del concreto con resistencia 700 kg/cm<sup>2</sup> durante los meses de mayo y junio 2020. Y para el periodo de estudio, no se reportan ensayos para el concreto con resistencia 350 kg/cm<sup>2</sup>.

**Observación 3: La mayoría de los indicadores de frecuencia de ensayo para las normas INTE C43 (ASTM 1064) "Medición para la temperatura del concreto de cemento hidráulico recién mezclado", INTE C41 (ASTM 143) "Asentamiento en el concreto del cemento hidráulico para concreto e INTE C39 (ASTM C39) "Resistencia a la compresión uniaxial de especímenes de cilindro de concreto", reportan un valor por encima de 100%.**

Del análisis realizado por la auditoría se obtienen indicadores mayores al 100% para las normas de resistencia de compresión de cilindros, asentamiento del concreto y medición de la temperatura del concreto, tal como se observa en la Tabla 6. Al cotejar la información reportada en los "resúmenes de ensayos" contra el "Plan de verificación de calidad", se evidencian porcentajes de cumplimiento del 3259% para el concreto 180 kg/cm<sup>2</sup>.



**Tabla 6**

*Total colocado contra cantidad de ensayos para concreto 180 kg/cm<sup>2</sup>*

Material	Total colocado (m <sup>3</sup> )	Frecuencia	Ensayos estimados según CR-2010	Ensayos PVC (10% del autocontrol)	Descripción del ensayo	Ensayos realizados	Indicador frecuencia de ensayos según CR-2010	Indicador frecuencia de ensayos según 10% PVC
Concreto 180 kg/cm <sup>2</sup> (Corresponde a canal revestido y concreto estructural)	1680,20	1 por cada 25 m <sup>3</sup>	67	7	AASHTO T-119 Asentamiento del concreto	219	326%	3259%
		1 por cada 25 m <sup>3</sup>	67	7	AASHTO T-152 Contenido de aire	13	19%	194%
		1 por cada 25 m <sup>3</sup>	67	7	ASHTO T-121 Peso unitario	13	19%	194%
		1 por cada 25 m <sup>3</sup>	67	7	ASTM C-1064 Temperatura	219	326%	3259%
		1 por cada 25 m <sup>3</sup>	67	7	INTE 06-02-01 Resistencia a la compresión de cilindros	219	326%	3259%

Nota: 1. PVC: Plan de Verificación de Calidad

En tanto que para los concretos de 225 kg/m<sup>2</sup>, se calcula un indicador de 4658% para los ensayos de asentamiento, temperatura y resistencia a la compresión de cilindros con lo cual se estaría cumpliendo con el mínimo establecido por esta auditoría del 90%, como se presenta en la **Tabla 7**.



**Tabla 7**

*Total material colocado contra cantidad de ensayos para concreto 225 kg/m<sup>2</sup>*

Material	Total colocado (m <sup>3</sup> )	Frecuencia	Ensayos estimados según CR-2010	Ensayos PVC (10% del autocontrol)	Descripción del ensayo	Ensayos realizados	Indicador frecuencia de ensayos según CR-2010	Indicador frecuencia de ensayos según 10% PGC
Concreto 225 kg/cm <sup>2</sup> (concreto estructural y drenaje transversal)	1336,551	1 por cada 25 m <sup>3</sup>	53	5	AASHTO T-119 Asentamiento del concreto	249	466%	4658%
		1 por cada 25 m <sup>3</sup>	53	5	AASHTO T-152 Contenido de aire	29	54%	542%
		1 por cada 25 m <sup>3</sup>	53	5	ASHTO T-121 Peso unitario	29	54%	542%
		1 por cada 25 m <sup>3</sup>	53	5	ASTM C-1064 Temperatura	249	466%	4658%
		1 por cada 25 m <sup>3</sup>	53	5	INTE 06-02-01 Resistencia a la compresión de	249	466%	4658%

Nota: 1. Se convierten los m<sup>2</sup> indicados (suponiendo longitud de ancho) al multiplicar por el espesor de 0,1 m. 2. PVC: Plan de Verificación de Calidad

En relación al concreto 280 kg/cse obtiene un valor del indicador de 1448%, indicador que se encuentra muy por encima del 100% establecido.

**Tabla 8**

*Total material colocado contra ensayos realizados para concreto 280 kg/cm<sup>2</sup>*

Material	Total colocado (m <sup>3</sup> )	Frecuencia	Ensayos estimados según CR-2010	Ensayos PVC (10% del autocontrol)	Descripción del ensayo	Ensayos realizados	Indicador frecuencia de ensayos según CR-2010	Indicador frecuencia de ensayos según 10% PVC
Concreto 280 kg/cm <sup>2</sup> (concreto estructural clase b)	259,37	1 por cada 25 m <sup>3</sup>	10	1	AASHTO T-119 Asentamiento del concreto	15	145%	1448%
		1 por cada 25 m <sup>3</sup>	10	1	AASHTO T-152 Contenido de aire	13	125%	1253%
		1 por cada 25 m <sup>3</sup>	10	1	ASHTO T-121 Peso unitario	13	125%	1253%
		1 por cada 25 m <sup>3</sup>	10	1	ASTM C-1064 Temperatura	15	145%	1448%
		1 por cada 25 m <sup>3</sup>	10	1	INTE 06-02-01 Resistencia a la compresión de	15	145%	1448%

Nota: 1. Se convierten los m<sup>2</sup> indicados (suponiendo longitud de ancho) al multiplicar por el espesor de 0,1 m. 2. PVC: Plan de Verificación de Calidad



Asimismo, como parte de la información omitida, como se analiza en la sección anterior (Observación 1) en este apartado en los resúmenes de ensayos no se logra identificar claramente la correspondencia de los resultados para asentamiento, temperatura, peso unitario y contenido de aire, es por ello que las cantidades finales se comprueban contra los informes de ensayos mensuales, en los cuáles se verifica la totalidad de ensayos que fueron ejecutados para cada muestra.

Si bien es cierto de la información aportada se logra determinar el cumplimiento del indicador de frecuencia de ensayos establecidos por esta auditoría para los diferentes tipos de concreto, también se evidencia un sobremuestreo ejecutado por el laboratorio de verificación de calidad, donde se realizó muestreos con una frecuencia menor a la indicada en el CR-2010 donde las frecuencias recomendadas son cada 25 m<sup>3</sup>. En este caso se determina que para el concreto utilizado en el proyecto, el laboratorio de verificación realizó muestreos con una frecuencia entre 5 m<sup>3</sup> a 17 m<sup>3</sup> con indicadores de frecuencia por encima del 1000% para la mayoría de los materiales, lo cual es señal de que se muestreó más del 100% del material según el plan de ensayos.

Finalmente, llama la atención los valores tan altos de los indicadores obtenidos para cada uno de los diferentes concretos, lo cual es una manifestación de una ejecución de ensayos de verificación de calidad poco eficiente, ya que se dedicó a evaluar todo o gran parte del material colocado en diferentes puntos de la obra, generando un potencial riesgo de dejar por fuera otros materiales de importancia en el proyecto.

**Hallazgo 2. Se determinó una escasa ejecución de ensayos de peso unitario (INTE C72 (ASTM 138) “Método para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire del concreto por el método gravimétrico” y del ensayo contenido de aire INTE C42 (ASTM 231) “Método de ensayo para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco por el método de presión del ensayo de contenido de aire”.**

De la revisión documental realizada por esta auditoría se logra evidenciar que solamente para los meses de mayo a agosto 2020 (ver Tabla 9.) se realizaron los ensayos requeridos contractualmente para las normas INTE C72 (ASTM 138) “Método para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire del concreto por el método gravimétrico” y la norma INTE C42 (ASTM 231) “Método de ensayo para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco por el método de presión del ensayo de contenido de aire” para los concretos de 180 kg/cm<sup>2</sup>, 225 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>.

Sin embargo, al comparar con la totalidad de ensayos realizados los diferentes concretos usados en el proyecto, tal como se describe en la Tabla 5, se logra establecer que en el periodo total de estudio de 15 meses (enero 2020 a marzo 2021) se colocó material en prácticamente todos los meses para los diferentes tipos de concreto, donde para cinco tipos de concreto no se realizó ni un ensayo de los indicados y en 11 de los meses no se realizaron ensayos para ninguno de los 8 tipos de concreto usados en el proyecto.





**Tabla 9.**  
Comprobación de ensayos INTE C72 e INTE C42

Normas: Peso unitario [INTE C72 (ASTM 138)], contenido de aire [INTE C42 (ASTM 231)]	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	febrero	Marzo
	2020	2020	2020	2020	2020	2020	2020	2020	2020	2020	2020	2020	2021	2021	2021
Concreto 140 kg/m <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Concreto 180 kg/m <sup>2</sup>	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Concreto 210 kg/m <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Concreto 225 kg/m <sup>2</sup>	-	-	-	-	11	5	11	2	-	-	-	-	-	-	-
Concreto 240 kg/m <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Concreto 280 kg/m <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Concreto 350 kg/m <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Concreto 700 kg/m <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Asimismo, se establecen en el plan de verificación de la calidad como se observa en la Figura 6, que se deben realizar los ensayos mencionados para todos los regiones de pago de concreto fresco.

**Figura 6**  
Extracto del Plan de verificación de la Calidad Consorcio MSD-LGC

Revenimiento del concreto	AASHTO T-119	1 por cada 25 m <sup>3</sup>	35
Contenido de aire	AASHTO T-152	1 por cada 25 m <sup>3</sup>	35
Peso unitario	AASHTO T-121	1 por cada 25 m <sup>3</sup>	35
Temperatura	ASTM C-1064	1 por cada 25 m <sup>3</sup>	35
Resistencia a la compresión de cilindros y núcleos de concreto (al menos 4 cilindros)	INTE 06-02-01	1 por cada 25 m <sup>3</sup>	35

A pesar de que, en el descargo presentado por la administración se indica que realizaron los ensayos durante el todo el período ejecutado, sólo existe evidencia para algunos meses del reporte de los ensayos en cuestión en los informes de ensayo mensuales.



## B. Ensayos de mezcla asfáltica

En el proyecto la producción y colocación de la mezcla asfáltica inició a partir del mes de setiembre del 2020, periodo en el cual también comenzaron los ensayos a la misma. Los ensayos que se realizan a la mezcla asfáltica son un conjunto de varios ensayos que se efectúan a la misma muestra, estos son: estabilidad y flujo, máxima teórica, gravedad específica (GBS), porcentaje de vacíos, contenido de asfalto y granulometría de la extracción. Todos estos ensayos se realizan en conjunto a la misma muestra para obtener todas las características de la mezcla asfáltica.

**Observación 4: Los indicadores de cumplimiento para los ensayos de mezcla asfáltica, cumplen con un valor mayor al 100%.**

En relación a los ensayos realizados en la mezcla asfáltica se observa que en algunos parámetros (5 de 9) evaluados se logra llegar a indicadores mayores del 100% (ver **Tabla 13**), entre estos se encuentran los parámetros VFA, VMA, granulometría, contenido de asfalto y relación polvo/asfalto para los cuales se determina un indicador de frecuencia de ensayos del 1442%.

También se evidencia que para los ensayos de control de compactación en campo los indicadores de cumplimiento de frecuencia son de 1039% y 1106%, específicamente para los ensayos de “Densidad de la mezcla asfáltica compactada en sitio por métodos nucleares” y la “Prueba para determinar el porcentaje de vacíos de aire de mezclas asfálticas densas y abiertas para pavimentos”.



Tabla 10

Total material colocado contra ensayos realizados para mezcla asfáltica

Material	Total colocado (t)	Frecuencia	Ensayos estimados según CR-2010	Ensayos PGC (10% del autocontrol)	Descripción del ensayo	Ensayos realizados	Indicador frecuencia de ensayos según CR-2010	Indicador frecuencia de ensayos según 10% PGC
Capa de concreto asfáltico preparado en planta central en caliente, diseñado	40975	1 por cada 300 ton o 1 al día	137	14	Vacios en agregado mineral (VMA)	197	144%	1442%
		1 por cada 300 ton o 1 al día	137	14	Porcentaje de vacíos llenos de asfalto (VFA)	197	144%	1442%
		1 por cada 300 ton o 1 al día	137	14	AASHTO T-30 Granulometría	197	144%	1442%
		1 por cada 300 ton o 1 al día	137	14	INTE 04-01-08 Contenido de asfalto	197	144%	1442%
		1 por cada 300 ton o 1 al día	137	14	INTE 04-01-01 Gravedad específica bruta y absorción	197	144%	1442%
		1 por cada 300 ton o 1 al día	137	14	INTE 04-01-03 Gravedad específica máxima teórica y Densidad	197	144%	1442%
		1 por cada 300 ton o 1 al día	137	14	Relación polvo/asfalto	197	144%	1442%
		1 por cada 150 ton	273	27	AASHTO T-269 AASHTO T-230 método BExtracción y vacíos en núcleos	302	111%	1106%
		1 por cada 200 m	205	21	AASHTO T-355 ASTM 2950 * Chequeos de compactación con densímetro nuclear	213	104%	1039%

Nota: Se contempla ancho de diseño y espesor para el cálculo de chequeos de compactación.

### C. Ensayos de suelos

**Observación 5: Con relación a los ensayos realizados a los suelos se observa una concentración de ensayos particularmente para la medición de la densidad mediante el método nuclear, los ensayos de Proctor (estándar y modificado) fueron los que menos se ejecutaron.**

En lo que respecta a los ensayos de suelo se logra determinar que los ensayos que más se realizaron fueron los de "medición de la densidad mediante método nuclear" con 902 mediciones lo que representan el 1717% del total de los ensayos realizados, como se presenta en la Tabla 15. El siguiente ensayo más realizado es el límite líquido en agregados y suelos.

Por su parte entre los ensayos que menor frecuencia muestran son los ensayos de Proctor, tanto el estándar, como el modificado, reportando una periodicidad mensual en 6 de los 15 meses estudiados. En otros de los 4 de los meses (abril, junio, diciembre 2020 y enero 2021) no hay ensayos de Proctor realizados, aunque si se hicieron un total de 153 ensayos de humedad, lo cual es llamativo ya que es un parámetro importante para poder realizar las mediciones con el densímetro nuclear.



Tabla 11.

Totalidad de ensayos de suelos realizados entre enero 2020 y marzo 2021

Norma	Enero 2020	Febrero 2020	Marzo 2020	Abril 2020	Mayo 2020	Junio 2020	Julio 2020	Agosto 2020	Septiembre 2020	Octubre 2020	Noviembre 2020	Diciembre 2020	Enero 2021	febrero 2021	Marzo 2021
AASHTO T-310 Densidad en contenido de humedad (compactación) por métodos nucleares	86	96	109	61	64	60	192	90	-	56	56	17	15	-	-
AASHTO T-89 Límite líquido en agregados y suelos AASHTO T-90 índice plástico en agregados y suelos	32	26	40	-	16	13	53	8	23	7	5	-	-	-	-
ASTM 1556 Densidad y peso unitario del suelo en sitio, método cono de arena	-	-	15	6	14	12	37	37	13	38	17	4	-	-	-
AASHTO T-180 Relación humedad - densidad Próctor Modificado	11	13	13	2	11	-	10	10	3	4	2	-	-	-	-
ASTM D-1633 Método de ensayo para la Resistencia a la compresión de especímenes Suelo - Cemento	-	-	-	8	11	8	48	32	22	32	21	12	-	-	-
AASHTO T-193 Índice de soporte California (95% de Proctor modificado, CBR a 2,54 mm de penetración)	4	1	1	-	2	-	1	1	1	2	1	-	-	-	-
AASHTO T-99 Relación humedad - densidad Próctor Estándar	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Al analizar la aplicación del ensayo de “determinación de densidad mediante cono de arena” que se utiliza habitualmente para comprobar la “medición de la densidad por métodos nucleares” se logra establecer que no se mantiene una frecuencia constante durante el año 2020. Se determina que para el mes de marzo y abril la relación de ensayos efectuados fue de 7 y 10 corroboraciones mediante esta técnica (recuadro azul) por cada medición con densímetro, como se denota en la *Tabla 15*. Además, se denota relaciones entre 2 a 5 (cono de arena para cada medición por densímetro) para 6 de los restantes meses (recuadro amarillo). Mientras que para los meses de enero y febrero no se realizaron comprobaciones con cono de arena a pesar de ejecutar 182 mediciones por métodos nucleares en este periodo.

Finalmente, se logra identificar una periodicidad en el ensayo de relación de humedad de solamente 1 realizado para cada 30 -aproximadamente- ensayos de medición con densímetro nuclear (recuadro negro) para los meses de abril y noviembre, sin embargo, para los meses de enero, febrero, marzo, mayo y agosto se realiza 1 ensayo de humedad por cada 8 mediciones -en promedio- mediante método nuclear. No obstante, para los meses de junio y diciembre no se realizaron ensayos de relación de humedad, para obtener los valores de referencia para las mediciones con densímetro a pesar de haberse realizado 77 mediciones con método nuclear.

#### D. Ensayos de base estabilizada

**Observación 6: La mayoría de los indicadores de frecuencia de ensayo para los ensayos de base estabilizada se encuentran por encima del 100% en el indicador de frecuencia.**

Para el material de base estabilizada se logra determinar indicadores de frecuencia de ensayo por encima del valor mínimo establecido (**Tabla 16**) para el presente estudio, tal como el “Análisis granulométrico en tamices de agregado fino y grueso” [INTE C46:2020 (ASTM 136)] con un índice del 872%. En tanto



para los ensayos Límite líquido en agregados y suelos [AASHTO T-89] e índice plástico en agregados y suelos [AASHTO T-90] con un indicador de un 831%, así como el ensayo de Relación humedad - densidad Próctor Modificado [AASHTO T-180] con tan solo un valor de indicación de frecuencia de un 87%.

Asimismo, en lo que respecta al ensayo ASTM D-1633 Método de ensayo para la Resistencia a la compresión de especímenes Suelo - Cemento, se denota una vasta ejecución de este ensayo con un indicador de frecuencia de ensayos calculado de un 2342%.

**Tabla 12**

*Total material colocado contra ensayos realizados para base estabilizada*

Material	Total colocado (t)	Frecuencia	Ensayos estimados según CR-2010	Ensayos PGC (10% del autocontrol)	Descripción del ensayo	Ensayos realizados	Indicador frecuencia de ensayos según CR-2010	Indicador frecuencia de ensayos según 10% PGC
Base estabilizada	36714,73	Cada 500 m <sup>3</sup> colocados antes de compactar	73	7	AASHTO T-11 / T-27 Análisis granulométrico)	64	87%	872%
		Cada 500 m <sup>3</sup> colocados antes de compactar	73	7	AASHTO T-89 / T-90 Límites de Atterberg	61	83%	831%
		Cada 500 m <sup>3</sup> colocados	73	7	ASTM D-1633 Resistencia a la compresión de especímenes de Suelo-Cemento	172	234%	2342%
		Cada 100 m <sup>3</sup> colocados	367	37	AASHTO T-180 Relación Densidad - Humedad	32	9%	87%

### E. Ensayos de préstamo y subbase

**Observación 7: La mayoría de los indicadores de frecuencia de ensayo para los ensayos de material de préstamo se encuentran por encima de un indicador de frecuencia del 100%.**

Como se evidencia en la **Tabla 17** en relación con el material préstamo, se determinan indicadores de frecuencia de ensayo del 395% para el "Análisis granulométrico en tamices de agregado fino y grueso [INTE C46:2020 (ASTM 136)]", de un 442% para las normas Límite líquido en agregados y suelos [AASHTO T-89] y del índice plástico en agregados y suelos [AASHTO T-90]. y del 163% para el para método de ensayo AASHTO T-193 Índice de soporte California.

Asimismo, para el método de ensayo "Relación humedad - densidad Próctor Modificado" (AASHTO T-180) se determina un indicador de frecuencia de ensayo de 4286%, debido a que según la frecuencia del programa debían de ejecutarse 1 ensayos y se realizaron 30.



En lo que respecta al ensayo AASHTO T-310 "Densidad en contenido de humedad (compactación) por métodos nucleares", no es posible identificar en el lapso de este estudio, de la totalidad de ensayos reportados, cuales pertenecen a material de préstamo.

**Tabla 13**

*Total material colocado contra ensayos realizados para préstamo*

Material	Total colocado (m <sup>3</sup> )	Frecuencia	Ensayos estimados según CR-2010	Ensayos PGC (10% del autocontrol)	Descripción del ensayo	Ensayos realizados	Indicador frecuencia de ensayos según CR-2010	Indicador frecuencia de ensayos según 10% PGC
		1 por cada 500 m <sup>3</sup>	43	4	AASHTO T-11 / T-27 Análisis granulométrico	17	40%	395%
Préstamo selecto caso 2, CBR>=10, para relleno de muros tipo Terra Mesh	21586	1 por cada 500 m <sup>3</sup>	43	4	AASHTO T-89 / T-90 Límites de Atterberg	19	44%	442%
		1 por cada tipo de suelo pero no menos de 1 por 3000 m <sup>3</sup>	7	1	AASHTO T-180 / T-99 Relación Densidad - Humedad	30	429%	4286%
		1 por cada 500 m <sup>3</sup>	43	4	AASHTO T-193 CBR	7	16%	163%

**Observación 8: Se evidencia indicadores de frecuencia de ensayo para los ensayos de material de subbase por debajo de un indicador de frecuencia del 90%.**

Como se evidencia en la **Tabla 18** se resume el cumplimiento de las frecuencias de ensayo propuestas en el plan de verificación de la calidad con respecto al material préstamo. De la información calculada se obtienen indicadores de frecuencia de ensayo del 140% INTE C46:2020 (ASTM 136) "Análisis granulométrico en tamices de agregado fino y grueso" y de tan solo el 75% para el para método de ensayo AASHTO T-193 "Índice de soporte California". Evidenciando un incumplimiento de la frecuencia propuesta para los ensayos de granulometría e índice de soporte en dicho plan de ensayos por parte del laboratorio de verificación.

Asimismo, para el método de ensayo AASHTO T-180 "Relación humedad - densidad Próctor Modificado" se determina un indicador de frecuencia de ensayo de 1178% y uno de 178% para las normas de suelos "AASHTO T-89/T-90 Límite líquido/índice plástico en agregados y suelos".

Finalmente, en lo que respecta al ensayo AASHTO T-310 Densidad en contenido de humedad (compactación) por métodos nucleares, no es posible identificar claramente en este estudio cuales son los ensayos realizados y por ende cual es la totalidad de ensayos que pertenecen a material de subbase.



Tabla 14

Total material colocado contra ensayos realizados para subbase

Material	Total colocado (m³)	Frecuencia	Ensayos estimados según CR-2010	Ensayos PGC (10% del autocontrol)	Descripción del ensayo	Ensayos realizados	Indicador frecuencia de ensayos según CR-2010	Indicador frecuencia de ensayos según 10% PGC
Sub-base de agregados triturados	53479,25	1 por cada 500 m³	107	11	AASHTO T-11 / T-27 Análisis granulométrico	15	14%	140%
		1 por cada 500 m³	107	11	AASHTO T-89 / T-90 Límites de Atterberg	19	18%	178%
		1 por cada tipo de suelo pero no menos de 1 por 3000 m³	18	2	AASHTO T-180 / T-99 Relación Densidad - Humedad	21	118%	1178%
		1 por cada 500 m³	107	11	AASHTO T-193 CBR	8	7%	75%

### 11.1.3. EVALUACIÓN DE LA FRECUENCIA DE ENSAYOS EN MATERIALES ESPECÍFICOS

En lo que respecta a los reglones de pago CR.209.03 (a) Relleno de fundación para estructuras de drenaje, CR.204.05 (b) Relleno estructural, CR.208.03 Relleno de fundación (puentes), para estructuras mayores, CR.209.03 (b) Relleno para fundación (muros), CR. 209.03 (a) Relleno de fundación para estructuras de drenaje, no es posible correlacionar el ítem de pago contra los ensayos correspondientes, debido a que no se logra identificar los ensayos correspondientes al ítem.

### Resumen general

Con relación a los ensayos ejecutados en los concretos de diferentes resistencias utilizados en el proyecto se establece que se ejecutaron en un 93% de la cantidad total de ensayos realizados, estos ensayos fueron el de asentamiento, la resistencia a la compresión y la temperatura del concreto, en una proporción igual tal como se evidencia en la Tabla 19.

Por otra parte, los ensayos de contenido de aire y peso unitario, solamente representaron el 7% de la cantidad de todos los ensayos realizados a los diferentes concretos. Lo que hace presumir que la importancia de estos ensayos fue minimizada en el proyecto.

Tabla 15

Resumen de ensayos para concreto

Descripción del ensayo	Norma	Total de ensayos	Porcentaje total
Asentamiento del concreto	AASHTO T-119	485	31%
Resistencia a la compresión de cilindros y núcleos de concreto	INTE 06-02-01	485	31%
Temperatura	ASTM C-1064	485	31%
Contenido de aire	AASHTO T-152	55	3,5%

Informe EIC-Lanamme-INF-0019B-20	julio , 2022	Página 31 de 59
----------------------------------	--------------	-----------------



Peso unitario	ASHTO T-121	55	3,5%
---------------	-------------	----	------

En cuanto a los ensayos realizados a todos los materiales granulares incorporados en el proyecto, se determina que los dos ensayos más realizados fueron los de Límites de Atterberg, análisis granulométrico y la resistencia a la compresión de especímenes de suelo-cemento abarcando el 82,05% de todos los ensayos realizados.

Además, se determina aproximadamente una realización del 15,20% de todos los ensayos, para cada una de la prueba de relación densidad – humedad, tal como se presenta en la Tabla 20.

Llama la atención que solamente se realice un 2.75% (de todos los ensayos), del ensayo de CBR en los materiales granulares, reportándose ensayos para solamente “Préstamo selecto caso 2, CBR $\geq$ 10, para relleno de muros tipo Terra Mesh” y “Sub-base de agregados triturados”, a pesar de existir otra gran variedad de materiales granulares utilizados en el proyecto.

**Tabla 16**

*Resumen de ensayos de suelos*

Descripción del ensayo	Norma	Total de ensayos	Porcentaje total
Límites de Atterberg	AASHTO T-89 / T-90	141	25,82%
Resistencia a la compresión de especímenes de Suelo-Cemento	ASTM D-1633	135	24,73%
Análisis granulométrico	AASHTO T-11 / T-27	172	31,50%
Relación Densidad - Humedad	AASHTO T-180 / T-99	83	15,20%
CBR	AASHTO T-193	15	2,75%





## 12. CONCLUSIONES

A partir del análisis de los resultados del indicador de frecuencia obtenidos por esta auditoría técnica, donde se evalúa de forma cuantitativa la frecuencia de ensayos realizados del proyecto, se emiten las siguientes conclusiones con el fin de aportar elementos al proceso de mejora continua de la administración:

### Plan de Verificación de la Calidad

- a) Se evidenció que en el resumen de ensayos se utiliza una incorrecta identificación de la norma de ensayo para los ensayos de resistencia a la compresión de cilindros de concretos.
- b) Se utiliza una identificación incorrecta para el ensayo de chequeos de compactación de MAC en los reportes y en los resúmenes de ensayos de mezcla asfáltica.
- c) El documento MSD-LGC-2018-45 “Plan de Verificación de la Calidad” muestra un incumplimiento de lo establecido en la disposición SC-003 ya que carece de criterios para asegurar la medición de las características de calidad del material, no contempla mecanismos para comparar los estándares establecidos e interpretar la diferencia entre lo obtenido y lo deseado, no se establece el método de comunicación hacia la administración y empresa constructora.

### Oportunidad de mejora documental

- d) El resumen de ensayo no incluye información alguna, ni los resultados de los ensayos “medición de la temperatura” y “asentamiento en el concreto del cemento hidráulico” que si se observan en el informe de ensayo mensual.
- e) En el informe mensual de ensayos o en el resumen de ensayo no se logra establecer con claridad si los resultados reportados corresponden a especímenes de una muestra de un mismo material o si pertenecen a materiales diferentes.
- f) No se presenta el promedio de los resultados de la resistencia de cilindros de concreto, como lo requiere la normativa, solo se reportan los resultados individuales.

### Ensayos al concreto

- g) Se determinó una ejecución de ensayos del 92% en dos tipos de concreto, mientras que solamente se realizó el 8% restante en seis tipos de concreto.
- h) Se determinan indicadores de frecuencia mayores al 3529% y 4658% para los ensayos de temperatura y asentamiento del concreto, así como para el ensayo de resistencia a la compresión de cilindros de concreto, en concretos de 180 kg/cm<sup>2</sup> y 225 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.
- i) Se determinan indicadores de frecuencia con un valor del 194% y 542% para los ensayos de contenido de aire y peso unitario del concreto, en concretos de 180 kg/cm<sup>2</sup> y 225 kg/cm<sup>2</sup>
- j) De los cinco ensayos ejecutados a la totalidad de los concretos de diferentes resistencias del proyecto se logró determinar que el 93% se concentraron en los ensayos de asentamiento, la resistencia a la compresión y la temperatura del concreto
- k) Se identifican frecuencias de muestreo menores a las establecidas en el CR-2010 (1 por cada 25m<sup>3</sup> de material), realizándose ensayos en una frecuencia de 1 cada 5 m<sup>3</sup> a 17 m<sup>3</sup>.



### **Ensayos a la mezcla asfáltica**

- l) Para el periodo de siete meses en el que se produjo mezcla asfáltica se determina que solamente en tres meses se realizaron el conjunto de seis ensayos establecidos para la caracterización de la mezcla asfáltica.
- m) Solamente en tres ensayos -de los establecidos en el conjunto de caracterización- se realizaron la misma cantidad de muestras durante los siete meses de producción de mezcla analizados.
- n) El ensayo de tensión diametral se ejecuta -en su mayoría- con una frecuencia mensual.
- o) Los ensayos que más se realizaron fueron los de chequeos de compactación, representando una cuarta parte de todos los ensayos a la mezcla asfáltica realizados.
- p) Los indicadores de frecuencia para los parámetros VFA, VMA, granulometría, contenido de asfalto y relación polvo/asfalto muestran valores mayores al 100%.
- q) Los ensayos para el control de compactación en campo “Densidad de la mezcla asfáltica compactada en sitio por métodos nucleares” y la “Prueba para determinar el porcentaje de vacíos de aire de mezclas asfálticas densas y abiertas para pavimentos” determinan indicadores de cumplimiento con valores de 1039% y 1106%, respectivamente.

### **Ensayos al suelo**

- r) Con relación a los ensayos efectuados a los suelos se observa que los ensayos más ejecutados de son los de “medición de la densidad mediante método nuclear” con un 56% y el ensayo de límite líquido en un 14% del total de ensayos realizados.
- s) Los ensayos Próctor (estándar y modificado) son los que menor periodicidad revelan, incluso se observa que en 4 meses se realizaron 153 ensayos de humedad, sin ensayos Proctor asociados.
- t) Se determina que no se mantiene una ejecución constante entre la “medición de la densidad por métodos nucleares” y el ensayo que se utiliza comúnmente para la corroboración de las mediciones mediante la “determinación de densidad mediante cono de arena”.
- u) Situación similar se observa en el ensayo de relación de humedad con respecto a la medición con densímetro nuclear, donde se determinan relaciones de 1 ensayo de humedad por cada 30 densidades nucleares, hasta 8 densidades nucleares por cada ensayo de humedad.

### **Ensayos a la base estabilizada**

- a) Se logran establecer indicadores de frecuencia de 872%, 831% y 87%, para los ensayos en la base estabilizada de análisis granulométrico, límite líquido e índice plástico y próctor modificado, respectivamente.
- b) Por su parte la resistencia a la compresión de especímenes de base estabilizada evidencia un indicador de frecuencia de 2342%, realizando más de 100% de lo recomendado el CR-2010 (Cada 500 m<sup>3</sup> colocados)



### **Ensayos al material de préstamo y subbase**

- c) Para el material de préstamo se obtienen indicadores de frecuencia mayores al 100% para el ensayo de Proctor modificado, granulometría, límite líquido, índice plástico, e índice de soporte de california son del 395%, 442% y 163% correspondientemente.
- d) El indicador de frecuencia para el material de subbase en el ensayo de Relación densidad-humedad es de 4286%, evidenciándose una frecuencia de hasta más de un 300% de la recomendada en el CR-2010 (1 por cada tipo de suelo pero no menos de 1 por 3000 m<sup>3</sup>).

## **13. RECOMENDACIONES**

### **13.1. Al Programa de Infraestructura del Transporte del MOPT**

- Elaborar un indicador de cumplimiento del plan de verificación de la calidad, con el fin de identificar de forma rápida el cumplimiento del plan.
- Asegurarse que el sobremuestreo evidenciado no generará costos adicionales o un pago extra a la Administración activa, aumentando así el monto del original de contrato. Sobre todo considerando que los resultados obtenidos en algunos de los procesos de producción de materiales evidenciaron un nivel de cumplimiento adecuado, y evidenciado en los resultados de ensayos de laboratorio.

### **13.2. Al Despacho del ministro**

- La verificación de calidad es el instrumento que sirve a la administración para orientar, supervisar y controlar todas las etapas de construcción del proyecto y en el caso que compete a este informe la calidad de los materiales, y con esto obtener la calidad deseada y pactada en el contrato. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el control de calidad no es sólo un papeleo, es un instrumento para que la administración pueda tomar decisiones informadas, por lo que la valoración de los resultados obtenidos y la frecuencia de ensayos solicitada influirá en el desempeño final de la carretera. Por lo anterior se recomienda valorar la incorporación para futuros proyectos, de un análisis estadístico de la calidad e indicadores de calidad con el fin de comprobar el cumplimiento de diferentes parámetros.
- Asimismo, el control de calidad representa una inversión, como cualquier otra, debe producir rendimientos adecuados que justifique su existencia, y una de sus principales funciones es adoptar las medidas necesarias de aceptación o rechazo del material (Hansen, 1990). Los costos de calidad involucrados en un proyecto de este tipo son muy altos, por esta razón se recomienda requerir metodologías de diseño de planes de verificación de calidad, estableciendo con mayor claridad alcance, responsabilidades, diseño y desarrollo de plan, así como procesos de control, seguimiento y medición de los resultados obtenidos.



#### 14. REFERENCIAS

- Hansen, B. L. (1990). Control de calidad: teoría y aplicaciones. Ediciones Díaz de Santos. <https://elibro-net.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/es/ereader/sibdi/55468?page=1>
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2001). Disposición SC-03-2001 Aseguramiento de la Calidad.

EQUIPO AUDITOR		
<b>Preparado por:</b> Ing. Rose Mary Cabalceta Rubio Auditora Técnica	<b>Preparado por:</b> Ing. Víctor Cervantes Calvo Auditor Técnico	
<b>Visto Bueno de Legalidad:</b> Licda. Nidia Segura Jiménez Asesora Legal Externo LanammeUCR	<b>Revisado y aprobado por:</b> Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc. Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica	<b>Aprobado por:</b> Ing. Alejandro Navas Carro, MSc. Director General LanammeUCR



## 15. ANEXO

### Anexo 1. Proceso de valoración de los resultados de la auditoría realizada

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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



Resultado	Cumplimiento contractual	Impacto	Urgencia	Valoración
Hallazgo 1. El Plan de verificación de calidad no cumple con los requisitos establecidos en la disposición SC-003-2001 "Aseguramiento de la Calidad".	3	1	3	2,33
Hallazgo 2. Se determinó una escasa ejecución de ensayos de peso unitario (INTE C72 (ASTM 138) "Método para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire del concreto por el método gravimétrico" y del ensayo contenido de aire INTE C42 (ASTM 231) "Método de ensayo para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco por el método de presión del ensayo de contenido de aire".	3	1	3	2,33
Observación 1: Se evidenciaron oportunidades de mejora en el reporte de los resúmenes de ensayos elaborados por el Consorcio MSD-LGC.	1	1	1	1,00
Observación 2: Se observa una concentración de ejecución de ensayos particularmente en dos tipos de concreto (resistencia 180 kg/cm <sup>2</sup> y 225 kg/cm <sup>2</sup> ), a pesar de utilizar otros seis tipos de concreto.	3	1	1	1,67
Observación 3: La mayoría de los indicadores de frecuencia de ensayo para las normas INTE C43 (ASTM 1064) "Medición para la temperatura del concreto de cemento hidráulico recién mezclado", INTE C41 (ASTM 143) "Asentamiento en el concreto del cemento hidráulico para concreto e INTE C39 (ASTM C39) "Resistencia a la compresión uniaxial de especímenes de cilindro de concreto", reportan un valor por encima de 100%.	1	1	5	2,33
Observación 4: Los indicadores de cumplimiento para los ensayos de mezcla asfáltica, cumplen con un valor mayor al 100%.	1	1	5	2,33
Observación 5: Con relación a los ensayos realizados a los suelos se observa una concentración de ensayos particularmente para la medición de la densidad mediante el método nuclear, los ensayos de Proctor (estándar y modificado) fueron los que menos se ejecutaron.	3	1	5	3,00
Observación 6: La mayoría de los indicadores de frecuencia de ensayo para los ensayos de base estabilizada se encuentran por encima del 100% en el indicador de frecuencia.	1	1	5	2,33
Observación 7: La mayoría de los indicadores de frecuencia de ensayo para los ensayos de material de préstamo se encuentran por encima de un indicador de frecuencia del 100%.	1	1	5	2,33
Observación 8: Se evidencia indicadores de frecuencia de ensayo para los ensayos de material de subbase por encima al 100%	1	1	5	2,33

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



Anexo 2. Análisis del descargo al informe en versión preliminar EIC-Lanamme-INF-019B-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: 1/20

**1. Nombre Informe**

EIC-Lanamme-INF-0019B-2020 "Análisis del cumplimiento de la frecuencia de ensayos del Plan de verificación de la calidad del proyecto: Mejoramiento y rehabilitación de la Ruta Nacional N°160, sección: Playa Naranjo – Paquera. Documentos de Licitación PIT-5-LPI-0-2016"

**2. Descargo**

El día 17 de diciembre del 2021, a las 2:06 pm se recibe mediante correo electrónico el oficio DM-2021-6566 el cual contiene el descargo al informe EIC-Lanamme-INF-0019B-2020. El oficio lo remite el ingeniero Tomás Figueroa Malavassi, viceministro de Infraestructura, así como el director de la Unidad Asesora del CAS del PIT y PIV-APP, el cual va dirigido a la coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica, Wendy Sequeira Rojas.

Asimismo, como parte del descargo se adjunta el oficio MSD-LGC-2021-548 remitido por el Ing. Carlos Arroyo Rojas, Director de Proyecto para el Consorcio MSD-LGC, en el cual se realiza el descargo a dicho informe.

Adicionalmente, mediante el oficio EIC-Lanamme-022-2022 enviado el 10 de enero del 2022 se solicita información adicional al documento de descargo entregado (dicha documentación fue mostrada en la reunión de presentación del informe preliminar del 25 de noviembre de 2021), el cual fue respondido mediante el oficio DM-2022-222 recibido el día 13 de enero de 2022.

**3. Análisis del descargo**

Primeramente, se procedió a analizar el descargo presentado en el oficio MSD-LGC-2021-548 presentado por el Director del Proyecto Consorcio MSD-LGC. Se aclara y se hace hincapié tanto a la Unidad Asesora del Comité de Administración, a la Supervisión PIT y PIV-APP que efectivamente el equipo auditor realizó un análisis global de toda la información relacionada con los ensayos realizados en el proyecto, debido a que se tiene totalmente claro que existe -para ciertos materiales- algún desfase natural en el reporte de los resultados de algunos ensayos, con relación a la cantidad total de obras realizadas e incluidas en las estimaciones de pago, por lo que no se ahondará más en este tema.

**Hallazgo 1. El Plan de verificación de calidad no cumple con los requisitos establecidos en la disposición SC-003-2001 "Aseguramiento de la Calidad".**

En el oficio se declara acerca del hallazgo 1, como se muestra en el siguiente extracto de la página 4:





 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: 2/20

Esta Unidad de Supervisión quisiera aclarar que las frecuencias indicadas corresponden a las frecuencias mínimas indicadas en el cartel de licitación y en el CR-2010, lo cual es fácilmente verificable en estos escritos y es de debido conocimiento por las entidades verificadoras de calidad, tal como se muestra en los siguientes recuadros:

Si bien es cierto que las frecuencias mínimas se establecen en los documentos referidos, también debe tenerse en cuenta que el plan de ensayos presentado incluye una tabla donde se especifica la frecuencia de ensayos que el organismo verificador propuso al inicio del proyecto, de ser necesario la columna de frecuencias del plan puede referirse específicamente a cada una de las secciones o tablas del CR2010.

El Equipo Auditor admite que el plan cuenta con una columna en la que se indica una frecuencia (en algunos casos solo una cantidad), sin embargo, no se comparte el argumento en el cual indican que es "fácilmente verificable", debido a que en las tablas del CR2010, sí se establece un número de ensayos por cantidad de material utilizado. Sin embargo, en la tabla referida, para algunos de los ítems no se incluye ninguna cantidad estimada (o solo un número general) en el proyecto por lo que la comprobación de las frecuencias -desde el plan de verificación- no es tan fácilmente verificable como expresa el auditado MSD-LGC-2021-548.

Lo anterior también aclara que la cantidad de muestreos indicados en el plan de verificación de calidad corresponden a las cantidades mínimas que debería ejecutar esta Unidad de Supervisión. Sin embargo, tal como se ha mencionado en varios oficios, en búsqueda de asegurar la calidad, dar mayor seguimiento, cobertura y veracidad de lo ejecutado en el proyecto, el equipo de supervisión ha muestreado y analizado inclusive hasta el 100% de las actividades inherentes. Este accionar va más allá de la responsabilidad y exigencia establecida por el contratante.

La responsabilidad de la figura de "verificación de la calidad", no solo consiste en ejecutar una fracción de los ensayos a los materiales de la totalidad de los realizados por el control de calidad, sino que además, de evaluar los riesgos inherentes y de control, y establecer los riesgos de detección, con el fin de establecer un plan de muestreo que sirva para comprobar si las actividades y/o materiales están conforme a las especificaciones técnicas



 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: 3/20

establecidas en el cartel, así como comunicar y comprobar la verosimilitud, integridad y corrección de los datos comunicados.

Se debe tener claro que, conforme aumenta el riesgo de incumplimiento del material (alta variabilidad) evidenciado con los resultados de pruebas realizadas, más frecuentes deben ser las actividades de verificación (pruebas, ensayos, muestreos) en la fase crítica (periodo de descontrol), porque solo mediante la aplicación de más pruebas el organismo verificador detectará desviaciones representativas. Es criterio de esta auditoría, que una vez que el proceso productivo o el material está en control, el organismo verificador debería de reducir la frecuencia de los ensayos, ya que no es "su obligación el control total" del proyecto.

Si bien es cierto que es una "buena intención" realizar el 100% del control de calidad, habitualmente la entidad de verificación realiza una cantidad inferior a los ensayos que realizan el laboratorio de control de calidad.

Ciertamente la verificación de calidad fue más allá de su responsabilidad realizando en algunos casos hasta el 2000% o 3000% de la frecuencia establecida en el plan de calidad original (según los datos del descargo presentado). Como se indicó anteriormente, de acuerdo con los modelos de Gestión de Calidad tradicionales, no es competencia del organismo de verificación de calidad "buscar asegurar la calidad" de todos los materiales o todos los procesos del proyecto y analizar el 100% de las actividades ejecutadas. Los esquemas tradicionales de control de calidad establecen que las entidades de verificación ejecuten una fracción de ensayos, con el fin de corroborar la exactitud de los resultados reportados por el contratista, y en caso de detectarse alguna anomalía, y tal como lo indica el cartel se debe aumentar el muestreo en casos donde exista un riesgo al no cumplimiento del material según la especificación técnica establecida.

Se debe tener claro que la acción de la verificación de calidad es monitorear los procesos de producción de materiales o procesos constructivos, y en caso de detectar alguna anomalía estudiarla con mayor frecuencia y hacer las alertas correspondientes al contratista para la toma de decisiones oportunas, sin caer en la responsabilidad o administración sobre toda la obra, ya que sería coadministrar el proyecto vial de construcción.

procesos de verificación de calidad indicados. Sin embargo, en vista de la acertada observación del auditor, y para evitar posibles confusiones, esta Unidad de Supervisión considerará esta observación en futuros proyectos, a sabiendas que este factor, a criterio de la Unidad de Supervisión, no influyó en el adecuado seguimiento de la calidad del proyecto.



 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: 4/20

Se mantiene la observación, cabe aclarar que los indicadores de gestión de calidad como el presentado es un valor medible que demuestra la eficacia con la que se están logrando objetivos trazados en plan.

Con respecto a la comunicación entre la administración y el Contratista para la toma de decisiones adecuadas a la corrección de diferencias encontradas, esta Unidad de Supervisión aclara que siempre se comunicó en tiempo y forma mediante oficios tanto a la administración como al Contratista sobre las diferencias, deficiencias o incumplimientos para que estos fueran corregidos en su debido momento, no esperando hasta la ejecución del informe mensual para su comunicación.

En relación al recuadro anterior se acepta el comentario dado en el descargo y se modifica la condición indicada en el informe preliminar.

**Observación 1: Se evidenciaron oportunidades de mejora en el reporte de los resúmenes de ensayos de concreto elaborados por el Consorcio MSD-LGC.**

Al respecto esta Unidad de Supervisión tomará las observaciones del caso ante el error cometido en la digitación de la norma, sin embargo, se es claro del procedimiento a seguir para los ensayos de resistencias de concretos, cuya practica se encuentra aprobada y certificada por el ECA en el ejercicio del laboratorio de verificación LGC- Ingeniería de Pavimentos para este y otros proyectos que así lo requieran.

En lo que respecta al enunciado anterior se comparte lo indicado sobre la corrección por parte del organismo donde se va a tomar la oportunidad de mejora, sin embargo, se debe aclarar que esta auditoría no se refiere a un error o mal procedimiento del ensayo, sino sólo a un error documental, por lo que se identifica como una oportunidad de mejora para futuros planes con el fin de evitar confusiones.



	<p>Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales</p>	<p>Referencia: ANEXO 21</p>
	<p>Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo</p>	<p>Versión: 1</p>
<p>Consecutivo:</p>		<p>Página: 5/20</p>

y es una prueba clara de que los ensayos fueron realizados a lo largo del proyecto. Sin embargo, estos no se han incluido en los resúmenes de ensayo para evitar recargar el documento de parámetros con menor influencia en el criterio de aceptación (sin restar importancia a estos), ya que estos son parámetros de control, pero no estrictamente de aceptación. Aclarando nuevamente que sus resultados son comprobables en el desarrollo del informe, por lo que cualquier incumplimiento detectado se procedería, con la importancia debida, según el accionar que indique el cartel para cada situación o resultado en particular. Sin embargo, en aras de considerar la oportunidad de mejora, se valorará la inclusión de estos parámetros en el resumen de resultados de cada informe.

Esta auditoría comparte que es claro que la información se encuentra dentro del informe de ensayo, sin embargo, para la toma de decisiones ágiles por parte de la administración es una buena práctica la presentación de la misma en los resúmenes de ensayo, teniendo como entregables tanto los "Informes de ensayo", así como los "Resúmenes de ensayo".

Al respecto esta Unidad de Supervisión lamenta el error incurrido por el auditor en la comprensión del informe de Calidad emitido por esta Unidad de Supervisión, ya que en este si es posible identificar a que material corresponde cada muestra, sin embargo, la tabla general fue dividida en 2 para facilitar la lectura de cada uno de los parámetros, tal como se muestra en la siguiente figura:

Si bien es cierto, que es posible establecer la correspondencia del material indicado de cada muestra y generar una relación ágil de los resultados de temperatura y asentamiento con respecto a los resultados de resistencia. Para obtener la información completa de una misma muestra se deben revisar varias tablas del informe ubicadas en páginas diferentes. Se debe considerar que hay otros usuarios que también consultarán la información, por lo que es criterio de esta auditoría que, la información indicada debe presentarse de la manera más clara posible para todos los involucrados en el proyecto.

Además, se considera importante destacar que el muestreo presentado en la figura 4 del informe preliminar del auditor no corresponde a un extracto del informe de verificación del mes de febrero, si no que corresponde al mes de noviembre del año 2020 con numero de informe 19-028-2020.



 LABORATORIO NACIONAL 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: 6/20

Se comparte el criterio y se realiza la modificación correspondiente en el informe final.

La apreciación del auditor es correcta, el laboratorio de verificación ha omitido insertar una columna con el promedio de las resistencias para cada uno de los muestreos de cilindros realizados, en las tablas de resistencias presentadas en los informes. Sin embargo, en cada uno de estos se muestran las resistencias de cada falta de cilindros por individual y en la práctica siempre es calculado el promedio de los especímenes fallados para cada muestreo, con la finalidad de verificar el cumplimiento de la resistencia del concreto utilizado en las obras del proyecto. Se tomará como oportunidad de mejora esta indicación del auditor para su inclusión en futuros informes de otros proyectos, con la finalidad de simplificar la verificación de la información aportada.

Se considera aceptable las acciones que se llevarán a cabo, indicadas en el descargo sobre la corrección para futuros informes, sin embargo, es importante recalcar que en el apartado 10.1.6 de la norma INTE C39:2020 "Resistencia a la compresión uniaxial de especímenes cilíndricos de concreto", se indica lo siguiente:

*Quando se reporte el promedio de dos o más especímenes de un conjunto, calcular el promedio de la resistencia a la compresión utilizando los resultados individuales sin redondear, luego reportar la resistencia a la compresión promedio calculada al 0,1 MPa más cercano.*

Es en este sentido que se dirige la recomendación de esta auditoría, hacia el cumplimiento del reporte de la norma de compresión de cilindros.

**Observación 2: Se evidenciaron oportunidades de mejora en los reportes de ensayos de mezcla asfáltica de los resúmenes de ensayos elaborados por el Consorcio MSD-LGC.**

Al respecto esta Unidad de Supervisión mantiene el mismo criterio indicado en la observación 1, aclarando que se tomarán las observaciones del caso ante el error cometido en la digitación de la norma, sin embargo, se es claro del procedimiento a seguir, cuya practica se encuentra aprobada y certificada por el ECA en el ejercicio del laboratorio de verificación LGC-Ingeniería de Pavimentos para este y otros proyectos que así lo requieran

Como se indicó anteriormente la observación se hace en el sentido de que se considere una oportunidad de mejora en la parte documental, con el fin de evitar inconvenientes de interpretación, de igual manera se debe aclarar que no se refiere al procedimiento de ensayo efectuado por el laboratorio.



	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: 7/20

**Observación 3: Se observa una concentración de ejecución de ensayos particularmente en dos tipos de concreto (resistencia 180 kg/cm<sup>2</sup> y 225 kg/cm<sup>2</sup>), a pesar de utilizar otros seis tipos de concreto.**

Antes de brindar nuestra posición, y con el respeto del caso, se hace la sugerencia de indicar la resistencia del concreto en unidades de kg/cm<sup>2</sup> y no en kg/cm<sup>3</sup>, ya que el f'c en estos casos sería de 180 kg/cm<sup>2</sup> y 225 kg/cm<sup>2</sup>, por ejemplo, lo anterior viéndose como una oportunidad de mejora en el desarrollo de futuros informes. Por otro lado, en respuesta a esta observación y considerando que las unidades de las resistencias indicadas son un error, esta Unidad de Supervisión indica que tal como se comunicó en la observación N°1, en todos los informes de calidad presentados mes a mes se indica el material correspondiente para cada número de muestra, lamentando el error incurrido en la apreciación del informe por parte del auditor. Sin embargo, aun sin realizar estas consideraciones es evidente el cumplimiento en las frecuencias de ensayo

Se toma en cuenta el comentario del consorcio, por lo que realizará la modificación correspondiente en el informe final.

Cuadro 1. Cantidad de concreto colocado en el periodo de enero 2020 a marzo 2021

Descripción	Cantidad total del proyecto (m <sup>3</sup> )	Porcentaje	Frecuencia de plan de verificación de calidad	Cantidad de ensayos por ejecutar (10%)
Concreto f'c 180 kg/cm <sup>2</sup>	2440.21	37.11%	1 por cada 25 m <sup>3</sup>	10
Concreto f'c 225 kg/cm <sup>2</sup>	3684.81	56.04%	1 por cada 25 m <sup>3</sup>	15
Concreto f'c 210 kg/cm <sup>2</sup>	0	0.00%	1 por cada 25 m <sup>3</sup>	0
Concreto f'c 140 kg/cm <sup>2</sup>	141.34	2.15%	1 por cada 25 m <sup>3</sup>	1
Concreto f'c 250 kg/cm <sup>2</sup>	308.62	4.69%	1 por cada 25 m <sup>3</sup>	2
Total	6574.98	100.00%	1 por cada 25 m <sup>3</sup>	28

El cuadro anterior es una muestra clara del porque se denota poca ejecución de ensayos en concretos de 140, 210, 240 kg/cm<sup>2</sup>, ya que sus proporciones se encuentran por debajo del 5% con respecto a los otros concretos. Sin embargo, de igual forma que con los concretos de 180 kg/cm<sup>2</sup> y 225 kg/cm<sup>2</sup>, esta Unidad de Supervisión cumplió con la frecuencia mínima de medición especificada en el CR-2010 y el plan de verificación de calidad, tal como se representa en el siguiente cuadro:



 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: 8/20

Durante la presentación del informe preliminar y como parte del descargo presentado por la administración, se indica que la totalidad máxima de ensayos que se deberían realizar en el proyecto según el contrato, se define tan solo como el 10% de todos los muestreos establecidos en el plan de ensayos.

En la versión final del informe de auditoría, se incluye una tabla comparativa de la cantidad de ensayos que se tenían que hacer respecto con la cantidad de ensayos realizados, en la cual se evidencia el sobre muestreo realizado por el laboratorio de verificación, además se incluye la información de la frecuencia aplicada en estos ensayos.

De esta información se logra determinar que los ensayos se realizaron con una frecuencia menor a la indicada en el CR-2010 donde las frecuencias recomendadas son cada 25 m<sup>3</sup>. En este caso se determina que para el concreto utilizado en el proyecto, el laboratorio de verificación realizó muestreos con una frecuencia entre 5 m<sup>3</sup> a 17 m<sup>3</sup> con indicadores de frecuencia por encima del 1000% para la mayoría de los materiales, lo cual es indicador de que se muestreó más del 100% del material según el plan de ensayos.

Material	Cantidad del periodo en m <sup>3</sup>	Planificados según el 10%	Ensayos ejecutados	Indicador de frecuencia según el 10%	Frecuencia calculada cada m <sup>3</sup>
Concreto fc 180 kg/cm <sup>2</sup>	1680	7	219	3259%	8
Concreto fc 225 kg/cm <sup>2</sup>	1336,51	5	249	4658%	5
Concreto fc 140 kg/cm <sup>2</sup>	142	1	2	200%	71
Concreto fc 280 kg/cm <sup>2</sup>	259	1	15	1448%	17

Tabla elaborada por UAT-LanammeUCR

Asimismo, al analizar los resultados de resistencia a la compresión de cilindros, se determina que hay muy pocos incumplimientos con relación a la resistencia mínima, por lo que genera la duda a este Equipo Auditor, sobre la razón para el aumento tanto de la cantidad y como de la frecuencia de los muestreos para este material. Se debe tener claro que conforme aumenta el riesgo de incumplimiento en un material, se debe incrementar la ejecución del muestreo; sin embargo, de acuerdo con los resultados de resistencia se puede aseverar que este no es el caso.

De acuerdo con lo observado en la ejecución de los ensayos, se puede advertir la ineficacia del "plan de muestreo" propuesto al inicio del proyecto, ya que no se cumplió a cabalidad con lo planteado en el mismo. Porque parece ser que independientemente de la cantidad colocada del material (poco o mucho), este era muestreado. Normalmente realizar ensayos a todo el material colocado en el proyecto, incrementa innecesariamente los costos de los ensayos de forma excesiva en las actividades de verificación de calidad. Sin embargo, los encargados de la entidad de verificación de la calidad, declararon durante la presentación del informe preliminar, que el "sobremuestreo" determinado en el informe preliminar no generaría costos extras a la administración, por lo que se interpreta que estos costos son asumidos por el Consorcio.



 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: 9/20

La finalidad de un plan de muestreo, es establecer claramente los lineamientos bajo los que trabajará el laboratorio de ensayo, determinando la cantidad de ensayos que se van a realizar, su frecuencia y la norma de ensayo que se va a ejecutar. En este mismo sentido, se debe resaltar que el plan de muestreo no solamente es un requisito documental, si no que se debe ser considerado como el documento que rige la ejecución de los ensayos de verificación de calidad.

**Observación 4:** La mayoría de los indicadores de frecuencia de ensayo para las normas INTE C43 (ASTM 1064) "Medición para la temperatura del concreto de cemento hidráulico recién mezclado", INTE C41 (ASTM 143) "Asentamiento en el concreto del cemento hidráulico para concreto e INTE C39 (ASTM C39) "Resistencia a la compresión uniaxial de especímenes de cilindro de concreto", reportan un valor por encima de 100%

Tal como lo menciona el auditor en su escrito, existe evidencia clara del cumplimiento con la frecuencia de ensayos según las normas INTE C43 (ASTM 1064) "Medición para la temperatura del concreto de cemento hidráulico recién mezclado", INTE C41 (ASTM 143) "Asentamiento en el concreto del cemento hidráulico para concreto e INTE C39 (ASTM C39) "Resistencia a la compresión uniaxial de especímenes de cilindro de concreto", para los concretos con resistencias de 180 kg/cm<sup>2</sup>, 225 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>. Resaltando que existe un cumplimiento de 326%, 465% y 142% respectivamente, lo anterior demuestra lo indicado por esta Unidad de Supervisión en diferentes oficios con respecto al seguimiento brindado a la calidad del proyecto, realizando verificaciones con una frecuencia de ensayos y muestreos mucho mayores que las solicitadas en el contrato, en búsqueda del buen proceder y aseguramiento de calidad de este.

Con base en lo expuesto en el descargo se mantiene la observación dada en el informe debido a que hace referencia a que se muestreó más cantidad de material de lo establecido según la frecuencia del CR-2010, además con la información aportada en el descargo se determinan indicadores de frecuencia de ensayo muy altos (al ser comparados con el 10% que se debía realizar), obteniendo valores de prácticamente cada 5 m<sup>2</sup> - 17 m<sup>2</sup> de concreto fresco.

El espíritu del modelo de pago en función de calidad, persigue realizar un seguimiento y confirmación de los resultados reportados por el CC de la empresa. El fin del ente de verificación no es convertirse en un laboratorio de confirmación que realiza el 100% de los ensayos y mucho menos se convierta en co-administrador el proyecto. El objetivo de la Verificación de calidad es hacer advertencias de lo que el contratista tiene que ir corrigiendo y ajustando.





 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: 10/20

No es comprensible que la Unidad de Supervisión sea señalada de poco eficiente por realizar una mayor cantidad de ensayos que los exigidos en el Contrato de Supervisión, al contrario, la sobrejecución de estos ensayos con respecto a lo especificado en el contrato habla del compromiso de esta Unidad de Supervisión en el proyecto, y de su eficiencia en el manejo de las actividades ejecutadas, ya que este proceder no radica únicamente en las actividades en donde se requiere concreto hidráulico, si no que en las demás actividades que forman parte de este proyecto también existe una frecuencia de ensayos muy por encima de lo solicitado. Lo cual es fácilmente comprobable comparando las cantidades ejecutadas en cada uno de los ítems con respecto a la cantidad de ensayos ejecutados, tal como se muestra en la siguiente

El Equipo Auditor tiene claro que la Unidad de Supervisión buscó aumentar la presencia del muestreo, sin embargo, esta auditoría se refiere al concepto de eficiencia donde una inspección del 100% generará un costo mayor a la administración. A criterio de esta auditoría hacer una mayor cantidad de ensayos conlleva un incremento en el costo para la Administración, mientras que un muestreo según el plan asegura que las características de calidad por unidad de muestreo.

Cabe destacar que el contrato de verificación indica que en caso de observar una disconformidad en los resultados de los materiales se realizaría un 10% de pruebas adicionales para verificar el cumplimiento de las especificaciones. Es decir que según el incumplimiento de la especificación se va aumentando de 10% en 10% la cantidad de los ensayos, esto hasta llegar a un 100%, sin embargo, el ejecutar una gran cantidad de ensayos, genera la duda -a esta auditoría- de la eficiencia y efectividad del plan de muestreo presentado.

Es importante mencionar que existe una tendencia a creer que sólo se pueden obtener buenos resultados si se inspecciona la totalidad del material colocado, sin embargo, si se realiza un plan de muestreo basado en la estadística, no hay porque dudar de la eficacia del muestreo.

**Hallazgo 2.** Se determinó una escasa ejecución de ensayos de peso unitario (INTE C72 (ASTM 138) *“Método para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire del concreto por el método gravimétrico”* y del ensayo contenido de aire INTE C42 (ASTM 231) *“Método de ensayo para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco por el método de presión del ensayo de contenido de aire”*.



 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales	Referencia: <b>ANEXO 21</b>
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo	Versión: <b>1</b>
Consecutivo:		Página: 11/20

Con base en el análisis realizado por esta Unidad de Supervisión a los ensayos ejecutados durante el periodo de estudio utilizado por el auditor (enero 2019-marzo 2021), se puede comprobar que el laboratorio de verificación ha ejecutado un total de 85 ensayos de contenido de aire y 85 ensayos de peso unitario tomando en cuenta todos los concretos, mientras que con base en las cantidades ejecutadas en el periodo de estudio y la frecuencia definida en el plan de gestión de calidad se debieron ejecutar 28 ensayos en total, cumpliendo con un 304 % de lo requerido. Lo anterior se muestra en el siguiente cuadro:

Del análisis realizado por esta auditoría, a pesar de lo expresado en el descargo, no existe evidencia de que los ensayos se hayan efectuado durante todo el periodo analizado, exceptuando el periodo mayo 2020-agosto 2020 ya que para estos meses existe certeza que se realizaron ensayos según los informes de verificación presentados a la administración.

Por otro lado, esta Unidad aclara que los ensayos de peso unitario (INTE C72 (ASTM 138) "Método para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire del concreto por el método gravimétrico" y del ensayo contenido de aire INTE C42 (ASTM 231) "Método de ensayo para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco por el método de presión del ensayo de contenido de aire", corresponden a ensayos de control más no de aprobación. Por lo tanto, se ha brindado mayor atención a la evaluación de la resistencia de los concretos utilizadas en el proyecto, que a los ensayos indicados anteriormente. Todo lo anterior con la finalidad de garantizar concretos de mayor calidad en el proyecto.

De acuerdo al contenido del recuadro anterior, se confirma la aseveración realizada por el equipo auditor sobre la mayor atención que se da a la resistencia al concreto establecida en el proyecto, en comparación con los muestreos que se realizan a los ensayos de peso unitario y contenido de aire. Es importante destacar que el enfoque de este hallazgo se refiere a que, para asegurar la aleatoriedad y representatividad de la muestra utilizada en la aplicación de la inferencia estadística, se debe implementar en todo el periodo durante el que el material fue producido y no sólo en unos meses, como lo evidencian los informes de verificación presentados.



	<p>Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales</p>	<p>Referencia: ANEXO 21</p>
	<p>Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo</p>	<p>Versión: 1</p>
<p>Consecutivo:</p>		<p>Página: 12/20</p>

Aunado a lo anterior, se debe recordar que el contenido de aire podría tener inherencias en la trabajabilidad de la mezcla, capacidad de resistir fenómenos de deshielo en el concreto, así como reducciones en la resistencia del concreto. Por lo tanto, en lo que respecta a la trabajabilidad de la mezcla de concreto es un parámetro que es medido por el ensayo de revenimiento, el cual es realizado siempre que se realiza un muestreo de concreto, por lo que las cantidades de este ensayo son idénticas a las cantidades de muestreos de cilindros realizados en el proyecto, los cuales presentan un cumplimiento mayor al 90 % según las comparaciones realizadas por el auditor. Referente a la capacidad de resistencia al deshielo, es un fenómeno que no se presenta en nuestro país por lo que no es una inherencia de este proyecto, y en lo que respecta a la posible disminución de la resistencia, esta es determinada por los ensayos de compresión en los que el mismo equipo auditor ha evidenciado el sobrecumplimiento en la frecuencia de medición de estos ensayos.

Si bien el parámetro de contenido de aire está directamente relacionado con la trabajabilidad del concreto, en Costa Rica este parámetro no se ha establecido para controlar esa propiedad, más bien se establece con la intención de evitar la presencia de un alto contenido de vacíos de aire en la matriz, medido de una forma rápida y tomar acciones al respecto, y no esperar hasta la falla de los cilindros 28 días después, donde puede perjudicar la resistencia del concreto.

Se destaca que dicho ensayo no está especificado para controlar condiciones de deshielo, como menciona el descargo, ya que es ampliamente sabido que en Costa Rica no se presentan estas condiciones climáticas (como bien lo apunta el descargo).

Con fundamento en los aspectos anteriormente esbozados, se mantiene el hallazgo, en razón de que no se evidenció (en los informes de verificación de calidad, además en la tabla presentada en el descargo) prueba del registro de los ensayos que durante todo el período se efectuaron los ensayos de peso unitario (INTE C72 (ASTM 138) "Método para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire del concreto por el método gravimétrico" y del ensayo contenido de aire INTE C42 (ASTM 231) "Método de ensayo para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco por el método de presión del ensayo de contenido de aire".

**Observación 5:** Se establece que la totalidad de ensayos para determinar las características fundamentales de la mezcla asfáltica se realizó de forma completa únicamente durante 3 meses de los 7 meses en los que hubo producción.

Con base en la información presentada por la administración en el documento de descargo se logra establecer que las cantidades totales de ensayos para los diferentes materiales



 LABORATORIO NACIONAL 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: 13/20

presentadas por la administración, son prácticamente las mismas que se obtuvieron por esta auditoría.

Sin embargo, debido a que existe un desfase de tiempo entre la información que se reporta en los informes de ensayo y la información sintetizada que se detalla en los resúmenes de ensayo, es lo que produce las diferencias existentes entre lo declarado en el informe de Auditoría y los datos aportados por la Administración en el descargo. No obstante, al analizar la generalidad de la cantidad de ensayos realizados durante el periodo de construcción, se llega a la misma conclusión, coincidiendo los valores obtenidos por la Auditoría con lo reportado por la Administración en el documento de descargo.

Con fundamento en lo anterior, se determina la eliminación de la observación en el informe final, debido a que existen materiales que no se pueden ensayar inmediatamente por los tiempos de acondicionamiento del ensayo como lo son 7 días para base estabilizada y 28 para cilindros de concreto.

**Hallazgo 3. Se evidenció inconsistencia en los resultados del ensayo INTE C324:2019 (ASTM D70) Densidad de los materiales bituminosos semisólidos (método del picnómetro).**

Del mismo modo, si el auditor verifica el plan de verificación de calidad en su totalidad podrá comprobar que este ensayo no se encuentra dentro de los ensayos o muestreos presentados para su ejecución a lo largo del proyecto, únicamente se debe solicitar el certificado de calidad emitido por RECOPE. Por las razones descritas anteriormente, es que el valor de la gravedad específica del asfalto es el mismo a lo largo de los meses de producción de mezcla asfáltica, ya que el único proveedor de cemento asfáltico existente y autorizado en el país ha proporcionado el mismo dato de este parámetro en sus fichas técnicas.

Por lo tanto, como este ensayo no forma parte de los contratados a esta Unidad de Supervisión, ni se ha emitido un cobro extra por la ejecución de estos, el monto de \$ 1 485 000.00 presentado por el auditor en su informe no ha sido cobrado en ningún momento por esta Supervisión, ni han representados gastos extras a la administración. Esta Unidad de Supervisión, lamenta el error incurrido por el equipo auditor al considerar que este ensayo debió ser realizado por el laboratorio de verificación, y considera que el señalamiento correspondiente a este tema sea subsanado en su informe final

Si bien es cierto que el ensayo para la determinación de la "Densidad de los materiales bituminosos" no forma parte del plan de verificación de la calidad, Sin embargo, en vista de



 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: 14/20

que se reportaron en todos los resúmenes de ensayos mensuales del consorcio durante un periodo de 7 meses un total de 197 resultados de ensayo, a criterio de este Equipo Auditor no se puede considerar un simple error, razón por la cual se incluye como parte del conteo de los ensayos.

Asimismo, cabe aclarar dos aspectos, el primero que durante el tiempo que, esta Unidad de Auditoría ha analizado resultados de ensayos de "Densidad de los materiales bituminosos" nunca se ha observado la situación mencionada en el descargo, en el cual se reporta el mismo resultado por un amplio periodo, mucho menos uno de 7 meses como lo indica el auditado. En segundo término, se debe destacar que en ningún momento esta auditoría sugiere que no se utilicen los certificados de calibración, sino más bien se exhorta a que se empleen como un medio de trabajo para poder obtener la gravedad específica verdadera del asfalto.

Atendiendo el descargo indicado se elimina el hallazgo considerando que solo se tiene acceso a los resúmenes de ensayo e informes de ensayo, y no así a los certificados de calidad del asfalto por parte de RECOPE.

**Observación 6:** Algunos de los indicadores de cumplimiento para los ensayos de mezcla asfáltica, cumplen con un valor mayor al 100%. Sin embargo, otros indicadores de cumplimiento de ensayo muestran una frecuencia mucho menor.

Mes	Chequeos de compactación con densímetro nuclear
sep-20	39
oct-20	7
nov-20	17
dic-20	45
ene-21	46
feb-21	38
mar-21	21
Total	213

El cuadro anterior evidencia que se han realizado un total de 213 ensayos de "Densidad de la mezcla asfáltica compactada in situ por métodos nucleares", por lo tanto, si este es comparado con los 205 ensayos requeridos según lo establecido por el auditor en la tabla 13 de su informe, se ha cumplido con un 104% en la ejecución de este ensayo.

Del análisis realizado se modifican las cantidades de los meses de octubre 2020 y noviembre 2020 con 7 y 17 chequeos de compactación, respectivamente, debido a que en los resúmenes de ensayo presentados no se incluía dicha información de los ensayos para los meses respectivos. Sin embargo, se confirma la información en el Informe Mensual para los meses mencionados.



 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: 15/20

Con respecto al señalamiento de la gravedad específica bruta y absorción, en la observación 5 se ha hecho la comparativa de este parámetro, en donde se puede observar que esta Unidad de Supervisión ha cumplido con un 1026 % de su ejecución con respecto a las frecuencias de medición establecidas en el plan de verificación de calidad, cumpliendo además en sobremedida para cada uno de los meses del periodo de estudio. Todo lo anterior se fundamenta en que se han realizado un total de 195 ensayos en comparación con los 19 ensayos que se requieren según el plan de verificación de calidad.

Según el comentario anterior se refleja lo que se ha venido evidenciando en este descargo donde si bien es cierto cumplieron con la frecuencia del 10%, al realizar el conteo total y efectuar el análisis de la cantidad de ensayos, se evidencia un indicador de más del 1039% como indicador de frecuencia de ensayo. Lo que confirma lo que ha venido recalando este Equipo Auditor, sobre la eficiencia que debe ser objetivo de las actividades y del programa de la verificación de calidad en un proyecto de obra vial realizado con fondos públicos.

**Observación 7:** Los ensayos de granulometría y contenido de humedad fueron los más realizados a los materiales granulares en el periodo de estudio (15 meses), sin embargo, la ejecución de todos los ensayos (13 ensayos) se concentraron particularmente en los meses de setiembre y octubre 2020.-

De la información presentada en el documento de descargo al informe en versión preliminar se identifica que para los meses de enero, febrero y marzo de 2021 no se comunicaron en los resúmenes de ensayos los resultados de los ensayos correspondientes a materiales granulares. Así mismo, se identifica que existió un desfase de tiempo entre la información que se reporta en los informes de ensayo y la información sintetizada que se detalla en los resúmenes de ensayo, lo cual generó la inconsistencia de resultados entre lo declarado en el informe de Auditoría y los datos aportados por la Administración en el descargo. En vista de lo anterior que se elimina la observación del informe final de auditoría.

**Observación 8:** Con relación a los ensayos realizados a los suelos se observa una concentración de ensayos particularmente para la medición de la densidad mediante el método nuclear, los ensayos de Proctor (estándar y modificado) fueron los que menos se ejecutaron.



 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales	Referencia: <b>ANEXO 21</b>
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo	Versión: <b>1</b>
Consecutivo:		Página: 16/20

Es correcta la aseveración del auditor con respecto a que no existe una frecuencia constante en la determinación de densidades por el método del cono de arena y que existen meses en donde este ensayo no fue ejecutado. Sin embargo, es importante recordar que el ensayo de cono de arena se utiliza en estos casos, para verificar la densidad de una capa de material colocada en aquellos casos en donde no exista congruencia con los resultados obtenidos con el densímetro nuclear, o en aquellos casos en donde por criterio del Ingeniero de Calidad, se considera que los resultados generados por el densímetro de calidad no generan valores acordes con lo requerido.

Norma	Descripción	Cantidad de Ensayos que debía ejecutar la unidad de Supervisión según la frecuencia definida en el PGC	Cantidad ejecutada según informes mensuales	Diferencia	Desviación del cumplimiento
AASHTO T-310	Chequeos de compactación con densímetro nuclear	52	914,00	862,00	1658%

Con respecto a la observación consignada en el informe, es criterio del equipo auditor que se mantiene, en razón de que la cantidad ejecutada en lo que respecta a los ensayos AASHTO T-310, ya que se compara contra el 10% que se debería realizar y se logra ratificar un indicador de frecuencia de ensayo de 1717%, es decir practicante se duplicó la cantidad que se debía realizar como actividad de autocontrol.

**Observación 9: La mayoría de los indicadores de frecuencia de ensayo para los ensayos de base estabilizada se encuentran por debajo del valor de 90% en el indicador de frecuencia.**

Esta Unidad de Supervisión aclara que la información presentada por el auditor no coincide con la cantidad de ensayos y frecuencia de mediciones obtenidas y presentadas en los informes de calidad entregados mes a mes. En vista de lo anterior, se presentan los siguientes cuadros en donde se evidencia la cantidad de ensayos realizados por el laboratorio de verificación, para cada uno de los ensayos indicados anteriormente.



 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: 17/20	

Cuadro 11. Cantidad de ensayos que se deberían ejecutar en el material granular para la construcción de base estabilizada, según el plan de verificación de calidad.

Mes/Descripción	Volumen	AASHTO T-11/T-27	AASHTO T-89/T-90	AASHTO T-180/T-99	ASTM D-1633
		Análisis granulométrico	Límites de Atterberg	Relación Densidad-Humedad	Resistencia a la compresión de especímenes de Suelo-Cemento
ene-20	0,00	0	0	0	0
feb-20	0,00	0	0	0	0
mar-20	0,00	0	0	0	0
abr-20	710,67	1	1	1	1
may-20	2741,16	1	1	3	1
jun-20	5458,44	2	2	6	2
jul-20	7435,85	2	2	8	2
ago-20	11873,02	3	3	12	3
sep-20	2644,57	1	1	3	1
oct-20	11965,63	3	3	12	3
nov-20	5206,20	2	2	6	2
dic-20	3740,85	1	1	4	1
		16	16	55	16

Como se puede observar en el cuadro 12 presentado en el descargo, para los meses de enero, febrero y marzo 2020 no se colocó material por lo que los ensayos para estos meses no fueron contabilizados por esta auditoría, debido a que pertenecen a la revisión del diseño y no específicamente a ensayos de verificación de la calidad del material colocado.





	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: 18/20

Cuadro 12. Cantidad de ensayos ejecutados en el material granular para la construcción de base estabilizada, según el plan de verificación de calidad.

Mes/Descripción	Volumen	AASHTO T-11/T-27 Análisis granulométrico	AASHTO T-89/T-90 Límites de Atterberg	AASHTO T-180/T-99 Relación Densidad-Humedad	ASTM D-1633 Resistencia a la compresión de especímenes de Suelo-Cemento
ene-20	0,00	3	3	3	0
feb-20	0,00	8	8	6	10
mar-20	0,00	8	5	9	8
abr-20	710,67	0	0	2	7
may-20	2741,16	13	13	7	11
jun-20	5458,44	8	8	4	6
jul-20	7435,85	18	17	10	36
ago-20	11873,02	4	2	5	31
sep-20	2044,57	11	11	1	15
oct-20	11905,63	3	2	2	33
nov-20	5206,20	2	3	0	21
dic-20	3740,85	5	5	1	12
<b>Total</b>		<b>83</b>	<b>77</b>	<b>50</b>	<b>190</b>
<b>Cumplimiento</b>		<b>519%</b>	<b>481%</b>	<b>91%</b>	<b>1188%</b>

Del mismo modo que para otras observaciones anteriores, de los cuadros anteriores se demuestra que ha existido una ejecución de ensayos en sobremedida en comparación con la cantidad de ensayos que debieron ejecutarse en el periodo de estudio. Nuevamente se sugiere al auditor verificar la información aportada en los informes de calidad para poder así subsanar esta observación.

Por lo que el equipo auditor es del criterio que esta observación se mantiene, únicamente se realiza la modificación de la observación indicadores de cumplimiento en algunos casos de más del 1000%

**Observación 10: La mayoría de los indicadores de frecuencia de ensayo para los ensayos de material de préstamo se encuentran por debajo de un indicador de frecuencia del 90%.**

Al respecto, al igual que en observaciones anteriores, esta Unidad de Supervisión presenta la cantidad de ensayos realizados al material de préstamo colocado a lo largo del proyecto en comparación con los ensayos que se debieron ejecutar según el plan de verificación de calidad.



 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales		Referencia: <b>ANEXO 21</b>
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo		Versión: <b>1</b>
Consecutivo:		Página: 19/20	

Cuadro 13. Ensayos realizados al material de préstamo a lo largo del proyecto.

Norma	Descripción/Mes	Cantidad	Cantidad planificada (10%)	Cantidad ejecutada	Desviación del cumplimiento
AASHTO T-11/T-27	Análisis granulométrico	21585,92	5	15,00	300%
AASHTO T-193	CBR		5	8,00	160%
AASHTO T-89/T-90	Límites de Atterberg		1	19,00	1900%
AASHTO T-180/T-99	Relación Densidad-Humedad		5	21,00	420%

Del cuadro anterior se puede demostrar de igual forma, que existe una cantidad de ensayos realizados en sobremedida con respecto a lo ensayos que debieron ser realizados según el plan de verificación de calidad. Todo lo anterior en aras de buscar un mayor control en la calidad del material de préstamo colocado a lo largo del proyecto.

Asimismo, esta Auditoría mantiene la observación y se realiza la modificación de la observación indicadores de cumplimiento en algunos casos de más del 1000%

**Observación 11:** Se evidencia indicadores de frecuencia de ensayo para los ensayos de material de subbase por debajo de un indicador de frecuencia del 90%.

Cuadro 14. Cantidad de ensayos realizados por esta Unidad de Supervisión para el material de subbase granular.

Norma	Descripción/Mes	Cantidad	Cantidad planificada (10%)	Cantidad ejecutada	Desviación del cumplimiento
AASHTO T-11/T-27	Análisis granulométrico	53479,25	11	104,00	1491%
AASHTO T-193	CBR		2	5,00	250%
AASHTO T-89/T-90	Límites de Atterberg		11	148,00	1345%
AASHTO T-180/T-99	Relación Densidad-Humedad		18	21,00	117%

Del cuadro anterior se puede observar que existe cumplimiento en el análisis granulométrico, límites de Atterberg y relación Densidad-Humedad, con un porcentaje de 1491%, 1345% y 117%. En lo correspondiente al ensayo de CBR, el cartel de licitación en la tabla 301-3 "Requisitos de muestreos y ensayos", indica que se debe realizar un ensayo por cada 4000 m<sup>3</sup> colocados, por ende, en este caso el laboratorio de verificación LGC ha realizado un total de 5 ensayos durante el periodo de estudio cumpliendo en un 250 % con lo solicitado.

Por ende, es criterio del equipo auditor que se mantiene la observación incluida en el informe y se realiza la modificación de la observación indicadores de cumplimiento en algunos casos de más del 1000%



 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: 20/20

	Nombre y Puesto	Firma	Fecha
Preparó:	Ing. Rose Mary Cabalceta Rubio		14-01-2022
Revisó:	Ing. Víctor Cervantes Calvo		09-03-2022
Aprobó:	Ing. Wendy Sequeira Rojas, <del>M.Sc.</del>		27-04-2022
Revisó:	Licda. Nidia Segura		07-07-2022