



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Proyecto: LM-PI-AT-187-16

EVALUACIÓN DE LOS MATERIALES Y EL DESEMPEÑO DEL PROYECTO.

PROYECTO: RUTA NACIONAL NO.4 SECCIÓN: "BAJOS DE
CHILAMATE – VUELTA DE KOOPER".

Licitación pública internacional N° 2011LI-000037-32702

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
Abril 2017



EVALUACIÓN DE MATERIALES Y EL DESEMPEÑO DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN SOBRE LA RUTA NACIONAL NO 4, SECCIÓN: CHILAMATE-VUELTA DE KOOPER. LM-PI-AT-187-2016

PITRA; Cervantes-Calvo, Víctor ¹; Acosta-Hernández, Erick ²; Hidalgo-Arroyo Ana³; Sequeira-Rojas, Wendy ⁴ y Loria-Salazar, Luis Guillermo ⁵

¹ Ingeniero Auditor Técnico. PITRA LanammeUCR

² Ingeniero Auditor Técnico. PITRA LanammeUCR

³ Ingeniera Auditora Técnica. PITRA LanammeUCR

⁴ Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica. PITRA LanammeUCR

⁵ Coordinador General Programa de Infraestructura del Transporte LanammeUCR

Palabras Clave: Mezcla asfáltica, Diseño de mezcla, Control y Verificación de Calidad, Mezcla asfáltica, IRI, Elementos de Concreto, Acero.

Resumen: Realizar una evaluación de los diferentes materiales del proyecto, a saber:

Sobre la calidad del acero de refuerzo: En el primer lote de varillas muestreadas se observó un incumplimiento de la norma ASTM A706 para las varillas N° 6 y N°8 en la altura mínima de corrugación. En el segundo lote ensayado se pudo observar que una de las muestra no cumple para esfuerzo de fluencia y dos de las muestras no cumplen con el esfuerzo máximo para varilla N° 4, en el caso de la varilla N° 5 no cumple altura de corrugación en una de las 3 muestras analizadas, las 3 muestras tomadas de varilla N° 6 no cumplen altura de corrugación según la norma, y, para las varillas N° 7 dos de las tres muestras ensayadas no cumplen la altura de corrugación y por último en el caso de las varillas n° 8 ninguna de las muestras analizadas cumple la altura de corrugación.

Sobre la calidad del concreto clase B: Las muestras de cilindros de concreto clase B analizadas para diferentes elementos en el proyecto presentan porcentajes dentro de los valores permitidos por la especificación.

Sobre el Índice de Regularidad Internacional (IRI): En el sentido de circulación Chilamate-Vuelta de Kooper se puede observar que aproximadamente el 94,0% de los datos de media móvil se encuentran por encima del valor de 1,5m/km especificado en el Cartel de licitación. En el caso de valores individuales, se observar que solamente el 13,0% de los datos se encuentra por encima del valor límite de 2,0m/km. Para el sentido Vuelta de Kooper - Chilamate, en el análisis realizado para media móvil se puede observar que aproximadamente el 70,0% de los datos de media móvil se encuentran por encima del valor especificado en el Cartel de licitación de 1,5m/km. En el caso de valores individuales se observar que solamente el 9,0% de los datos se encuentra por encima del valor límite de 2,0m/km.

Sobre los deterioros en el proyecto: Existen deterioros en el proyecto a nivel de superficie de ruedo donde se evidencian desprendimientos en la superficie de ruedo. Estos deterioros pueden generarse ya sea por segregación de la mezcla asfáltica en su colocación, en la descarga en sitio o en la carga en la planta productora y su transporte. A nivel de base asfáltica se observa desprendimiento excesivo del agregado que la conforma, hasta formar huecos a nivel superficial. La Unidad de Supervisión señala que los deterioros se deben a condiciones atípicas y no a desvíos en la uniformidad de los materiales utilizados o al proceso constructivo, y manifiesta que en resumen, los problemas señalados por esta Auditoría Técnica, se encuentran dentro de los defectos identificados por la Unidad Supervisora, y deberán ser reparados por el Contratista antes de finalizar el proyecto.

Sobre la calidad de la mezcla asfáltica: 5 muestras reportan contenidos de asfalto por debajo del límite inferior establecido. Asociado a este se observa que todas las muestras presentan valores fuera de los límites en el parámetro volumétrico de VFA. Lo que ocasiona que quede mucho espacio entre las partículas de agregado sin rellenar de asfalto, lo que se ve finalmente reflejado en los altos resultados de vacíos obtenidos entre 5,3% a 7,1%. En cuanto al análisis granulométrico la fracción fina muestra que los porcentajes pasando se ubican cercanos al límite fino de la especificación, en particular la malla 200.



Referencias

- Arriola-Guzmán, R & Hidalgo-Arroyo, A. Unidad de Auditoría Técnica -PITRA, LanammeUCR. (2014). *LM-PI-AT-051-13: Evaluación De Los Estudios Preliminares Y Diseños Para El Proyecto De Construcción De La Ruta Nacional No.4 Sección: Bajos De Chilamate – Vuelta De Kooper*. Licitación Pública Internacional N° 2011LI-000037-32702.
- Acosta-Hernández, E, Corrales, E. & Hidalgo-Arroyo, A. Unidad de Auditoría Técnica -PITRA, LanammeUCR. (2015). *LM-PI-AT-021-2015: Evaluación de los parámetros de desempeño (IRI, FWD y GRIP) de la Ruta Nacional No.4 Sección: Bajos de Chilamate – Vuelta De Kooper*. Licitación Pública Internacional N° 2011LI-000037-32702. Parte 1 de 3.
- Cervantes-Calvo, V, Fonseca-Chaves, F. & Hidalgo-Arroyo, A. Unidad de Auditoría Técnica -PITRA, LanammeUCR. (2015). *LM-PI-AT-021-2015: Evaluación de los materiales de préstamo, base granular y la mezcla para base asfáltica y de la plante de producción de la constructora Sánchez Carvajal para la Ruta Nacional No.4 Sección: Bajos de Chilamate – Vuelta De Kooper*. Licitación Pública Internacional N° 2011LI-000037-32702. Parte 2 de 3.
- Acosta-Hernández, E, Fonseca-Chaves, F. & Hidalgo-Arroyo, A. Unidad de Auditoría Técnica -PITRA, LanammeUCR. (2015). *LM-PI-AT-021-2015: Evaluación de las prácticas y procedimientos constructivos en la vía y Evaluación estructural de los puentes del proyecto de la Ruta Nacional No.4 Sección: Bajos de Chilamate – Vuelta De Kooper*. Licitación Pública Internacional N° 2011LI-000037-32702. Parte 3 de 3.
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Dirección Nacional de Vialidad (2010). *Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes de Costa Rica CR-2010*.
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). (2002). *Disposiciones para la Construcción y Conservación Vial*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI).
- AASHTO. (1993). *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*. Washington, D.C.
- Arias Barrantes, E. (2014). *Recomendaciones técnicas para el diseño estructural de pavimentos flexibles con la incorporación de criterios Mecánico - Empíricos*. Publicación Especial, LanammeUCR, Unidad de Gestión Municipal, San Pedro, Montes de Oca.
- Barrantes Jiménez, R., & Sanabria Sandino, J. (2015). *Informe De Evaluación De La Red Vial Nacional Pavimentada De Costa Rica, Años 2014 -2015*. LanammeUCR, Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional, San Pedro de Montes de Oca.
- Dynatest. (2015, Agosto). *Evaluation of Layer Moduli and Overlay Desing*. 106. San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.
- National Cooperative Highway Research Program. (2004). *Guide for Mechanistic - Empirical Design Guide of New and Rehabilitated Pavement Structures*. National Research Council, Transportation Research Program, Illinois.
- Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA). (2008). *Informe UI-03-08, Determinación de un procedimiento de ensayo para el cálculo de IRI*. LANAMMEUCR, Unidad de Materiales y Pavimentos, San Pedro, Montes de Oca.
- Arriola-Guzmán, R & Hidalgo-Arroyo, A. Unidad de Auditoría Técnica -PITRA, LanammeUCR. (2012). *LM-PI-AT-042-12: Evaluación del desempeño de la condición superficial de proyectos de reconstrucción vial*.
- Arriola-Guzmán, R., Sequeira-Rojas, W. & Hidalgo-Arroyo, A. Unidad de Auditoría Técnica -PITRA, LanammeUCR. (2012). *LM-PI-AT-158-11: Evaluación del Desempeño Estructural del Proyecto: "Mejoramiento de la Ruta Nacional N° 613. Sección Sabalito-Las Mellizas"*. Licitación Pública No. 2008LN-000001-DI.
- Arriola-Guzmán, R. & Hidalgo-Arroyo, A. Unidad de Auditoría Técnica -PITRA, LanammeUCR. (2012). *LM-PI-AT-096-10: Evaluación e Regularidad Superficial (IRI) Proyecto: Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 34 Sección: Quepos- Barú Licitación Pública Internacional No 003-2007*.
- Arriola-Guzmán, R. & Hidalgo-Arroyo, A. Unidad de Auditoría Técnica -PITRA, LanammeUCR. (2012). *LM-PI-AT-159-10: Evaluación de Regularidad Superficial (IRI) Proyecto: "Mejoramiento de la Ruta Nacional N° 613. Sección Sabalito-Las Mellizas"*. Licitación Pública No. 2008LN-000001-



Información técnica del documento

<p>1. Informe Informe en versión final de Auditoría Técnica LM-PI-AT-187-16</p>	<p>2. Copia No. 1</p>	
<p>3. Título y subtítulo: EVALUACIÓN DE LOS MATERIALES Y EL DESEMPEÑO DEL PROYECTO SOBRE LA RUTA NACIONAL NO.4 SECCIÓN: BAJOS DE CHILAMATE – VUELTA DE KOOPER.</p>	<p>4. Fecha del Informe Abril 2017</p>	
<p>7. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440</p>		
<p>8. Notas complementarias ---*---*---</p>		
<p>9. Resumen Sobre la calidad del acero de refuerzo: En el primer lote de varillas muestreadas se observó un incumplimiento de la norma ASTM A706 para las varillas N° 6 y N°8 en la altura mínima de corrugación. En el segundo lote ensayado se puede observar que una de las muestra no cumple para esfuerzo de fluencia y dos de las muestras no cumplen con el esfuerzo máximo para varilla N° 4, en el caso de la varillas N° 5 no cumple altura de corrugación una de las muestras analizadas, las 3 muestras tomadas de varilla N° 6 no cumple altura de corrugación según la norma, para las varillas N° 7 dos de las tres muestras ensayadas no cumplen la altura de corrugación y por último en el caso de las varillas n° 8 ninguna de las muestras analizadas cumple la altura de corrugación. Sobre la calidad del concreto clase B: Las muestras de cilindros de concreto clase B analizadas para diferentes elementos en el proyecto presentan porcentajes dentro de los valores permitidos por la especificación (0,0%). Sobre el Índice de Regularidad Internacional (IRI): En el sentido de circulación Chilamate-Vuelta de Kooper se puede observar que aproximadamente el 94,0% de los datos de media móvil se encuentran por encima del valor especificado en el Cartel de licitación de 1,5m/km. En el caso de valores individuales se observar que solamente el 13,0% de los datos se encuentra por encima del valor límite de 2,0m/km. Para el sentido Vuelta de Kooper - Chilamate, en el análisis realizado para media móvil se puede observar que aproximadamente el 70,0% de los datos de media móvil se encuentran por encima del valor especificado en el Cartel de licitación de 1,5m/km. En el caso de valores individuales se observar que solamente el 9,0% de los datos se encuentra por encima del valor límite de 2,0m/km. Sobre los deterioros en el proyecto: Existen deterioros en el proyecto a nivel de superficie de ruedo donde es evidente una mezcla abierta en la superficie de ruedo, condición que puede propiciar el desprendimiento observado. Esta cantidad de vacíos puede generarse ya sea por segregación de la mezcla asfáltica en su colocación, en la descarga en sitio o en la carga en la planta productora y su transporte. A nivel de base asfáltica se observan desprendimiento excesivo del agregado que la conforma, hasta formar huecos a nivel superficial. La Unidad de Supervisión señala que los deterioros se deben a condiciones atípicas y no a desvíos en la uniformidad de los materiales utilizados o al proceso constructivo. Y manifiesta que en resumen, los problemas señalados por esta Auditoría Técnica, se encuentran dentro de los defectos identificados por la Unidad Supervisora, y deberán ser reparados por el Contratista antes de finalizar el proyecto. Sobre la calidad de la mezcla asfáltica: 5 muestras reportan contenidos de asfalto por debajo del límite inferior establecido. Asociado a este se observa que todas las muestras presentan valores fuera de los límites en el parámetro volumétrico de VFA. Lo que ocasiona que quede mucho espacio entre las partículas de agregado sin rellenar de asfalto, lo que se ve finalmente reflejado en los altos resultados de vacíos obtenidos entre 5,3% a 7,1%. En cuanto al análisis granulométrico la fracción fina muestra que los porcentajes pasando se ubican cercanos al límite fino de la especificación, en particular la malla 200.</p>		
<p>10. Palabras clave Concreto, Acero, Deterioros, Control y Verificación de Calidad, IRI, Mezcla asfáltica</p>	<p>11. Nivel de seguridad: Ninguno</p>	<p>12. Núm. de páginas 44</p>



INFORME EN VERSION FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

"Evaluación de los materiales y el desempeño del proyecto sobre la Ruta Nacional No.4 Sección: Bajos de Chilamate – Vuelta de Kooper. Licitación Pública Internacional #2011LI-000037-32702".

Departamento encargado del proyecto: División de Obras Públicas, MOPT a través de la Unidad Ejecutora de Chilamate-Vuelta de Kooper

Empresa responsable del Diseño Estructural: CACISA

Empresa responsable de la Supervisión: Vieto S.A.

Empresa contratista responsable de la Construcción: Sánchez Carvajal

Empresa responsable del control de calidad: OJM

Monto original del contrato: ₡25.318.843.141,59

Plazo original de ejecución: 24 meses

Longitud del proyecto: 27,09 km

Coordinador General de Programa de Infraestructura de Transporte, PITRA:

Ing. Luís Guillermo Loría Salazar, PhD.

Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica PITRA-LanammeUCR:

Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.

Audidores:

Ing. Ana Elena Hidalgo Arroyo, Auditora Técnica

Ing. Víctor Cervantes Calvo, Auditor Técnico

Ing. Erick Acosta Hernández, Auditor Técnico

Asesor Legal:

Lic. Miguel Chacón Alvarado

Lic. Owen Gooden Morales

Experta Técnica

Ing. Ana Monge Sandí, MSc, Programa de Ingeniería Geotécnica.

Alcance del informe:

El alcance de esta auditoría técnica se centró en la evaluación de los materiales como mezcla asfáltica para la superficie de rudo, concreto y acero de los intercambios, de las prácticas constructivas y estado general del proyecto, además se realizó una medición de IRI para determinar el estado funcional del proyecto.

Vistas del proyecto auditado:



Figura 1. Actividades observadas en el proyecto.

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 5 de 51
--	------------------------------	----------------



TABLA DE CONTENIDO

1.	FUNDAMENTACIÓN	8
2.	OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS.....	8
3.	OBJETIVO DEL INFORME	9
3.1	OBJETIVO GENERAL	9
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
4.	ALCANCE DEL INFORME	9
5.	METODOLOGÍA	9
6.	DOCUMENTOS DE PREVALENCIA.....	11
6.1	CALIDAD DEL ACERO DE REFUERZO.....	11
7.	ANTECEDENTES	12
8.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	13
9.	MARCO CONCEPTUAL	14
10.	RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA.....	16
	SOBRE LA CALIDAD DEL ACERO DE REFUERZO.....	17
	SOBRE LA CALIDAD DEL CONCRETO CLASE B	22
	SOBRE EL ÍNDICE DE REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI)	26
	SOBRE LOS DETERIOROS EN SECCIONES DEL PROYECTO	30
	SOBRE LA MEZCLA ASFALTICA PARA SUPERFICIE DE RUEDO DEL PROYECTO	34
11.	CONCLUSIONES	48
12.	RECOMENDACIONES	49
13.	REFERENCIAS.....	50

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 6 de 51
--	------------------------------	----------------



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Actividades constructivas realizadas en el proyecto.....	5
Figura 2. Localización del proyecto.....	13
Figura 4. Valores de media móvil, sentido chilamate-Vuelta de Kooper.....	27
Figura 5. Valores individuales, sentido Chilamate-Vuelta de Kooper.....	28
Figura 6. Valores de media móvil, sentido Chilamate-Vuelta de Kooper.....	28
Figura 7. Valores individuales, sentido Chilamate-Vuelta de Kooper.....	29
Figura 8 y Figura 9. Deterioro de la carpeta y huecos. Estacionamiento 10+600.....	30
Figura 10 y Figura 11. Deterioro de la carpeta y huecos.....	30
Figura 12 y Figura 13. Desprendimiento de agregado y huecos.....	31
Figura 14 y Figura 15. Apilamiento de material y el agrietamiento causado a la cuneta.estacionamiento 13+100. Fecha de las fotografías 2/10/2015 y 08/09/2016. Fuente: LanammeUCR.....	33
Figura 16. Comparación de parámetros para las muestras ensayadas.....	43
Figura 17. Curva granulométrica para cada muestra. Fuente: LanammeUCR, 2016.....	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Identificación de muestras de acero obtenidas por el LanammeUCR.....	10
Tabla 2. Identificación de cilindros de concreto muestreados por el LanammeUCR.....	10
Tabla 3. Correspondencia emitida durante el proceso de auditoría técnica.....	12
Tabla 5. Resultado de corrugación de muestras de acero obtenidas por el LanammeUCR..	18
Tabla 6. Resultado de esfuerzo de muestras de acero obtenidas por el LanammeUCR.....	19
Tabla 7. Resultados de ensayos de compresión (f'c) a los 28 días para cilindros de concreto muestreados por el LanammeUCR.....	22
Tabla 8. Resultados de ensayos de compresión (f'c) a los 28 días para cilindros de concreto muestreados por el laboratorio de autocontrol.....	22
Tabla 9. Resultados de ensayos de compresión a los 28 días para cilindros de concreto de la verificación de calidad.....	24
Tabla 10. Análisis estadístico del porcentaje fuera de los rangos estimados para las muestras ensayadas de cilindros de concreto clase b para los diferentes elementos.....	25
Tabla 11. Singularidades consideradas en el análisis.....	27
Tabla 14. Información general de las muestras de mezcla asfáltica obtenidas por el LanammeUCR.....	34
Tabla 15. Resumen de resultados ensayos marshall para la mezcla asfáltica realizados por el LanammeUCR.....	35
Tabla 16 Resumen de resultados de granulometría de la mezcla asfáltica realizados por el LanammeUCR.....	39

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 7 de 51
--	------------------------------	----------------



INFORME EN VERSION FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA. EVALUACIÓN DE LOS MATERIALES Y DESEMPEÑO DEL PROYECTO SOBRE LA RUTA NACIONAL No 4, SECCION: CHILAMATE – VUELTA DE KOOPER.

1. FUNDAMENTACIÓN

La auditoría técnica externa a los procesos, controles, laboratorios, proyectos e instituciones públicas que efectúan sus labores 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.”

2. OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS

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

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 8 de 51
--	------------------------------	----------------



3. OBJETIVO DEL INFORME

3.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de este informe es valorar parámetros de calidad establecidos para los materiales utilizados en el proyecto contra la normativa contractual, así como evaluar prácticas constructivas y el estado general del proyecto.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Valorar los parámetros de calidad contractuales establecidos para mezcla asfáltica de la superficie de ruedo, concreto y el acero de refuerzo utilizado en el proyecto mediante muestreos y ensayos de laboratorio.
- Evaluar las prácticas constructivas y el estado general del proyecto.
- Realizar una evaluación del desempeño funcional del proyecto utilizando el parámetro de aceptación, Índice de Regularidad Internacional (IRI), tal y como lo indica en el Cartel de Licitación del proyecto.

4. ALCANCE DEL INFORME

El estudio que realiza esta auditoría consiste en el análisis de muestras de calidad de los materiales del proyecto utilizando las muestras del LanammeUCR y los datos de la verificación de calidad en los meses de junio a noviembre del 2016. También se realizó un análisis del IRI, parámetro de desempeño que se encuentra normado en el cartel de licitación del proyecto.

5. METODOLOGÍA

La labor que se efectúa en un proceso de auditoría se orienta en recopilar y analizar evidencias durante un periodo definido, así como identificar posibles elementos y aspectos que puedan afectar la calidad del proyecto. La auditoría técnica que realiza el LanammeUCR no puede compararse, ni considerarse como una actividad de control de calidad, la cual le compete exclusivamente al Contratista como parte de su obligación contractual y que debe ser ejecutada como una labor de carácter rutinario en el proyecto. Tampoco puede conceptualizarse como una labor de verificación de calidad y supervisión que es de entera responsabilidad de la Administración. Es función del MOPT-CONAVI, analizar con las partes involucradas las consecuencias expuestas en los hallazgos incluidos en los informes de la Auditoría Técnica.

Este informe se efectuó siguiendo los procedimientos de Auditoría Técnica, mediante la solicitud y revisión de la documentación del proyecto, así como la verificación en sitio de las condiciones indicadas anteriormente durante el proceso constructivo mediante visitas y ensayos de laboratorio.

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 9 de 51
--	------------------------------	----------------



Las actividades que fueron desarrolladas por el equipo de Auditoría Técnica consistieron en visitar los diversos frentes de trabajo y hacer una revisión de los documentos contractuales relacionados con el proyecto, así como programar muestreos de los materiales.

Durante el proceso de auditoría realizado por la Auditoría Técnica del LanammeUCR se realizaron muestreos de concreto, acero y mediciones de IRI, tal como se detalla en las tablas 1 y 2.

Tabla 1. Identificación de muestras de acero obtenidas por el LanammeUCR.

Número de Informe	Muestra	Número	Identificación de la Varilla
I-0693-16	M-1213-16	Varillas de acero No 3	H 3 W 60 TR
	M-1214-16	Varillas de acero No 4	H 4 W 60 TR
	M-1215-16	Varillas de acero No 5	AM 5 W -60+
	M-1216-16	Varillas de acero No 6	AM 6 W 60
	M-1217-16	Varillas de acero No 7	H 7 W 60 TR
	M-1218-16	Varillas de acero No 8	AM 8 W 60 TR
	M-1219-16	Varillas de acero No 9	AM 9 W 60 TR
I-0936-16	M-1631-16	Varillas de acero No 3	AM 3 W 60 CR
	M-1632-16	Varillas de acero No 4	AM 4 W 60 CR
	M-1633-16	Varillas de acero No 5	AM 5 W 60 CR
	M-1634-16	Varillas de acero No 6	AM 6 W 60 CR
	M-1635-16	Varillas de acero No 7	AM 7 W 60 CR
	M-1636-16	Varillas de acero No 8	H 8 W 60 TR

Tabla 2. Identificación de cilindros de concreto muestreados por el LanammeUCR

Información General			
Informe	Muestra	Elemento	Fecha de muestreo
I-1293-16	2339-16	Aletón 2, bastión 2	20/09/2016
I-1293-16	2341-16	Aletón 1, bastión 1	21/09/2016
I-1328-16	2262-16	Aletón 2, bastión 1	08/09/2016
I-1411-16	2446-16	Aletón 2, bastión 1	05/10/2016
I-1411-16	2447-16	Aletón 1, bastión 1	06/10/2016

En el caso de los resultados del ensayo del Índice de Regularidad Internacional (IRI) realizado por el LanammeUCR, según el informe I-0902-16 se analizó un tramo de aproximadamente 9 km en ambos sentidos y la medición se realizó el día 14 de julio del 2016, esta información se reportó de forma oportuna mediante el oficio LM-AT-141-16.

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 10 de 51
--	------------------------------	-----------------



6. DOCUMENTOS DE PREVALENCIA

La elaboración y análisis de este informe de Auditoría Técnica se basan en la normativa designada en el Cartel de Licitación del proyecto. Por lo tanto, se utiliza como especificación general el Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010. Además de las especificaciones especiales que se incorporan en el Cartel de Licitación y las Adendas al Contrato.

6.1 CALIDAD DEL ACERO DE REFUERZO

La importación de barras de acero de refuerzo en Costa Rica está regulada por el Reglamento Técnico RTCR 452:2011 Barras y Alambres de Acero de refuerzo para concreto. Especificaciones, Decreto No 37341-MEIC. Los objetivos de este reglamento son establecer las características y especificaciones técnicas para las barras y alambres utilizadas como refuerzo de concreto, y garantizar que los productos de acero comercializados en el país cumplen con las características y especificaciones técnicas, a efecto de salvaguardar la vida y la integridad humana.

En el ámbito de aplicación de este reglamento se encuentran las barras y alambres de acero para construcciones, tales como barras de acero al carbono lisas y corrugadas de los grados 40 y 60; y las barras de acero de baja aleación lisas y corrugadas de grado 60. En todos los casos anteriores las barras tendrán muescas, cordones surcos o relieves después del laminado.

De acuerdo con este Reglamento, la evaluación de la conformidad se basa en el cumplimiento de las especificaciones técnicas definidas por las normas de INTECO, que a su vez son una homologación de normas ASTM.

Adicionalmente, este Reglamento en su apartado número ocho, especifica el "Procedimiento de Evaluación de la conformidad" que los productores nacionales y los importadores de barras de acero deben cumplir para la comercialización de este material, como por ejemplo, el Certificado de Conformidad del Producto, la Certificación de Conformidad por Lote y la Evaluación de la conformidad por inspección. En todos los casos anteriores se detallan las particularidades de cada uno de los procedimientos como los atestados de los entes capacitados para emitirlos.

Consecuentemente, es posible afirmar que existe un marco regulatorio para importación, comercialización y uso del acero en obras civiles, que en todo caso, debe ser acatado por proveedores y contratistas en general, y requerido por la Administración como parte de los controles de calidad de un proyecto.

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 11 de 51
--	------------------------------	-----------------



7. ANTECEDENTES

A manera de antecedentes del proyecto se describe a continuación una serie de procesos y comunicaciones que se mantuvieron con la Administración durante el desarrollo de este informe de auditoría técnica externa.

Como antecedentes al proyecto, previo a este informe se tiene el informe de Auditoría Técnica LM-PI-AT-051-13 "Evaluación de los Estudios Preliminares y Diseños para el Proyecto de Construcción de la Ruta Nacional No.4 Sección: Bajos de Chilamate – Vuelta de Kooper", donde se realizó una revisión de la información relacionada con estudios preliminares y diseños del proyecto en estudio.

Adicionalmente, forman parte de este proceso de Auditoría Técnica los tres volúmenes que se desarrollaron a raíz de la Auditoría Técnica realizada al proyecto en el año 2015. En cada una de las partes se examinó un tema específico relacionado con el desarrollo del proyecto, según se detalla a continuación:

PRIMERA PARTE: "Evaluación de los parámetros de desempeño (IRI, FWD Y GRIP) del proyecto."

SEGUNDA PARTE: "Evaluación de los materiales de préstamo, base granular y la mezcla para base asfáltica y de la planta de producción de la Constructora Sánchez Carvajal"

TERCERA PARTE: "Evaluación de los procesos constructivos de la vía e inspección de los puentes del proyecto."

A continuación se muestra la tabla donde se resume la correspondencia emitida durante el proceso de auditoría técnica realizado durante el 2016.

Tabla 3. Correspondencia emitida durante el proceso de Auditoría Técnica

Número de Oficio	Fecha	Asunto	Respuesta de la Administración
LM-AT-028-16	12/02/2016	Sobre el cálculo del IRI.	Se realizó una reunión en las instalaciones del LanammeUCR
LM-AT-051-16	17/03/2016	Solicitud de diseños, planos y especificaciones de los pasos a desnivel.	UBCK-247-2016 del 04/03/2016
LM-AT-062-16 ^(*)	12/04/2016	Sobre el cálculo del IRI, observaciones adicionales	(-)
LM-AT-087-16	10/05/2016	Solicitud de certificados de calidad del acero y informes de verificación y control de calidad	UBCK-399-2016 del 23/05/2016
LM-AT-114-16 ^(*)	17/06/2016	Resultados de muestreo de acero estructural	(-)
LM-AT-134-16 ^(*)	17/08/2016	Resultados de muestreo de acero estructural	(-)
LM-AT-141-16 ^(*)	22/08/2016	Sobre el cálculo del IRI.	(-)
LM-AT-150-16	07/09/2016	Solicitud de diseño de MAC de carpeta	UBCK-750-2016 del 28/09/2016
LM-AT-153-16	20/09/2016	Sobre los deterioros en la capa de rodadura	UBCK-730-2016 del 23/09/2016 UBCK-861-2016 del 01/11/2016
LM-AT-162-16	12/10/2016	Resultados de muestreos de MAC	Se realizó una reunión 14/10/2016
LM-AT-163-16	14/10/2016	Informes de control y verificación de calidad	UBCK-830-2016 del 25/10/2016
LM-AT-173-16	31/10/2016	Solicitud de diseño de MAC actualizado	UBCK-915-2016 del 14/11/2016

(*) No se solicita respuesta por parte de la Unidad de Auditoría Técnica.

(-) No se recibió respuesta por parte de la Administración.

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 12 de 51
--	------------------------------	-----------------

8. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en construir un tramo de 27,09 kilómetros de la Ruta Nacional N° 4, en una sección que está localizada entre las provincias: de Alajuela y Heredia; en los cantones San Carlos y Sarapiquí, respectivamente, tal como se muestra en la Figura 2. Dicha sección inicia en la Ruta Nacional N° 4 en el poblado de Bajos de Chilamate (Estación 0+000), finalizando en la intersección de la Ruta Nacional N° 4 con la Ruta Nacional N° 751 (Estación 27+090) cerca del poblado de Vuelta Kooper.

La estructura principal de este proyecto está compuesta por una carpeta asfáltica de 8 cm de espesor como superficie de rodamiento, colocada sobre una capa de base asfáltica con 15 cm de espesor, una capa de 24 cm de base granular y una capa de 50 cm de material de préstamo.

Asimismo, la estructura de los espaldones estará compuesta de una carpeta asfáltica con un espesor que varía a lo largo del proyecto ente 5 a 8 cm, colocada sobre una capa de base granular de 39 cm y una capa de préstamo de 50 cm de espesor.

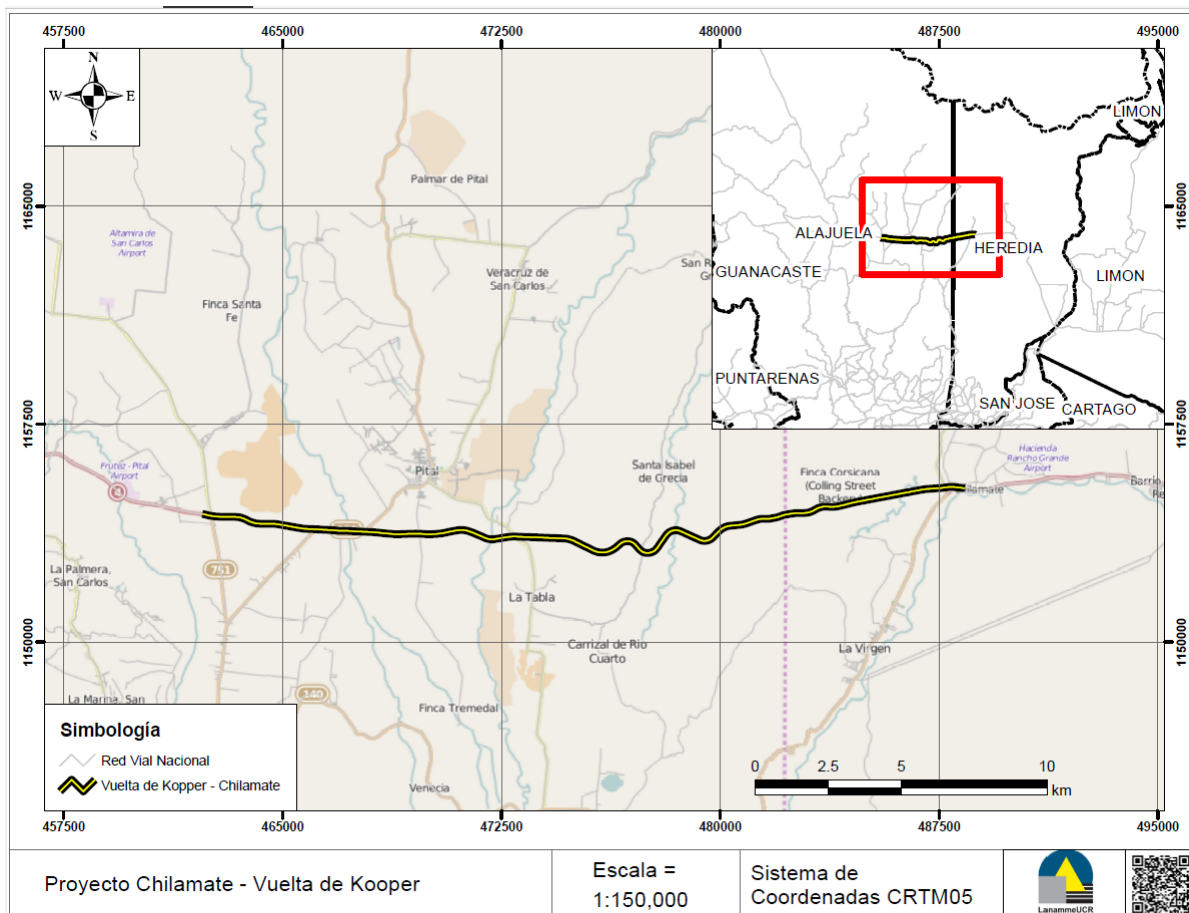


Figura 2. Localización del proyecto.

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 13 de 51
--	------------------------------	-----------------



9. MARCO CONCEPTUAL

Valoración estadística de la calidad del trabajo realizado.

La aplicación de herramientas estadísticas para el análisis de los ensayos de calidad es una actividad fundamental en cualquier proceso productivo, para predecir el nivel de calidad del producto, corregir y prevenir desviaciones y mejorar la eficiencia y eficacia del proceso de producción. Las herramientas estadísticas de control de procesos evalúan no sólo los resultados fuera de los límites de especificación, sino también la variabilidad del proceso, la cual puede aumentar la probabilidad de que la totalidad del producto no cumpla con el nivel de calidad establecido por las especificaciones como resultado de la variabilidad inherente del proceso.

La valoración estadística y de pago en función de la calidad se evalúa con el propósito de aportar elementos que permitan la interpretación de los ensayos y acrecentar la calidad de los productos que se utilizan en las labores de construcción de infraestructura vial. La Auditoría Técnica realiza una evaluación estadística de los resultados de los materiales obtenidos de las muestras tomadas y ensayadas por el personal técnico del LanammeUCR. Para ello se aplica el procedimiento establecido en la sección 107.05 “Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago (valor de trabajo)” del “Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos Y Puentes, CR-2010”, el cual se debe cumplir contractualmente.

Los índices de calidad son estimadores del sesgo de los datos analizados con respecto al valor meta y los límites permitidos por el rango de especificación; son indicadores de la variabilidad existente en el conjunto de datos analizados.

Los índices de calidad se calculan para cada uno de los ensayos que se van a analizar, luego se obtiene para cada uno el porcentaje de datos fuera de los límites de especificación (PT), aplicando la Tabla B del Cartel de Licitación. El porcentaje fuera de los límites de especificación es una estimación del porcentaje de la totalidad del producto que podría encontrarse fuera de los rangos de especificación para las muestras o periodo analizado (lote).

Valoración del Índice de Regularidad Internacional (IRI)

El IRI es un parámetro de gran importancia utilizado en el control, aceptación y recepción de proyectos nuevos y de rehabilitación de carreteras, ya que este permite garantizar la funcionalidad del pavimento, por lo que brinda mayor seguridad y confort a los usuarios de la vía.

La regularidad de la superficie del pavimento es un componente que afecta de manera directa el aspecto económico, puesto que influye en los costos de operación de los vehículos, principalmente en el consumo de combustible, mantenimiento del vehículo y desgaste de llantas. De igual forma, el estado de la rugosidad del pavimento es un componente que afecta los efectos dinámicos producidos sobre la carretera, lo que se refleja tanto en los vehículos, elevando su costo de mantenimiento como en los costos de obras de

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 14 de 51
--	------------------------------	-----------------



conservación y rehabilitación del pavimento, debido a que estos efectos dinámicos producen modificaciones en el estado de esfuerzos de la estructura.

El Índice de Regularidad Internacional o IRI, por sus siglas, pero a nivel práctico se utiliza el MRI, que es el promedio de los datos de IRI de la huella izquierda y la huella derecha (mediciones realizadas por el láser izquierdo y derecho). A lo largo del informe se hace referencia al IRI como nombre genérico, pero es importante recalcar que la medición aplicada es el promedio denominado como MRI (m/km).

De acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades, la medición de IRI se expresa en metros por kilómetro (m/km). Estas unidades indican la sumatoria del movimiento vertical de una masa suspendida sobre un amortiguador y suspensión (con características determinadas), producto de las irregularidades de la superficie del pavimento (perfil longitudinal), las cuales se expresan en metros por kilómetro.

En este proyecto, el Cartel de Licitación en la sección EE007 Control de Regularidad (IRI) en Carpeta de Mezcla Asfáltica se indica que:

"... La evaluación del IRI se realizará por tractos de cinco tramos consecutivos. Se entenderá que la superficie del pavimento tiene una rugosidad aceptable si todos los promedios consecutivos de cinco valores de IRI tienen un valor igual o inferior a 1,5 m/km., y ninguno de los valores individuales supera 2,0 m/Km. Cualquier incumplimiento individual en tramos de 100 metros será sujeto de reparación o sustitución de las capas que amerite, a cuenta del Contratista..."

Para conocer mayor detalle sobre este índice, su aplicación y normativa se recomienda revisar la Circular Número LM-PI-C1 "Estudios Técnicos realizados para la aplicación del índice de Regularidad Internacional (IRI) en Costa Rica", emitida en Junio 2014, por el Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 15 de 51
--	------------------------------	-----------------



10. AUDIENCIA DE LA PARTE AUDITADA

Como parte de los procedimientos de auditoría técnica, mediante oficio LM-AT-040-2017 del 02 de marzo de 2017 se envía el informe preliminar LM-PI-AT-187B-16 a la parte auditada para que sea analizado y de requerirse, se proceda a esclarecer aspectos que no hayan sido considerados durante el proceso de ejecución de la auditoría, por lo que se otorga un plazo de 15 días hábiles posteriores al recibo de dicho informe para el envío de comentarios al informe preliminar.

Posterior al envío del informe preliminar se le brinda audiencia a la parte auditada para que se refiera al informe preliminar, el día 14 de marzo de 2017 a las 9:00 am en las instalaciones del LanammeUCR en donde se realizó la presentación del informe LM-PI-AT-187B-16 en su versión preliminar y en la que participaron los ingenieros Ing. María del Carmen Gallardo, Ing. Francisco Mata, Ing. Mario Campos y el Ing. David Mesén por parte del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, MOPT. Adicionalmente se encontraban presentes el Ing. Ezequiel Vieto, Ing. Miguel Rojas e Ing. Carolina Gómez por parte de la supervisora del proyecto. Así como los auditores encargados del informe Ing. Victor Cervantes, Ing. Eric Acosta y la Ing. Ana Elena Hidalgo, la coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica-PITRA LanammeUCR, Ing. Wendy Sequeira Rojas.

El día 23 de marzo de 2017, se recibe el oficio UBCK-251-2017 con fecha del 22 de marzo del 2017, remitido por la gerente de proyecto, Ing. María del Carmen Gallardo de la Unidad Ejecutora del MOPT, en el cual se adjunta el oficio SBK-143-2017 suscrito por la Supervisora del Proyecto por los ingenieros Ing. Miguel Rojas e Ing. Carolina Gómez, donde se detallan algunas observaciones y comentarios sobre el informe preliminar LM-PI-AT-187B-16. También es importante mencionar que mediante correo electrónico la Ing. Gómez, remite información adicional solicitada por la Auditoría Técnica el día 29 de marzo de 2017. Adicionalmente, se entregó a la Auditoría Técnica el día 06 de abril de 2017 el oficio SBK-0209-2017

Por lo tanto, en cumplimiento de los procedimientos de auditoría técnica, una vez analizado el documento en mención y considerando la evidencia presentada, se procede a emitir el presente informe LM-PI-AT-187-16 en su versión final para ser enviado a las instituciones que indica la ley. La emisión del informe final se realiza en el mes de abril de 2017.

11. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

Todos los hallazgos y observaciones declarados por el equipo auditor en este informe de auditoría se fundamentan en evidencias representativas, veraces y objetivas, respaldadas en la experiencia técnica de los profesionales de auditoría, el propio testimonio del auditado, el estudio de los resultados de las muestras extraídas y la recolección y análisis de evidencias.

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

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 16 de 51
--	------------------------------	-----------------



Por otra parte, una observación de auditoría técnica se fundamenta en normativas o especificaciones que no sean necesariamente de carácter contractual, pero que obedecen a las buenas prácticas de la ingeniería, principios generales, medidas basadas en experiencia internacional o nacional. Además, tienen la misma relevancia técnica que un hallazgo.

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

SOBRE LA CALIDAD DEL ACERO DE REFUERZO

Hallazgo No 1. En los dos muestreos de varillas de acero de refuerzo realizados por el LanammeUCR, se evidencia que el 30% de las muestras analizadas presentan valores por debajo de los requisitos de corrugación y esfuerzo máximo indicados en la Norma ASTM A706.

El laboratorio del LanammeUCR realizó un muestreo de varillas de acero de refuerzo existentes en el propio proyecto en cuestión el día 19 de mayo del 2016 y posteriormente se realizó un segundo muestreo el día 07 de julio del 2016. Se muestrearon tres secciones de varillas de 1,5 m de longitud de los diferentes diámetros utilizados en el proyecto. Es importante mencionar que ambos resultados fueron comunicados a la Administración de forma oportuna mediante los oficio LM-AT-114-16 y LM-AT-134-16 respectivamente, a continuación se presenta el desglose de los resultados:

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 17 de 51
--	------------------------------	-----------------



Tabla 4. Resultados de corrugación de muestras de acero obtenidas por el Lanamme UCR

No Informe	Muestra	Número de Varillas de acero	Altura de corrugación (mm)	Altura de corrugación mínima de la Norma ASTM A706 (mm)	Cumplimiento según norma ASTM A706
I-0693-16	M-1213-16	No 3	0,62 0,59 0,63	0,38	Cumple Cumple Cumple
	M-1214-16	No 4	0,54 0,53 0,56	0,51	Cumple Cumple Cumple
	M-1215-16	No 5	0,74 0,93 0,87	0,71	Cumple Cumple Cumple
	M-1216-16	No 6	0,73 0,69 0,81	0,97	No Cumple No Cumple No Cumple
	M-1217-16	No 7	1,25 1,14 1,24	1,12	Cumple Cumple Cumple
	M-1218-16	No 8	1,33 1,16 1,18	1,27	Cumple Cumple Cumple
	M-1219-16	No 9	1,49 1,45 1,45	1,42	Cumple Cumple Cumple
I-0936-16	M-1631-16	No 3	0,59 0,63 0,56	0,38	Cumple Cumple Cumple
	M-1632-16	No 4	0,71 0,63 0,57	0,51	Cumple Cumple Cumple
	M-1633-16	No 5	0,94 0,70 0,94	0,71	Cumple No Cumple Cumple
	M-1634-16	No 6	0,77 0,77 0,79	0,97	No Cumple No Cumple No Cumple
	M-1635-16	No 7	1,13 0,95 0,98	1,12	Cumple No Cumple No Cumple
	M-1636-16	No 8	1,20 1,15 1,12	1,27	No Cumple No Cumple No Cumple

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 18 de 51
--	------------------------------	-----------------

Tabla 5. Resultado de esfuerzo de muestras de acero obtenidas por el Lanamme UCR

No Informe	Muestra	Número de Varillas de acero	Esfuerzo de fluencia (MPa)	Esfuerzo de fluencia Norma ASTM A706 (MPa)	Esfuerzo máximo (MPa)	Esfuerzo máximo Norma ASTM A706 (MPa)
I-0936-16	M-1631-16	No 3	500 493 502	Rango 420-540	625 627 628	Mínimo 550
	M-1632-16	No 4	403 415 435		542 541 563	
	M-1633-16	No 5	476 507 465		604 636 620	
	M-1634-16	No 6	500 480 469		624 612 611	
	M-1635-16	No 7	493 489 489		639 637 641	
	M-1636-16	No 8	488 486 465		640 641 614	

En el informe de ensayo I-0693-16 del LanammeUCR, se obtuvo como resultado que las muestras ensayadas cumplieron satisfactoriamente con los requisitos físicos y mecánicos del Reglamento Técnico RTCR 452:2011 “Barras y Alambres de Acero de refuerzo para concreto”, a excepción de la altura mínima de corrugaciones, esto para las tres muestras ensayadas N°6 y dos de las muestras de varillas N° 8. Cabe recordar que el Reglamento RCTR 452:2011 hace referencia a la norma INTE 06-09-02, la cual es una homologación de la norma ASTM A706 donde se indican las especificaciones técnicas de las barras utilizadas como refuerzo para el concreto reforzado.

En el caso del Informe I-0936-16 se presentan varios incumplimientos de la normativa los cuales se mencionan a continuación: no cumple una de las muestra para esfuerzo de fluencia y dos de las muestras no cumplen con el esfuerzo máximo para varilla N° 4, en el caso de la varillas N° 5 no cumple altura de corrugación una de las muestras analizadas, las 3 muestras tomadas de varilla N° 6 del primer lote no cumple altura de corrugación según la norma, en el caso de las varillas N° 6 dos de las muestras del segundo lote también incumplen con la altura de corrugación, para las varillas N° 7 dos de las tres muestras ensayadas no cumplen la altura de corrugación y por último en el caso de las varillas n° 8 ninguna de las muestras analizadas cumple la altura de corrugación.

Debido a que se realizó solamente dos muestreos no se pudo efectuar un análisis estadístico que permita establecer un patrón estadístico con los datos. De acuerdo con el criterio experto, los incumplimientos de las corrugaciones pueden tener implicaciones importantes en el comportamiento del concreto reforzado, que adquieren un carácter de gran importancia en el caso de obras de mayor magnitud y funcionalidad, como lo pueden ser los puentes y fundaciones de este proyecto.

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 19 de 51
--	------------------------------	-----------------



Las corrugaciones en las varillas tienen varias funciones en el sistema de concreto reforzado, por ejemplo, en el caso de las varillas que se utilizan como refuerzo longitudinal, las corrugaciones mejoran la adherencia del acero al concreto, característica importante para que el acero desarrolle mejor las capacidades propias del material, alcanzando el valor de fluencia del mismo y garantizando el comportamiento óptimo de la estructura. La otra función importante es que el concreto reforzado con acero corrugado, desarrolla grietas más pequeñas y redistribuidas a lo largo de la luz del elemento, precisamente en la zona que se encuentra reforzada, por lo que las deflexiones generadas son de menor magnitud. Las corrugaciones permiten una mejor distribución de esfuerzos en el elemento, esto combinado con las funciones antes mencionadas, hace que la falla del elemento no se presente de manera abrupta.

De igual forma, se debe tomar en cuenta que el código ACI 318: “Requisitos de reglamento para concreto Estructural” indica en el apartado 20.2.1.1: “Las barras y alambres no preesforzados deben ser corrugados, excepto las barras lisas o alambres que se permiten para ser utilizados en espirales”. Cabe recordar que el ACI 318 es el documento al que hace referencia el Código Sísmico de Costa Rica para regular el concreto reforzado en Costa Rica.

A su vez, el código ACI 318 hace referencia a las normas ASTM de especificación del acero (en este caso ASTM A706) la cual tiene su homologación en la norma INTE 06-09-02, por lo que se debe cumplir con tales requisitos. Adicionalmente, el Reglamento Técnico de acero es claro en los cumplimientos del material de acero de refuerzo que se utilice para tal fin (es decir, los que se utilicen como acero longitudinal o de cortante), se basan en los criterios técnicos de la norma INTE 06-09-02.

Por lo tanto, todo acero de refuerzo, que no sea utilizado como refuerzo en espiral, debe ser corrugado y por tanto debe cumplir con los requisitos de las corrugaciones que indican las normas respectivas.

Adicionalmente, y a manera de complemento se incorporan los datos de la Supervisora, laboratorio Vieto & Asociados S.A. Esta información se entregó a la Auditoría Técnica el día 06 de abril de 2017 mediante el oficio SBK-0209-2017. Los datos corresponden a las muestras 16-CH1-0034-2001, 16-CH1-0035-2001, 16-CH1-0036-2001, 16-CH1-0037-2001 y 16-CH1-0038-2001 y se resumen en la tabla No 6 y No 7, donde se muestra que acorde a la normativa analizada todas las muestras presentan valores por encima del límite inferior establecido en el caso de la altura de corrugación, o se encuentran dentro del rango que establece la norma.

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 20 de 51
--	------------------------------	-----------------



Tabla 6. Resultados de corrugación de muestras de acero obtenidas por Vieto & Asociados.

Muestra	Número de Varillas de acero	Altura de corrugación (mm)	Altura de corrugación mínima de la Norma ASTM A706 (mm)	Cumplimiento según norma ASTM A706
CH1-0034A1 CH1-0034A2	No 3	0,68 0,72	0,38	Cumple Cumple
CH1-0035A1 CH1-0035A2	No 4	0,76 0,77	0,51	Cumple Cumple
CH1-0036A1 CH1-0036A2	No	1,02 1,06	0,71	Cumple Cumple
CH1-0037A1 CH1-0037A2	No 6	1,07 1,02	0,97	Cumple Cumple
CH1-0038A1 CH1-0038A2	No 8	1,77 1,74	1,24	Cumple Cumple

Tabla 7. Resultado de esfuerzo de muestras de acero obtenidas por Vieto & Asociados.

Muestra	Número de Varillas de acero	Esfuerzo de fluencia (MPa)	Esfuerzo de fluencia Norma ASTM A706 (MPa)
CH1-0034A1 CH1-0034A2	No 3	508 487	Rango 420-540
CH1-0035A1 CH1-0035A2	No 4	480 470	
CH1-0036A1 CH1-0036A2	No 5	491 476	
CH1-0037A1 CH1-0037A2	No 6	465 453	
CH1-0038A1 CH1-0038A2	No 8	488 491	

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 21 de 51
--	------------------------------	-----------------



SOBRE LA CALIDAD DEL CONCRETO CLASE B

El análisis se realizó utilizando como base la sección 552 "Concreto Estructural" de la normativa CR-2010, para un concreto clase B con una resistencia de 28MPa ($f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$), descrita en los diseños y planos de los pasos a desnivel del proyecto, específicamente en la sección de "Notas Generales".

El laboratorio del LanammeUCR, realizó muestreos al concreto en los meses de septiembre y octubre del 2016, analizando la resistencia a la compresión de cilindros de concreto muestreados de elementos de concreto como aletón del bastión de los pasos a desnivel en los estacionamientos 0+898 y 11+885.

Para completar la información para realizar un análisis general utilizando los datos de control y verificación de calidad, se solicitan los informes para el mes de septiembre mediante el oficio LM-AT-163-16, y se recibe la información en el oficio UBCK-830-2016. Anteriormente, en el oficio LM-AT-051-16 se solicitaron los diseños de los pasos a desnivel, los cuales se entregaron a esta auditoría en el oficio UCBK-247-2016. A continuación se detallan los resultados de las muestras:

Tabla 8. Resultados de ensayos de compresión ($f'c$) a los 28 días para cilindros de concreto muestreados por el LanammeUCR

Información General				Resistencia a la compresión (MPa)	
Informe	Muestra	Elemento	Fecha de muestreo	Promedio	Desv. Est.
I-1293-16	2339-16	Aletón 2, bastión 2	20/09/2016	42,7	2,1
I-1293-16	2341-16	Aletón 1, bastión 1	21/09/2016	40,1	3,8
I-1328-16	2262-16	Aletón 2, bastión 1	08/09/2016	37,9	4,3
I-1411-16	2446-16	Aletón 2, bastión 1	05/10/2016	40,5	4,5
I-1411-16	2447-16	Aletón 1, bastión 1	06/10/2016	39,6	4,3

Tabla 9. Resultados de ensayos de compresión ($f'c$) a los 28 días para cilindros de concreto muestreados por el laboratorio de autocontrol.

Información General			Promedio (MPa)
Est	Sentido	Fecha de muestreo	
1+500	Aletón LI	04/08/2016	44,6
1+500	Aletón LI	04/08/2016	45,3
0+800	Bastión 2	05/08/2016	44,3
0+800	Bastión 2	05/08/2016	45,2
0+800	Bastión 2	05/08/2016	44,1
0+800	Bastión 2	05/08/2016	44,0
11+855	Bastión 1	05/08/2016	44,4
11+855	Bastión 1	05/08/2016	45,2
1+500	Aletón LI	06/08/2016	45,0
1+500	Bastión 2	06/08/2016	44,9
0+800	Bastión 2	08/08/2016	44,1
0+800	Aletón LI	08/08/2016	44,9
1+500	Aletón LI	08/08/2016	43,3

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 22 de 51
--	------------------------------	-----------------



Información General			Promedio (MPa)
Est	Sentido	Fecha de muestreo	
1+500	Aletón LD	08/08/2016	44,1
1+500	Aletón LD	08/08/2016	43,8
1+500	Bastión 1	08/08/2016	45,0
0+848	Bastión 1	09/08/2016	44,7
0+848	Bastión 1	09/08/2016	43,4
0+848	Bastión 1	09/08/2016	43,4
0+848	Bastión 1	09/08/2016	45,2
0+848	Bastión 1	09/08/2016	43,1
0+848	Bastión 1	09/08/2016	44,3
0+848	Bastión 1	09/08/2016	43,8
0+848	Bastión 1	09/08/2016	44,5
0+898	Bastión 2	10/08/2016	43,4
0+898	Bastión 2	10/08/2016	44,5
1+500	Aletón LI	11/08/2016	44,9
1+500	Aletón LI	11/08/2016	45,4
11+855	Bastión 1	11/08/2016	46,1
11+855	Bastión 1	11/08/2016	45,7
11+855	Bastión 2	18/08/2016	44,2
11+855	Bastión 2	18/08/2016	44,6
0+800	Bastión 2	18/08/2016	45,0
0+800	Bastión 2	18/08/2016	44,0
11+870	Aletón LD	20/08/2016	45,1
11+870	Aletón LD	20/08/2016	44,6
0+800	Bastión 1	21/08/2016	44,0
0+800	Bastión 1	21/08/2016	44,3
0+800	Bastión 1	21/08/2016	44,1
0+800	Bastión 1	21/08/2016	44,0
11+870	Aletón 2	25/08/2016	41,4
14+755	Aletón 2	25/08/2016	42,6
0+800	Bastión 2	25/08/2016	44,5
0+800	Bastión 1	25/08/2016	46,2
11+855	Bastión 1	25/08/2016	45,9
11+855	Bastión 2	25/08/2016	44,3
11+870	Bastión 2	30/08/2016	43,3
11+870	Bastión 2	30/08/2016	43,6
11+865	Bastión 2	31/08/2016	43,9
11+865	Bastión 2	31/08/2016	45,0
0+898	Bastión 1	01/09/2016	45,7
0+898	Bastión 1	01/09/2016	46,4
0+898	Bastión 1	01/09/2016	46,9
0+898	Bastión 1	01/09/2016	47,3

Nota: Informe SBK 0454-2016

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 23 de 51
--	------------------------------	-----------------



Tabla 10. Resultados de ensayos de compresión a los 28 días para cilindros de concreto de la Verificación de Calidad

Información General				Promedio Mpa
Muestra	Est	Sentido	Fecha de muestreo	
CH4-0355A3	1+550	Aletón derecho, Bastión 2	04/08/2016	40,5
CH4-0355A4	1+550	Aletón derecho, Bastión 2	04/08/2016	41,3
CH4-0357A3	0+898	Viga cabezal, Bastión 2	05/08/2016	44,8
CH4-0357A4	0+898	Viga cabezal, Bastión 2	05/08/2016	45,3
CH4-0357B3	0+898	Viga cabezal, Bastión 2	05/08/2016	45,5
CH4-0357B4	0+898	Viga cabezal, Bastión 2	05/08/2016	46,6
CH4-0359A3	1+885	Bastión 1	05/08/2016	45,8
CH4-0359A4	11+885	Bastión 1	05/08/2016	46,3
CH4-0365A3	0+898	Aletón derecho, Bastión 2	08/08/2016	49,9
CH4-0365A4	0+898	Aletón derecho, Bastión 2	08/08/2016	49,1
CH4-0377A3	0+898	Aletón izquierdo, Bastión 2	10/08/2016	45,9
CH4-0377A4	0+898	Aletón izquierdo, Bastión 2	10/08/2016	45,8
CH4-0379A3	11+885	Viga cabezal, Bastión 1	11/08/2016	46,5
CH4-0379A4	11+885	Viga cabezal, Bastión 1	11/08/2016	47,2
CH4-0381A3	11+885	Viga cabezal, Bastión 5	11/08/2016	48,5
CH4-0381A4	11+885	Viga cabezal, Bastión 5	11/08/2016	48,9
CH4-0383A3	1+550	Aletón izquierdo, Bastión 1	11/08/2016	47,9
CH4-0383A4	1+550	Aletón izquierdo, Bastión 1	11/08/2016	47,7
CH4-0387A3	11+885	Pared cabezal, Bastión 1	18/08/2016	45,3
CH4-0387A4	11+885	Pared cabezal, Bastión 1	18/08/2016	44,6
CH4-0395A3	11+885	Aletón, Bastión 2	20/08/2016	42,8
CH4-0395A4	11+885	Aletón, Bastión 2	20/08/2016	43,0
CH4-0399A3	0+898	Bastión 1	21/08/2016	44,4
CH4-0399A4	0+898	Bastión 1	21/08/2016	46,0
CH4-0409A3	?? NI	Bastión 1	25/08/2016	44,4
CH4-0409A4	?? NI	Bastión 1	25/08/2016	44,8
CH4-0419A3	0+898	Aletón derecho, Bastión 1	29/08/2016	46,4
CH4-0419A4	0+898	Aletón derecho, Bastión 1	29/08/2016	47,2
CH4-0423A3	11+885	Aletón derecho, Bastión 2	30/08/2016	44,2
CH4-0423A4	11+885	Aletón derecho, Bastión 2	30/08/2016	43,4
CH4-0429A3	11+885	Aletón izquierdo, Bastión 2	31/08/2016	44,1
CH4-0429A4	11+885	Aletón izquierdo, Bastión 2	31/08/2016	44,6
CH4-0433A3	0+898	Viga cabezal, Bastión 1	01/09/2016	47,7
CH4-0433A4	0+898	Viga cabezal, Bastión 1	01/09/2016	47,4

Nota: Informe SBK 0454-2016

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 24 de 51
--	------------------------------	-----------------



Observación No 1. La resistencia a la compresión de los cilindros de concreto estructural clase B para diferentes elementos del proyecto presenta valores de resistencia dentro del rango permitido por la especificación de acuerdo al análisis estadístico.

Esta Auditoría Técnica realizó un análisis estadístico con los datos obtenidos tanto por el LanammeUCR como por los laboratorios de control de calidad y la supervisora, acorde con la sección 107.05 del CR-2010, en la cual se determina el porcentaje fuera de los límites especificados. Este análisis es útil para observar no solamente el nivel de cumplimiento de una especificación, sino también la variabilidad del proceso. Este análisis se realizó para los diferentes elementos de concreto estructural clase B muestreados en el proyecto.

Tabla 11. Análisis estadístico del porcentaje fuera de los rangos estimados para las muestras ensayadas de cilindros de concreto clase B para los diferentes elementos.

Datos	Número de muestras (n)	Porcentaje estimado de datos fuera de los límites de especificación (%)	Máximo porcentaje permitido fuera de los límites de especificación (%)*
LanammeUCR	5	0,00	64,0
Control de Calidad (OJM)	54	0,00	44,0
Supervisora (Vieta)	34	0,00	46,0

* A partir de este valor se rechaza el producto.

Tal y como se observa en la tabla anterior, para todos los laboratorio, las muestras de concreto clase B analizados de los diferentes elementos se obtienen porcentajes dentro de los límites permitidos por la especificación para el número de muestras ensayadas. En este caso no hay valores fuera del porcentaje estimado de datos (0,0%).

Es importante seguir garantizando la resistencia de los elementos de concreto con el principal objetivo de asegurar la vida útil y desempeño de la estructura.

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 25 de 51
--	------------------------------	-----------------



SOBRE EL ÍNDICE DE REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI)

Con el propósito de contribuir al mejoramiento continuo de la gestión de la Administración, se realizó un análisis sobre el valor de Índice de Regularidad Superficial (IRI) medido por el Laboratorio LanammeUCR y calculado por la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR.

El objetivo específico de este análisis realizado por Auditoría Técnica es determinar el valor del Índice de Regularidad Internacional de la superficie de ruedo del proyecto en cuestión, y comparar los resultados obtenidos con la especificación descrita en el Cartel de Licitación, en la sección EE007 Control de Rugosidad (IRI) en Carpeta de Mezcla Asfáltica, donde se menciona:

"...Se medirá en forma continua en tramos de 100 metros, o fracción en caso de que el último tramo de un sector homogéneo no alcance a los 100 m. Se informará el IRI (m/Km.) con un decimal. La evaluación del IRI se realizará por tractos de cinco tramos consecutivos. Se entenderá que la superficie del pavimento tiene una rugosidad aceptable si todos los promedios consecutivos de cinco valores de IRI tienen un valor igual o inferior a 1,5 m/km., y ninguno de los valores individuales supera 2,0 m/Km. Cualquier incumplimiento individual en tramos de 100 metros será sujeto de reparación o sustitución de las capas que amerite, a cuenta del Contratista... "

Sobre los resultados del ensayo del Índice de Regularidad Internacional (IRI) realizado por el LanammeUCR, según el informe I-0902-16 se analizó un tramo de aproximadamente 9 km en ambos sentidos y la medición se realizó el día 14 de julio del 2016, esta información se reportó de forma oportuna mediante el oficio LM-AT-141-16.

Hallazgo No 2. El valor de IRI calculado para una sección del proyecto de aproximadamente 9 km a nivel de superficie de ruedo es mayor al valor especificado a nivel contractual tanto para datos individuales (2,0 m/km) y para media móvil ó promedio consecutivo de cinco datos individuales (1,5m/km).

Tal y como lo menciona la especificación, se realizó un análisis tanto para valores individuales como para el promedio de cinco valores individuales consecutivos (media móvil) para una sección de aproximadamente 9,0 km del proyecto que ya se encontraba terminada. La medición se realizó en ambos sentidos, y conjuntamente se desarrolló un análisis de singularidades donde se eliminaron tramos sucios (por ejemplo con grumos de tierra en la superficie) y puentes los cuales se muestran en la Tabla 11.

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 26 de 51
--	------------------------------	-----------------

Tabla 12. Singularidades consideradas en el análisis.

Sentido	Tipo de Singularidad	Estacionamiento
Chilamate-Vuelta de Kooper	Puente	2+410
	Tramo Sucio	4+590
	Intersección	6+190
	Tramo Sucio	8+010
	Tramo Sucio	8+900
	Tramo Sucio	9+290
	Tramo Sucio	9+620
Vuelta de Kooper-Chilamate	Puente	10+650
	Puente	10+700
	Tramo Sucio	9+380
	Tramo Sucio	8+910
	Tramo Sucio	8+010
	Tramo Sucio	7+360
	Intersección	6+200
	Tramo Sucio	4+520
	Puente	2+490

Fuente: Informe de Laboratorio, LanammeUCR I-0902-16 (14/07/2016)

En la Figura 4 y la Figura 5 se muestran los datos de media móvil y valores individuales para el sentido Chilamate - Vuelta de Kooper

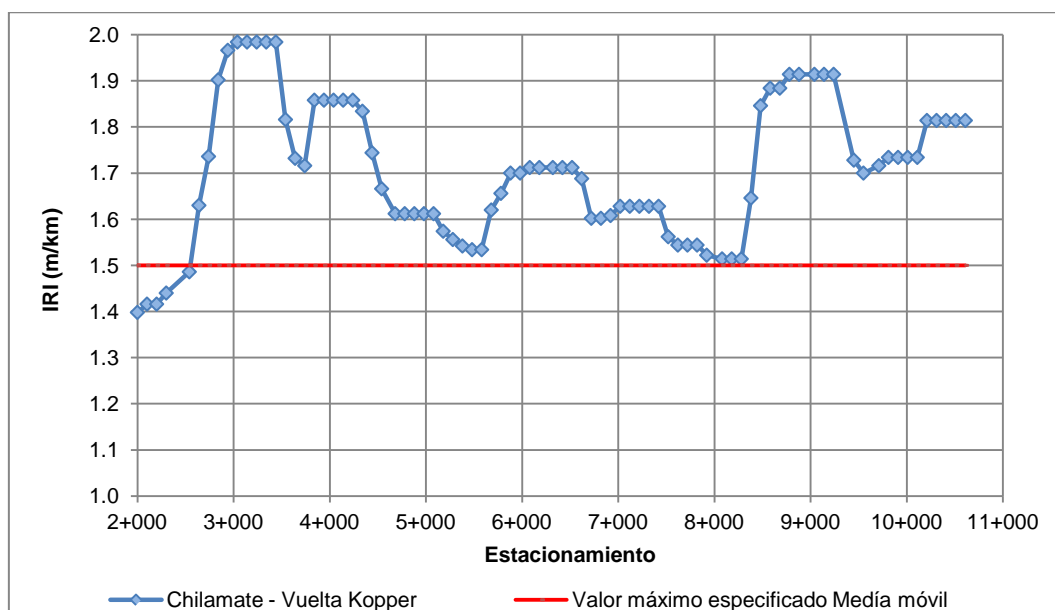


Figura 3. Valores de media móvil, sentido Chilamate-Vuelta de Kooper.

Fuente: Datos obtenidos de Informe de Laboratorio, LanammeUCR I-0902-16 (14/07/2016)

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 27 de 51
--	------------------------------	-----------------

En la Figura 4 se puede observar que aproximadamente el 94,0% de los datos de media móvil se encuentran por encima del valor especificado en el Cartel de licitación de 1,5m/km. En el caso de la Figura 5 se observa que solamente el 13,0% de los datos se encuentra por encima del valor límite de 2,0m/km.

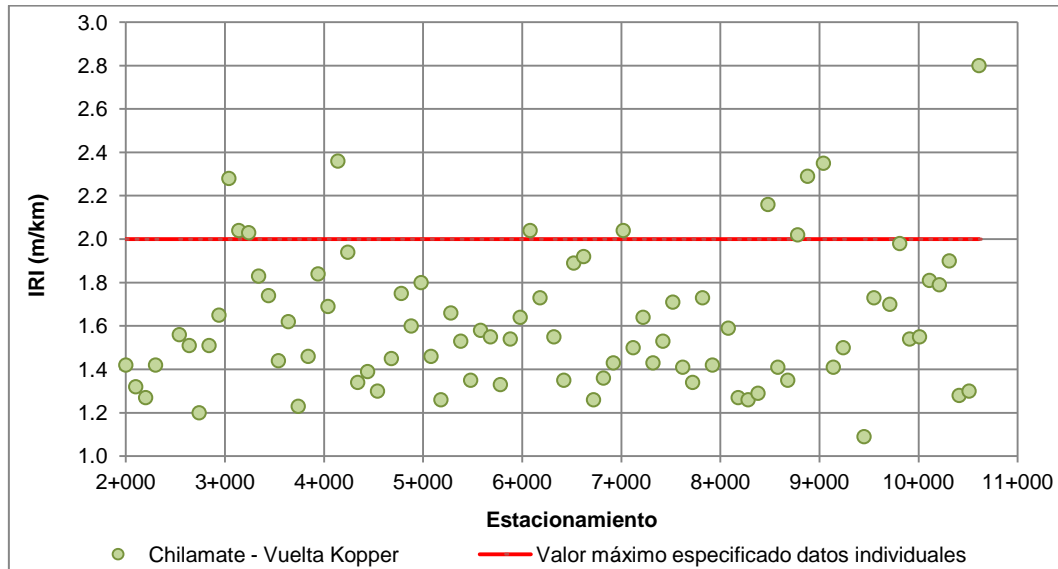


Figura 4. Valores individuales, sentido Chilamate-Vuelta de Kooper.
Fuente: Datos del Informe de Laboratorio, LanammeUCR I-0902-16 (14/07/2016)

Para el sentido de avance Vuelta de Kooper - Chilamate, los datos obtenidos se muestran en las Figuras 6 y 7.

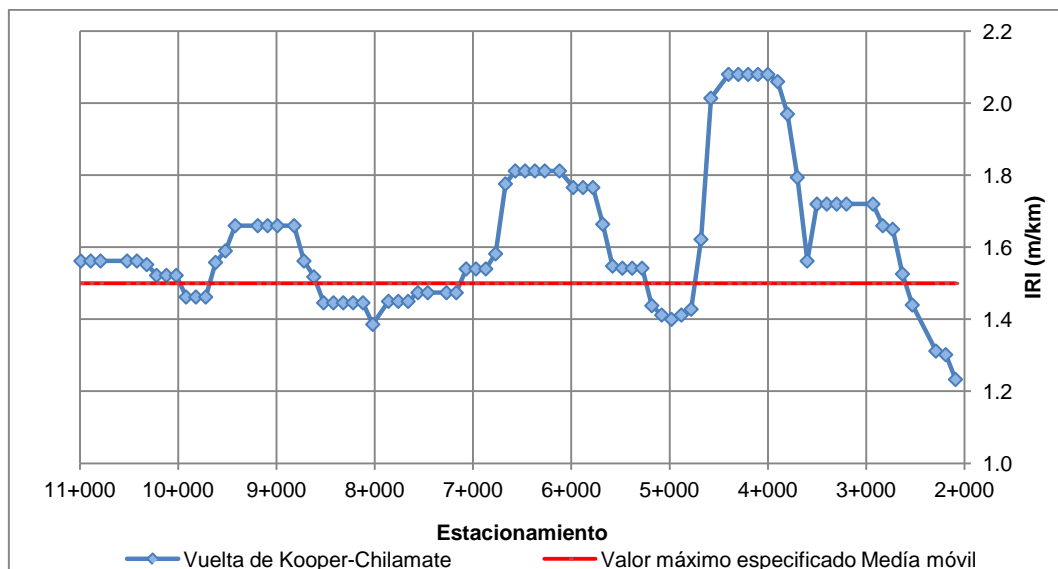


Figura 5. Valores de media móvil, sentido Vuelta de Kooper- Chilamate.
Fuente: Informe de Laboratorio, LanammeUCR I-0902-16 (14/07/2016)

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 28 de 51
--	------------------------------	-----------------

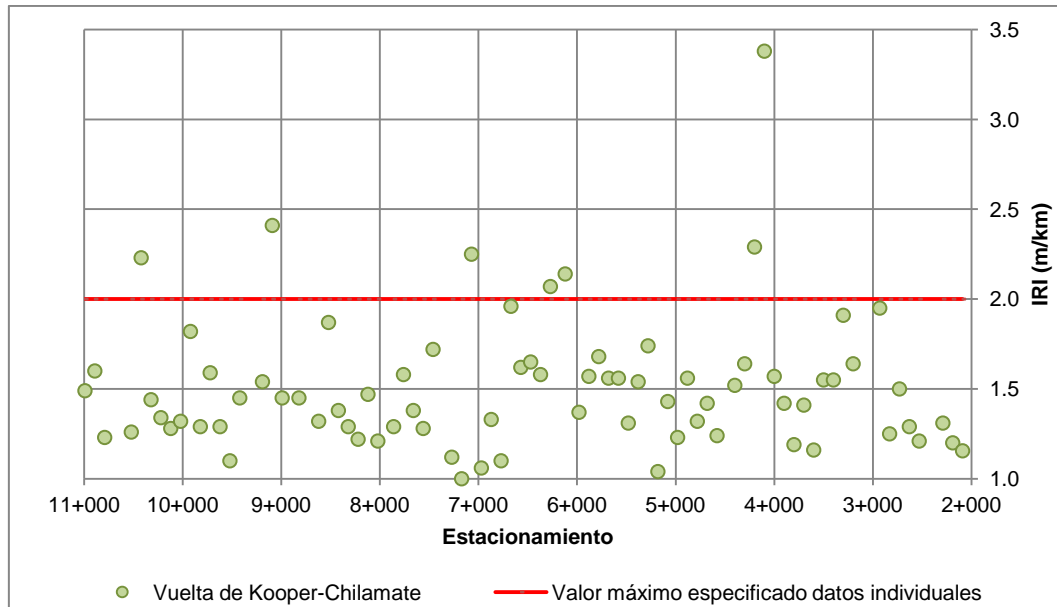


Figura 6. Valores individuales, sentido Vuelta de Kooper- Chilamate.
Fuente: Informe de Laboratorio, LanammeUCR I-0902-16 (14/07/2016)

Para el sentido Vuelta de Kooper - Chilamate, se observa la misma tendencia que en el sentido de avance Chilamate-Vuelta de Kooper. En la Figura 6 se puede observar que aproximadamente el 70,0% de los datos de media móvil se encuentran por encima del valor especificado en el Cartel de licitación de 1,5m/km. En el caso de la Figura 7 se observa que solamente el 9,0% de los datos se encuentran por encima del valor límite de 2,0m/km.

Tal y como se puede observar, de las comparaciones de las Figuras 4 y 6 para datos de media móvil y las Figuras 5 y 7 en el caso de valores individuales se denota porcentajes bajos fuera de los límites establecidos (2,0m/km) en el caso de este último análisis, cerca de 10%. Caso contrario cuando se analizan los promedios consecutivos o medias móviles, donde se observa que de un 70% a un 94% de los valores se encuentra fuera del límite establecido de 1,5m/km.

Si se comparan los datos obtenidos en estos 9 km y medidos en el año 2016, con los datos reportados en el informe I-1646-15 donde analizaron nueve tramos en ambos sentidos para un total de 18 secciones, en el ensayo realizado el 17 noviembre del 2015 y comunicados a la Administración en el oficio LM-AT-062-16 del 12 de abril del 2016, se puede observar una coincidencia con respecto al análisis de media móvil, ya que en ambos casos se obtienen porcentajes altos por encima del límite especificado. A diferencia de los resultados obtenidos para la condición de valores individuales, ya que en estos valores sí se observa una mejora importante en los valores reportados en el año 2016.

Es importante considerar a la hora de hacer el análisis comparativo entre los datos, que el proceso constructivo es diferente para los tramos analizados en julio del 2016 y noviembre del 2015. Para los datos reportados en el oficio LM-AT-062-16 la colocación de la base asfáltica se hizo en una sola capa. Diferente al caso de los datos reportados en el presente informe, donde el tramo fue construido en dos capas de base asfáltica. En este último caso

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 29 de 51
--	------------------------------	-----------------

se aprecia una mejora (disminución) en los porcentajes fuera de los límites permitidos por la especificación en general, pero es más evidente en los datos de valores individuales, ya que el incumplimiento se sigue presentando para la especificación de la media móvil.

SOBRE LOS DETERIOROS EN SECCIONES DEL PROYECTO

Observación No 2. Se encontraron deterioros puntuales en la mezcla asfáltica a nivel de superficie de ruedo en el proyecto.

Durante la visita realizada al proyecto el jueves 08 de septiembre del 2016 por parte de funcionarios de la Unidad de Auditoría Técnica, se pudo evidenciar deterioros en la superficie de la capa de rodadura de mezcla asfáltica. Como se puede observar en las siguientes fotografías, la carpeta presenta algunos deterioros tales como huecos producto de desprendimientos de partículas del material que conforma la mezcla asfáltica.



Figura 7 y Figura 8. Deterioro de la carpeta y huecos. Estacionamiento 10+600. Fecha de las fotografías 08/09/2016. Fuente: LanammeUCR.



Figura 9 y Figura 10. Deterioro de la carpeta y huecos. Estacionamiento 4+200. Fecha de las fotografías 08/09/2016. Fuente: LanammeUCR.

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 30 de 51
--	------------------------------	-----------------

Es importante considerar que estos desprendimientos se han presentado en algunos tramos de la superficie de ruedo, pero con la particularidad de que la vía aún no está en funcionamiento. Por lo que se debe valorar que si se presentan estos deterioros en etapa constructiva, el deterioro podría ser acelerado para estos tramos en la etapa de funcionamiento de la vía, generando necesidad de obras de mantenimiento a corta edad que normalmente no son previstas para obras nuevas.

Cerca del estacionamiento 25+000, se pudo observar un desprendimiento excesivo del agregado que la conforma, hasta formar huecos a nivel superficial. El agregado se observa que no está completamente cubierto de asfalto y la mezcla se observa contaminada, no solo en la superficie si no también al extraer material que se puede desprender de forma manual.



Figura 11 y Figura 12. Desprendimiento de agregado y huecos.
Estacionamiento 25+400. Fecha de las fotografías 08/09/2016. Fuente: LanammeUCR.

En estos casos particulares es evidente que si no existe adherencia de las partículas mezcla asfáltica, la capa se va a comportar como un material granular que no va a cumplir con las propiedades de soporte consideradas en el diseño. Por otro lado, es evidente también la condición de permeabilidad de la capa, en donde posiblemente ha estado sometida a condiciones de lluvia y con el paso de la maquinaria pesada y sus maniobras de giro, han contribuido al deterioro observado. En este sentido se recomienda a la Ingeniería de proyecto revisar si existió algún desvío en la uniformidad de los materiales utilizados, en la producción de las mezclas o en los procesos constructivos adecuados a condiciones óptimas de colocación y compactación con el objetivo que no se presente este tipo de deterioro en otros tramos.

En el oficio LM-AT-153-16 del 20 de septiembre del 2016 se comunica a la Administración de manera oportuna sobre los deterioros detectados en las visitas técnicas realizadas al proyecto en la capa de rodadura y el agrietamiento en la cuneta.

El día 23 de septiembre del 2016 se recibe el oficio UBCK-730-2016 por parte de la Administración, comunicando a esta auditoría técnica que el oficio LM-AT-153-2016 se remitió a la supervisora del proyecto con el objetivo de ser analizado. Mediante el oficio UBCK-861-2016 del 01 noviembre del 2016 la Administración remite el oficio UBCK-861-2016 (SBK-434-2016) donde la Supervisora se manifiesta al respecto.

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 31 de 51
--	------------------------------	-----------------



La Administración comunica a esta auditoría por este medio que algunos de los defectos inventariados para la auditoría y por la Supervisora, están en proceso de reparación por parte del contratista.

Adicionalmente, la empresa Supervisora complementa el oficio con la información de resultados de ensayo de la mezcla asfáltica tanto para carpeta de ruedo como para base asfáltica, señalando con ambas mezclas por su composición granulométrica son propensas a la segregación y por esta razón se mantiene un constante muestreo, extracción de núcleos y observación de las mismas.

Otro aspecto que se señala en el documento de la Supervisora como una de las posibles causas del deterioro, es la exposición al alto tránsito de vehículos en el proyecto, tanto por el proceso constructivo como de particulares y productores de la zona.

La Supervisión señala que los deterioros se deben a condiciones atípicas y no a desvíos en la uniformidad de los materiales utilizados o al proceso constructivo. Y manifiesta que en resumen, los problemas señalados en el oficio LM-AT-153-2016 por esta Auditoría Técnica, se encuentran dentro de los defectos identificados por la Unidad Supervisora, y deberán ser reparados por el Contratista antes de finalizar el proyecto.

Observación No 3. Se evidenciaron deterioros puntuales en la estructura de cuneta.

En la sección de la carretera ubicada frente a la planta de mezcla asfáltica se observó en meses pasados, la acumulación de una gran cantidad de material granular sobre parte de la obra ejecutada. El espacio que ocupaba el apilamiento abarcaba la cuneta recién construida y uno de los carriles de circulación como se muestra en la Figura 14.

Durante la visita del equipo auditor del día 8 de setiembre de 2016 se observó que la cuneta presenta agrietamientos de severidad media que pueden facilitar el ingreso de agua a las capas inferiores del pavimento y de las capas de soporte de la misma cuneta y afectar la efectividad del sistema de drenaje en este tramo. En la Figura 15 se observa un ejemplo de las grietas observadas en la cuneta que evidentemente reducen la vida útil de este elemento de la vía.

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 32 de 51
--	------------------------------	-----------------



Figura 13 y Figura 14. Apilamiento de material y el agrietamiento causado a la cuneta. Estacionamiento 13+100. Fecha de las fotografías 2/10/2015 y 08/09/2016. Fuente: LanammeUCR.

Es criterio de la Unidad de Auditoría Técnica que los deterioros evidenciados pudieron ser provocados por las cargas estáticas generadas por los apilamientos colocados durante un considerable periodo. Este tipo de deterioros deben ser evitados a través de la aplicación de las buenas prácticas de ingeniería, protegiendo la inversión realizada en cada uno de los elementos de la carretera construidos. Se debe fortalecer la implementación de las acciones técnicas del caso de manera que no se afecte el desempeño del proyecto.

Al igual que en la observación anterior el día 23 de septiembre del 2016 se recibe el oficio UBCK-730-2016 por parte de la Administración, comunicando a esta auditoría técnica que el oficio LM-AT-153-2016 se remitió a la supervisora del proyecto con el objetivo de ser analizado. Mediante el oficio UBCK-861-2016 del 01 noviembre del 2016 la Administración remite el oficio SBK-434-2016 donde la Supervisora se manifiesta al respecto.

La Administración comunica a esta auditoría por este medio que:

"... algunos de los defectos inventariados para la auditoría y por la Supervisora, están en proceso de reparación por parte del contratista. La Unidad Supervisora comenta la colocación de acopios de la planta de asfalto dentro ruta fue realizada por el Contratista, debido a que tuvieron que retirar de quebradores los materiales ya producidos para la mezcla asfáltica, por finalización del contrato con el proveedor de los materiales. Pero que al Contratista se le indica que debe señalar los acopios y es responsable de cualquier daño causado a las obras construidas..."

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 33 de 51
--	------------------------------	-----------------



SOBRE LA MEZCLA ASFALTICA PARA SUPERFICIE DE RUEDO DEL PROYECTO

Se efectuaron diferentes muestreos de la mezcla asfáltica producida en el proyecto, las muestras y los días se detallan en el siguiente cuadro:

Tabla 13. Información general de las muestras de mezcla asfáltica obtenidas por el LanammeUCR.

Fecha de muestreo	Ubicación	Informe	Muestra
04/10/2016	Producción en planta, viaje 7	I-1506-16	2431-16
06/10/2016	Producción en planta, viaje 4	I-1506-16	2433-16
14/10/2016	Estacionamiento 0+370, Calle secundaria.	I-1507-16	2495-16
18/10/2016	Producción en planta, viaje 2	I-1508-16	2529-16
20/10/2016	Producción en planta, viaje 5	I-1508-16	2530-16
21/10/2016	Producción en planta, viaje 3	I-1508-16	2531-16
01/11/2016	Producción en planta, viaje 11	I-1509-16	2587-16
01/11/2016	Producción en planta, viaje 22	I-1509-16	2588-16

Fuente: LanammeUCR, 2016.

A través del oficio UBCK-251-2017 del 22 de marzo del 2017, la Unidad Ejecutora del proyecto envía a esta Auditoría Técnica los informes de la Unidad supervisora, Vieta & Asociados S.A., y del laboratorio de Control de Calidad, OJM; un resumen de estos resultados.

Hallazgo No 3. Se presentan valores por fuera de los límites de tolerancia establecidos por el óptimo en los parámetros Marshall y la granulometría para la mezcla asfáltica utilizada en la superficie de ruedo

En la Tabla 14 se resumen los resultados de los parámetros Marshall obtenidos en las muestras ensayadas por el LanammeUCR, también presenta los límites de especificación indicados en el diseño de mezcla aprobado para el proyecto y actualizado mediante Fórmula de trabajo O-10-81-2016 del 16 de julio de 2016 realizada por OJM Consultores de Calidad y Laboratorios. Además, en la Figura 15, se presentan de forma gráfica los resultados con respecto a los límites de especificación.

De acuerdo con los resultados del LanammeUCR algunas muestras reportan contenidos de asfalto por debajo del límite inferior establecido, lo que podría ser desfavorable para la mezcla asfáltica ya que podría no tener suficiente asfalto para aglutinar los agregados o inclusive para soportar los efectos de las cargas de tránsito. Asociado a este comportamiento se observa que las muestras presentan valores fuera de los límites de la especificación en el parámetro volumétrico de VFA, determinándose un valor promedio de 57%, cuando la especificación requiere que el valor se encuentre entre 65% y 75%.

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 34 de 51
--	------------------------------	-----------------



Esta insuficiencia significa que a pesar de existir un espacio suficiente en la composición granulométrica (VMA mayor a 13%) para acomodar el asfalto indicado en el diseño de mezcla, podría ser que la cantidad de asfalto que se establece en el diseño no es suficiente para satisfacer el requisito de la especificación (65% y 75%). Lo que ocasiona que quede mucho espacio entre las partículas de agregado sin rellenar de asfalto, lo que se ve finalmente reflejado en los altos resultados de vacíos obtenidos entre 5,3% a 7,1%.

La presencia de altos contenidos de vacíos podría provocar que la mezcla asfáltica se vea afectada por el ingreso de humedad y otros factores ambientales, promoviendo el daño por humedad y el endurecimiento del asfalto.

Tabla 14. Resumen de resultados ensayos Marshall para la mezcla asfáltica realizados por el LanammeUCR.

Muestra	% Asfalto (PTM)	% Vacíos	VMA %	VFA %	Polvo/asfalto% (§)
2431-16	4,1	6,4	13,7	53,1	1,8
2433-16	4,5	5,6	13,4	58,4	2,0
2495-16	4,0	5,3	13,0	59,2	2,1
2529-16	4,2	6,3	14,0	55,1	1,8
2530-16	4,8	5,9	14,4	58,9	1,4
2531-16	4,7	7,1	14,7	52,2	1,9
2587-16	4,7	4,2	13,3	68,5	1,6
2588-16	4,1	6,8	14,0	51,1	1,6
Promedio	4,4	6,0	13,8	57,1	1,8
Desviación estándar	0,32	0,93	0,58	5,59	0,22
Límite Inferior Especificación	4,25(*)	3	13	65	0,6
Límite Superior Especificación	5,25(*)	5	-	75	1,3

(*) Fórmula de trabajo O-10-81-2016

(§) Disposición Vial AM-01-2001 apartado 401.06 requisitos mezcla asfáltica. Sin embargo se acepta hasta 1,6 por recomendación del LanammeUCR.

Fuente: LanammeUCR, 2016.

En la Tabla 17 se presentan los resultados del análisis granulométrico para las muestras analizadas y en la Figura 18 se muestra gráficamente el comportamiento de las curvas granulométricas de cada una de las muestras ensayadas. Se observa que la mayoría de los resultados cumple satisfactoriamente los requisitos granulométricos especificados. En tanto la fracción fina muestra que los porcentajes pasando se ubican cercanos al límite fino de la especificación, en particular la malla 200 lo que en conjunto con el contenido de asfalto produce que la relación polvo-asfalto sea en promedio de 1,8%.

También se presentan las tablas 15, 16, 17, 18 y 19 y en las figuras 16, 17, 19 y 20 los datos de la Supervisora, laboratorio Vieto & Asociados y del laboratorio de Control de Calidad, OJM, resumiendo los resultados de los parámetros Marshall y la granulometría de las

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 35 de 51
--	------------------------------	-----------------



muestras, esta información fue entregada a la Auditoría Técnica en el oficio UBCK-251-2017 entregado el 22 de marzo del 2017.

Tabla 15. Resumen de resultados ensayos Marshall para la mezcla asfáltica realizados por el Vieto & Asociados S.A.

Muestra	% Asfalto (PTM)	GEMT	% Vacíos	VMA %	VFA %
24-648,1-16	4,63	2,549	4,1	13	69
24-652,1-16	4,36	2,561	4,8	13	63
24-655,1-16	5,13	2,542	3,3	13	75
24-658,1-16	4,83	2,546	3,9	13	70
24-671,1-16	5,15	2,543	3,3	13	74
24-676,1-16	4,57	2,555	4,2	13	68
24-678,1-16	4,79	2,549	4,0	13	69
24-684,1-16	4,39	2,550	4,3	13	68
Promedio	4,7	2,5	4,0	13	70
Desv, estándar	0,30	0,01	0,5	0,19	3,78
Límite Inferior Especificación	4,25(*)	-	3	13	65
Límite Superior Especificación	5,25(*)	-	5	-	75

(*) Formula de trabajo O-10-81-2016

(§) Disposición Vial AM-01-2001 apartado 401.06 requisitos mezcla asfáltica. Sin embargo se acepta hasta 1,6 por recomendación del LanammeUCR.

Fuente: UBCK-251-2017, 2017.

Tabla 16. Resumen de resultados ensayos Marshall para la mezcla asfáltica realizados por el OJM.

Muestra	% Asfalto (PTM)	GEMT	% Vacíos	VMA %	VFA %	Gse
16-CH3-0780-2001	4,84	2,559	4,3	13,7	69,0	2,765
16-CH3-0781-2001	4,20	2,541	4,6	14,0	67,0	2,713
16-CH3-0785-2001	4,68	2,523	4,5	14,9	70,0	2,713
16-CH3-0790-2001	4,51	2,549	4,5	13,9	68,0	2,737
16-CH1-0057-2001	4,56	2,549	4,1	13,6	70,0	2,739
16-CH3-0811-2001	4,55	2,567	4,7	13,5	65,0	2,761
16-CH4-0518-2001	4,45	2,557	4,8	13,9	65,0	2,744
16-CH3-0813-2001	4,80	2,543	3,6	13,6	73,0	2,743
16-CH3-0817-2001	4,76	2,557	4,3	13,2	68,0	2,758
16-CH1-0059-2001	4,30	2,555	4,7	13,3	65,0	2,734
16-CH4-0530-2001	4,81	2,538	4,7	14,3	67,0	2,738
16-CH3-0833-2001	4,53	2,541	4,2	13,5	69,0	2,728
16-CH3-0837-2001	4,72	2,555	4,8	13,7	65,0	2,754
16-CH3-0846-2001	4,73	2,539	4,8	14,3	67,0	2,735
16-CH3-0869-2001	4,61	2,542	4,8	14,1	66,0	2,733
16-CH3-0872-2001	4,95	2,546	3,9	13,4	71,0	2,754
16-CH3-0876-2001	5,02	2,577	4,1	13,1	69,0	2,796
16-CH3-0887-2001	5,03	2,549	4,7	14,1	67,0	2,762
16-CH3-0889-2001	4,85	2,557	4,3	13,3	67,0	2,763
16-CH3-0890-2001	4,65	2,546	4,0	13,3	70,0	2,740
15-CH1-0004-2001	4,71	-	4,1	14,1	71,0	-
15-CH3-0095-2001	4,69	-	4,9	13,9	68,0	-
15-CH3-0096-2001	4,42	-	4,6	13,8	68,0	-

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 36 de 51
--	------------------------------	-----------------



Muestra	% Asfalto (PTM)	GEMT	% Vacíos	VMA %	VFA %	Gse
15-CH3-0097-2001	4,34	-	5,1	13,9	66,0	-
15-CH3-0100-2001	4,33	-	5,1	14,7	65,0	-
15-CH3-0108-2001	4,55	-	5,0	15,3	67,0	-
15-CH3-0110-2001	5,08	-	3,6	14,6	75,0	-
15-CH3-0111-2001	4,89	-	4,0	15,1	74,0	-
15-CH3-0117-2001	4,50	-	4,4	14,6	70,0	-
15-CH3-0133-2001	4,70	-	4,2	14,8	72,0	-
15-CH3-0136-2001	4,50	-	4,4	14,4	69,0	-
15-CH3-0467-2001	4,80	-	4,9	14,7	67,0	-
15-CH3-0470-2001	4,90	-	4,5	13,8	67,0	-
15-CH3-0474-2001	4,69	-	4,6	14,3	68,0	-
15-CH3-0488-2001	4,90	-	4,8	14,7	68,0	-
15-CH3-0489-2001	4,77	-	4,8	14,7	68,0	-
15-CH3-0494-2001	4,36	-	4,9	14,0	65,0	-
15-CH3-0495-2001	4,82	-	4,8	14,6	67,0	-
15-CH3-0496-2001	4,88	-	5,0	14,5	65,0	-
15-CH3-0498-2001	4,75	-	4,2	13,9	69,0	-
15-CH3-0499-2001	4,88	-	4,6	14,5	69,0	-
15-CH3-0500-2001	4,60	-	4,9	13,8	65,0	-
15-CH3-0502-2001	4,82	-	4,8	14,8	67,0	-
15-CH3-0505-2001	4,76	-	4,5	14,0	68,0	-
15-CH3-0506-2001	4,54	-	4,9	14,0	65,0	-
15-CH3-0515-2001	4,53	-	4,7	13,7	66,0	-
15-CH3-0520-2001	4,47	-	4,7	13,9	66,0	-
15-CH3-0524-2001	4,69	-	4,7	14,5	68,0	-
15-CH3-0536-2001	4,56	-	4,9	14,4	66,0	-
15-CH3-0541-2001	5,17	-	3,9	14,1	72,0	-
15-CH3-0552-2001	4,79	-	3,6	13,0	72,0	-
15-CH3-0553-2001	5,11	-	3,2	13,3	76,0	-
15-CH3-0554-2001	4,81	-	5,0	14,4	66,0	-
15-CH3-0556-2001	4,52	-	3,6	13,0	72,0	-
15-CH3-0557-2001	5,08	-	3,8	13,7	72,0	-
15-CH3-0558-2001	4,91	-	3,6	13,6	73,0	-
15-CH3-0559-2001	4,71	-	3,7	13,5	73,0	-
15-CH3-0561-2001	4,83	-	3,0	12,3	76,0	-
15-CH3-0567-2001	4,92	-	3,2	13,0	76,0	-
15-CH3-0568-2001	4,92	-	3,3	12,9	74,0	-
15-CH3-0570-2001	4,51	-	4,5	13,8	68,0	-
15-CH3-0572-2001	4,58	-	3,6	13,1	72,0	-
15-CH3-0573-2001	4,81	-	4,4	14,0	69,0	-
15-CH3-0576-2001	4,59	-	3,7	13,3	72,0	-
15-CH3-0579-2001	4,47	-	3,8	13,0	70,0	-
15-CH3-0580-2001	4,74	-	3,5	13,2	73,0	-
15-CH3-0581-2001	4,59	-	3,6	12,9	72,0	-
15-CH3-0591-2001	4,41	-	4,8	13,6	64,0	-
15-CH3-0593-2001	4,48	-	4,8	14,1	66,0	-
15-CH3-0596-2001	4,42	-	4,7	14,2	67,0	-
15-CH3-0599-2001	4,41	-	4,4	14,2	69,0	-
15-CH3-0602-2001	4,29	-	4,9	13,6	64,0	-
15-CH3-0603-2001	4,68	-	3,4	12,9	73,0	-
15-CH3-0610-2001	4,36	-	3,6	12,4	71,0	-
15-CH3-0626-2001	4,22	-	4,8	14,4	66,0	-
15-CH3-0644-2001	4,47	-	4,7	13,5	65,0	-
15-CH3-0646-2001	4,64	-	4,8	14,3	67,0	-
15-CH3-0660-2001	4,54	-	4,6	13,5	66,0	-
15-CH3-0691-2001	4,91	-	3,5	13,8	75,0	-
15-CH3-0694-2001	4,34	-	4,7	13,3	65,0	-
15-CH3-0696-2001	4,87	-	4,7	13,9	66,0	-
15-CH3-0714-2001	4,30	-	4,7	13,7	66,0	-
15-CH3-0715-2001	5,18	-	3,3	13,0	74,0	-

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 37 de 51
--	------------------------------	-----------------



Muestra	% Asfalto (PTM)	GEMT	% Vacíos	VMA %	VFA %	Gse
15-CH3-0720-2001	4,94	-	3,6	13,4	73,0	-
15-CH3-0759-2001	4,89	-	3,3	12,9	74,0	-
15-CH3-0761-2001	4,72	-	4,7	14,3	67,0	-
15-CH3-0762-2001	4,94	-	3,7	13,0	72,0	-
16-CH3-035-2001	4,81	2,547	3,6	13,0	72,0	2,749
16-CH3-042-2001	4,89	2,546	3,4	13,0	74,0	2,751
16-CH3-043-2001	5,01	2,554	4,2	13,5	69,0	2,767
16-CH3-046-2001	5,14	2,534	3,6	13,7	74,0	2,748
16-CH3-047-2001	5,09	2,547	4,6	14,1	67,0	2,762
16-CH1-005-2001	4,87	2,543	4,8	14,2	66,0	2,747
16-CH1-0015-2001	4,70	2,550	4,9	14,0	65,0	2,747
16-CH3-0087-2001	5,19	2,545	4,7	14,4	67,0	2,764
16-CH3-0093-2001	4,24	2,536	4,8	13,9	66,0	2,709
16-CH3-0100-2001	4,58	2,535	4,9	14,4	66,0	2,723
16-CH3-0160-2001	4,48	2,562	4,5	13,1	65,0	2,751
16-CH3-0169-2001	4,84	2,548	3,2	12,6	74,0	2,751
16-CH3-0173-2001	4,54	2,556	4,1	13,0	67,0	2,747
16-CH3-0183-2001	4,89	2,549	3,8	13,2	71,0	2,755
16-CH3-0204-2001	4,56	2,568	4,9	13,3	63,0	2,762
16-CH3-0227-2001	4,86	2,556	4,0	13,1	69,0	2,762
16-CH3-0228-2001	4,69	2,562	4,5	13,2	66,0	2,761
16-CH3-0250-2001	4,62	2,535	4,8	14,4	67,0	2,725
16-CH3-0252-2001	4,39	2,541	4,7	14,2	67,0	2,722
16-CH3-0260-2001	4,87	2,570	3,9	13,0	70,0	2,780
16-CH3-0262-2001	4,85	2,550	3,5	13,3	74,0	2,754
16-CH3-0270-2001	4,85	2,561	4,5	13,9	67,0	2,768
16-CH3-0293-2001	5,04	2,550	4,3	14,4	70,0	2,763
16-CH3-0295-2001	4,65	2,550	4,8	14,5	67,0	2,745
16-CH3-0314-2001	5,00	2,548	4,8	14,9	68,0	2,759
16-CH3-0366-2001	5,14	2,542	3,8	14,3	74,0	2,758
16-CH3-0027-2001	4,77	2,530	4,4	14,9	70,0	2,726
16-CH3-0391-2001	4,58	2,555	4,9	14,4	66,0	2,747
16-CH3-0394-2001	4,97	2,558	4,3	14,1	70,0	2,770
16-CH3-0398-2001	4,46	2,542	4,8	14,6	67,0	2,726
16-CH3-0400-2001	4,76	2,559	4,7	14,2	67,0	2,761
16-CH3-0401-2001	4,30	2,554	4,3	13,8	69,0	2,733
16-CH3-0030-2001	4,51	2,551	4,9	14,5	66,0	2,739
16-CH3-0407-2001	4,92	2,554	4,3	14,1	70,0	2,762
16-CH3-0409-2001	4,52	2,543	4,8	14,4	67,0	2,730
16-CH3-0412-2001	4,45	2,565	3,9	12,8	69,0	2,753
16-CH3-0420-2001	4,49	2,539	4,6	14,3	68,0	2,724
16-CH3-0423-2001	5,17	2,557	5,0	14,7	66,0	2,778
16-CH3-0425-2001	4,52	2,569	4,7	13,5	65,0	2,762
16-CH3-0427-2001	4,73	2,555	4,6	14,1	67,0	2,755
16-CH3-0434-2001	4,85	2,555	4,8	14,3	66,0	2,760
16-CH3-0519-2001	4,70	2,553	4,6	14,1	67,0	2,751
16-CH3-0522-2001	4,85	2,551	4,3	14,0	69,0	2,755
16-CH3-0526-2001	4,44	2,545	4,8	14,3	66,0	2,729
16-CH3-0537-2001	4,86	2,556	4,0	13,5	71,0	2,762
16-CH3-0539-2001	4,70	2,547	4,6	14,3	68,0	2,743
16-CH3-0544-2001	4,80	2,562	4,9	14,1	65,0	2,766
16-CH3-0681-2001	-	2,553	-	-	-	-
16-CH3-0683-2001	-	2,553	-	-	-	-
16-CH3-0692-2001	-	2,539	-	-	-	-
16-CH3-0735-2001	-	2,559	-	-	-	-
16-CH3-0741-2001	-	2,555	-	-	-	-
16-CH3-0775-2001	-	2,550	-	-	-	-
16-CH3-0817-2001	4,76	2,557	4,3	13,2	68,0	2,758
16-CH3-0059-2001	4,30	2,555	4,7	13,3	65,0	2,734
16-CH3-0530-2001	4,81	2,538	4,7	14,3	67,0	2,738

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 38 de 51
--	------------------------------	-----------------



Muestra	% Asfalto (PTM)	GEMT	% Vacíos	VMA %	VFA %	Gse
16-CH3-0833-2001	4,53	2,541	4,2	13,5	69,0	2,728
16-CH3-0837-2001	4,72	2,555	4,8	13,7	65,0	2,754
16-CH3-0846-2001	4,73	2,539	4,8	14,3	67,0	2,735
16-CH3-0869-2001	4,61	2,542	4,8	14,1	66,0	2,733
16-CH3-0872-2001	4,95	2,546	3,9	13,4	71,0	2,754
16-CH3-0876-2001	5,02	2,577	4,1	13,1	69,0	2,796
16-CH3-0887-2001	5,03	2,549	4,7	14,1	67,0	2,762
16-CH3-0889-2001	4,85	2,557	4,3	13,3	67,0	2,763
16-CH3-0890-2001	4,65	2,546	4,0	13,3	70,0	2,740
16-CH3-0938-2001	4,87	2,543	4,5	14,0	68,0	2,747
16-CH3-0940-2001	5,02	2,560	4,5	13,6	67,0	2,775
16-CH3-0947-2001	4,39	2,542	4,5	13,6	67,0	2,723
16-CH3-0948-2001	4,84	2,546	3,5	13,0	73,0	2,749
16-CH3-0952-2001	5,07	2,556	3,8	13,1	71,0	2,772
16-CH3-0954-2001	4,62	2,539	3,7	13,2	72,0	2,730
16-CH3-0956-2001	4,37	2,558	4,6	13,2	65,0	2,741
16-CH3-0958-2001	4,39	2,564	4,6	12,9	65,0	2,749
16-CH3-0961-2001	4,51	2,560	4,8	13,3	66,0	2,750
16-CH3-0962-2001	4,54	2,551	4,9	13,6	65,0	2,741
16-CH3-0965-2001	4,70	2,551	4,2	13,2	70,0	2,748
Promedio	4,70	2,551	4,4	13,8	68,5	2,749
Desv. estándar	0,23	0,01	0,51	0,60	3,00	0,02
Límite Inferior Especificación	4,25(*)	-	3	13	65	-
Límite Superior Especificación	5,25(*)	-	5	-	75	-

(*) Fórmula de trabajo O-10-81-2016

(§) Disposición Vial AM-01-2001 apartado 401.06 requisitos mezcla asfáltica. Sin embargo se acepta hasta 1,6 por recomendación del LanammeUCR.

Fuente: UBCK-251-2017, 2017.

Tabla 17 Resumen de resultados de granulometría de la mezcla asfáltica realizados por el LanammeUCR.

Muestra	Mallas								
	19,0 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,75 mm	2,36 mm	1,18 mm	600 µm	300 µm	75 µm
	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16	N°30	N°50	N°200
2431-16	100	86,2	65,8	35,0	24,9	18,4	14,1	10,6	5,7
2433-16	100	89,1	72,5	42,7	30,3	22,0	16,6	12,4	6,8
2495-16	100	86,1	68,4	39,3	28,1	21,3	16,5	12,7	6,8
2529-16	100	85,3	64,9	37,9	27,4	20,1	15,2	11,4	6,2
2530-16	100	78,1	57,7	33,3	23,5	17,2	13,1	9,9	5,2
2531-16	100	87,8	70,9	42,3	28,8	20,5	15,6	11,9	6,3
2587-16	99,7	81,8	63,8	40,0	28,4	20,3	15,5	11,7	6,4
2588-16	100	75,4	53,9	31,6	22,5	16,5	12,5	9,5	5,0
Límite Inferior Especificación	90	68	56	35	23	14	9	6	2
Límite Superior Especificación	100	90	80	57	35	22	17	14	8

Fuente: LanammeUCR, 2016.

Tabla 18 Resumen de resultados de granulometría de la mezcla asfáltica realizados por el Vieto & Asociados S.A.

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 39 de 51
--	------------------------------	-----------------



Muestra	Mallas									
	25,4 mm	19,1 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,75 mm	2,36 mm	1,18 mm	600 μm	300 μm	75 μm
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16	N°30	N°50	N°200
24-648,1-16	100	100	89	71	40	29	22	16	12	6,2
24-652,1-16	100	100	85	68	38	26	19	14	10	5,2
24-655,1-16	100	100	90	72	40	30	21	16	12	6,3
24-658,1-16	100	100	89	73	44	31	22	17	12	6,5
24-671,1-16	100	100	89	74	45	32	23	17	12	6,4
24-676,1-16	100	100	86	70	42	30	22	17	12	6,7
24-678,1-16	100	100	85	69	42	30	22	16	12	6,3
24-684,1-16	100	100	77	60	35	25	19	14	10	5,5
Límite Inferior Especificación	100	90	68	56	35	23	14	9	6	2
Límite Superior Especificación	100	100	90	80	57	35	22	17	14	8

Fuente: UBCK-251-2017, 2017.

Tabla 19 Resumen de resultados de granulometría de la mezcla asfáltica realizados por el OJM.

Muestra	Mallas									
	25,4 mm	19,1 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,75 mm	2,36 mm	1,18 mm	600 μm	300 μm	75 μm
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16	N°30	N°50	N°200
16-CH3-0780-2001	100	100	87	73	44	31	22	17	12	6,6
16-CH3-0781-2001	100	100	88	70	40	28	20	14	9	5,7
16-CH3-0785-2001	100	100	89	72	42	30	22	16	12	6,1
16-CH3-0790-2001	100	100	86	70	42	30	21	16	11	6,0
16-CH1-0057-2001	100	100	87	70	41	30	22	16	12	5,9
16-CH3-0811-2001	100	100	87	70	40	28	21	16	12	5,9
16-CH4-0518-2001	100	100	86	69	39	28	20	15	11	5,5
16-CH3-0813-2001	100	100	87	72	42	31	22	16	12	6,0
16-CH3-0817-2001	100	100	81	66	40	28	21	16	12	6,3
16-CH1-0059-2001	100	100	79	59	35	26	20	13	10	5,1
16-CH4-0530-2001	100	100	80	64	37	26	19	14	10	5,6
16-CH3-0833-2001	100	100	77	57	35	26	20	15	11	5,8
16-CH3-0837-2001	100	100	78	60	36	26	19	14	11	5,6
16-CH3-0846-2001	100	100	74	57	36	26	19	14	10	5,7
16-CH3-0869-2001	100	100	78	60	37	26	19	14	11	5,7
16-CH3-0872-2001	100	100	80	63	38	27	20	14	11	5,6
16-CH3-0876-2001	100	100	80	62	41	30	22	16	12	6,1
16-CH3-0887-2001	100	100	83	64	39	28	19	14	10	5,4
16-CH3-0889-2001	100	100	81	65	40	28	21	16	12	6,5
16-CH3-0890-2001	100	100	82	64	38	27	19	15	11	5,5
15-CH1-0004-2001	100	100	81	60	35	27	18	14	11	5,6
15-CH3-0095-2001	100	100	84	63	41	29	22	17	12	6,6
15-CH3-0096-2001	100	100	83	66	41	30	22	16	13	6,9
15-CH3-0097-2001	100	100	77	56	31	23	17	14	10	5,8
15-CH3-0100-2001	100	100	80	58	32	23	18	15	10	5,6
15-CH3-0108-2001	100	100	78	57	35	26	20	15	11	5,8
15-CH3-0110-2001	100	100	82	64	37	27	20	15	12	6,2
15-CH3-0111-2001	100	99	81	64	39	28	20	15	12	6,3
15-CH3-0117-2001	100	100	81	61	35	25	19	14	11	5,8
15-CH3-0133-2001	100	100	79	62	36	26	19	15	11	6,3
15-CH3-0136-2001	100	100	76	59	36	26	20	15	12	6,3
15-CH3-0467-2001	100	100	80	63	43	29	22	16	12	7,0
15-CH3-0470-2001	100	100	84	62	36	30	22	16	13	6,9

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 40 de 51
--	------------------------------	-----------------



Muestra	Mallas									
	25,4 mm	19,1 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,75 mm	2,36 mm	1,18 mm	600 µm	300 µm	75 µm
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16	N°30	N°50	N°200
15-CH3-0474-2001	100	100	81	59	35	25	19	14	11	6,1
15-CH3-0488-2001	100	100	80	62	42	26	21	16	12	6,8
15-CH3-0489-2001	100	100	77	59	37	26	20	15	12	6,5
15-CH3-0494-2001	100	100	83	64	36	25	19	15	11	6,3
15-CH3-0495-2001	100	100	79	59	38	28	21	16	12	6,9
15-CH3-0496-2001	100	100	76	57	37	29	21	16	12	6,6
15-CH3-0498-2001	100	100	80	61	37	26	20	15	11	6,6
15-CH3-0499-2001	100	100	86	65	36	26	19	15	11	6,1
15-CH3-0500-2001	100	100	80	59	37	26	20	15	11	6,4
15-CH3-0502-2001	100	100	82	57	37	28	17	13	10	5,5
15-CH3-0505-2001	100	100	84	65	40	28	20	15	12	6,5
15-CH3-0506-2001	100	100	82	61	36	26	19	14	11	6,2
15-CH3-0515-2001	100	100	77	58	36	27	18	13	10	5,2
15-CH3-0520-2001	100	100	79	58	35	25	19	15	11	6,1
15-CH3-0524-2001	100	100	83	62	35	25	18	14	11	6,0
15-CH3-0536-2001	100	100	77	56	36	27	21	14	11	6,0
15-CH3-0541-2001	100	100	81	66	40	27	19	14	10	6,2
15-CH3-0552-2001	100	100	74	60	37	27	20	15	12	6,3
15-CH3-0553-2001	100	100	81	65	43	30	22	17	13	6,6
15-CH3-0554-2001	100	100	76	58	36	26	20	15	11	6,5
15-CH3-0556-2001	100	100	74	59	36	26	19	15	11	6,0
15-CH3-0557-2001	100	100	77	63	40	29	21	16	12	6,7
15-CH3-0558-2001	100	100	81	63	39	28	21	16	12	7,0
15-CH3-0559-2001	100	100	80	66	41	29	22	16	12	7,3
15-CH3-0561-2001	100	100	79	66	43	31	22	17	12	6,7
15-CH3-0567-2001	100	100	81	66	42	27	21	16	11	6,4
15-CH3-0568-2001	100	100	80	66	42	30	22	16	12	7,3
15-CH3-0570-2001	100	100	79	62	36	27	20	15	12	7,0
15-CH3-0572-2001	100	100	75	62	37	27	20	15	12	6,5
15-CH3-0573-2001	100	100	82	66	36	28	22	17	13	7,0
15-CH3-0576-2001	100	100	77	61	37	27	20	16	12	6,8
15-CH3-0579-2001	100	100	78	65	39	29	22	16	12	6,7
15-CH3-0580-2001	100	100	84	65	40	29	22	16	13	6,9
15-CH3-0581-2001	100	100	79	65	39	28	21	16	12	6,9
15-CH3-0591-2001	100	100	78	63	35	25	19	15	11	6,1
15-CH3-0593-2001	100	100	77	61	35	25	19	14	11	6,1
15-CH3-0596-2001	100	100	76	64	37	26	20	15	12	7,6
15-CH3-0599-2001	100	100	78	62	35	25	19	14	11	6,0
15-CH3-0602-2001	100	100	74	58	35	25	19	14	11	5,7
15-CH3-0603-2001	100	100	81	66	41	29	21	16	12	6,5
15-CH3-0610-2001	100	100	77	64	40	27	20	15	11	6,0
15-CH3-0626-2001	100	100	84	63	35	25	17	13	10	5,7
15-CH3-0644-2001	100	100	78	59	35	27	20	14	11	5,8
15-CH3-0646-2001	100	100	83	65	39	28	20	15	12	6,6
15-CH3-0660-2001	100	100	79	59	37	27	20	15	11	6,3
15-CH3-0691-2001	100	100	80	62	38	26	20	15	12	6,6
15-CH3-0694-2001	100	100	83	60	40	27	17	13	10	5,8
15-CH3-0696-2001	100	100	81	61	36	25	19	14	11	6,2
15-CH3-0714-2001	100	100	75	56	35	27	21	13	10	5,7
15-CH3-0715-2001	100	100	82	66	41	28	20	15	11	5,5
15-CH3-0720-2001	100	100	81	64	39	27	20	15	12	6,7
15-CH3-0759-2001	100	100	82	65	39	28	21	16	12	6,6
15-CH3-0761-2001	100	100	82	61	35	24	18	14	11	5,9
15-CH3-0762-2001	100	100	81	64	39	27	20	15	11	6,1
16-CH3-035-2001	100	100	78	63	37	26	19	15	11	6,0
16-CH3-042-2001	100	100	77	58	35	26	19	15	11	5,8
16-CH3-043-2001	100	100	84	64	39	27	20	15	12	6,6
16-CH3-046-2001	100	100	84	64	40	29	21	15	11	6,0
16-CH3-047-2001	100	100	81	64	39	28	20	15	11	6,1
16-CH1-005-2001	100	100	82	66	40	28	20	15	11	5,9
16-CH1-0015-2001	100	100	75	58	36	26	19	14	10	5,6
16-CH3-0087-2001	100	100	80	65	41	28	19	14	10	6,1



Muestra	Mallas									
	25,4 mm	19,1 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,75 mm	2,36 mm	1,18 mm	600 µm	300 µm	75 µm
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16	N°30	N°50	N°200
16-CH3-0093-2001	100	100	79	57	36	27	20	13	10	5,6
16-CH3-0100-2001	100	100	79	61	36	25	18	13	10	6,8
16-CH3-0160-2001	100	100	79	57	35	27	20	15	12	7,2
16-CH3-0169-2001	100	100	83	64	42	30	21	15	12	6,0
16-CH3-0173-2001	100	100	78	57	36	27	21	15	11	5,8
16-CH3-0183-2001	100	100	78	59	35	25	18	14	11	5,9
16-CH3-0204-2001	100	100	77	57	34	25	18	14	11	6,3
16-CH3-0227-2001	100	100	80	62	38	26	19	14	10	6,5
16-CH3-0228-2001	100	100	81	59	36	25	19	14	11	5,8
16-CH3-0250-2001	100	100	82	62	35	25	18	13	9	5,8
16-CH3-0252-2001	100	100	78	63	40	27	18	14	11	5,9
16-CH3-0260-2001	100	100	79	58	36	26	19	14	10	6,5
16-CH3-0262-2001	100	100	81	64	39	27	20	15	11	7,1
16-CH3-0270-2001	100	100	80	61	35	25	19	14	11	7,3
16-CH3-0293-2001	100	100	84	65	39	27	19	14	10	6,9
16-CH3-0295-2001	100	100	79	58	37	26	20	13	10	5,7
16-CH3-0314-2001	100	100	81	63	37	26	19	14	11	5,7
16-CH3-0366-2001	100	100	83	64	41	28	20	14	11	6,0
16-CH3-0027-2001	100	100	82	61	37	24	18	13	10	5,5
16-CH3-0391-2001	100	100	80	58	36	27	20	14	10	5,7
16-CH3-0394-2001	100	100	81	64	39	28	21	16	12	6,2
16-CH3-0398-2001	100	100	83	62	37	26	20	15	11	6,3
16-CH3-0400-2001	100	100	83	65	42	29	21	16	13	6,9
16-CH3-0401-2001	100	100	81	66	39	28	20	15	11	5,9
16-CH3-0030-2001	100	100	82	64	37	26	19	15	11	6,2
16-CH3-0407-2001	100	100	82	65	39	27	21	15	12	6,2
16-CH3-0409-2001	100	100	81	60	35	25	18	14	11	5,9
16-CH3-0412-2001	100	100	84	65	38	27	20	16	12	6,6
16-CH3-0420-2001	100	100	77	57	35	27	20	14	10	5,6
16-CH3-0423-2001	100	100	80	66	42	28	20	15	11	6,1
16-CH3-0425-2001	100	100	84	66	39	27	20	15	12	6,1
16-CH3-0427-2001	100	100	83	65	39	26	18	13	9	6,2
16-CH3-0434-2001	100	100	82	65	36	24	16	11	7	5,4
16-CH3-0519-2001	100	100	80	62	37	26	19	14	10	5,4
16-CH3-0522-2001	100	100	83	64	39	28	20	15	11	6,0
16-CH3-0526-2001	100	100	79	60	35	25	19	14	11	5,6
16-CH3-0537-2001	100	100	82	65	40	28	20	15	11	6,1
16-CH3-0539-2001	100	100	81	63	37	26	20	15	11	6,0
16-CH3-0544-2001	100	100	84	65	40	28	20	15	11	6,1
16-CH3-0681-2001	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-
16-CH3-0683-2001	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-
16-CH3-0692-2001	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-
16-CH3-0735-2001	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-
16-CH3-0741-2001	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-
16-CH3-0775-2001	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-
16-CH3-0817-2001	100	100	81	66	40	28	21	16	12	6,3
16-CH3-0059-2001	100	100	79	59	35	26	20	13	10	5,1
16-CH3-0530-2001	100	100	80	64	37	26	19	14	10	5,6
16-CH3-0833-2001	100	100	77	57	35	26	20	15	11	5,8
16-CH3-0837-2001	100	100	78	60	36	26	19	14	11	5,6
16-CH3-0846-2001	100	100	74	57	36	26	19	14	10	5,7
16-CH3-0869-2001	100	100	78	60	37	26	19	14	11	5,7
16-CH3-0872-2001	100	100	80	63	38	27	20	14	11	5,6
16-CH3-0876-2001	100	100	80	62	41	30	22	16	12	6,1
16-CH3-0887-2001	100	100	83	64	39	28	19	14	10	5,4
16-CH3-0889-2001	100	100	81	65	40	28	21	16	12	6,5
16-CH3-0890-2001	100	100	82	64	38	27	19	15	11	5,5
16-CH3-0938-2001	100	100	79	62	40	28	20	15	11	5,9
16-CH3-0940-2001	100	100	76	57	38	28	20	13	10	4,7
16-CH3-0947-2001	100	100	75	57	37	25	17	13	10	5,2
16-CH3-0948-2001	100	100	77	63	40	28	20	15	11	6,5
16-CH3-0952-2001	100	100	76	61	41	29	21	16	12	5,9

Muestra	Mallas									
	25,4 mm	19,1 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,75 mm	2,36 mm	1,18 mm	600 µm	300 µm	75 µm
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16	N°30	N°50	N°200
16-CH3-0954-2001	100	100	74	58	37	26	19	14	10	5,2
16-CH3-0956-2001	100	100	74	60	37	26	19	14	10	5,3
16-CH3-0958-2001	100	100	74	57	35	25	19	14	11	5,3
16-CH3-0961-2001	100	100	79	65	41	28	20	15	11	5,4
16-CH3-0962-2001	100	100	76	60	37	26	19	14	11	5,5
16-CH3-0965-2001	100	100	80	65	40	28	20	15	11	5,8
Límite Inferior Especificación	100	90	68	56	35	23	14	9	6	2
Límite Superior Especificación	100	100	90	80	57	35	22	17	14	8

Fuente: UBCK-251-2017, 2017.

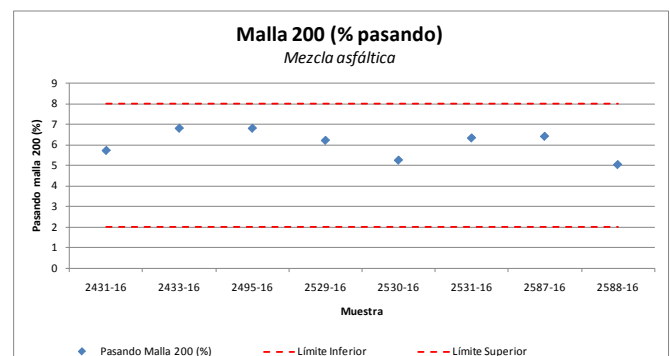
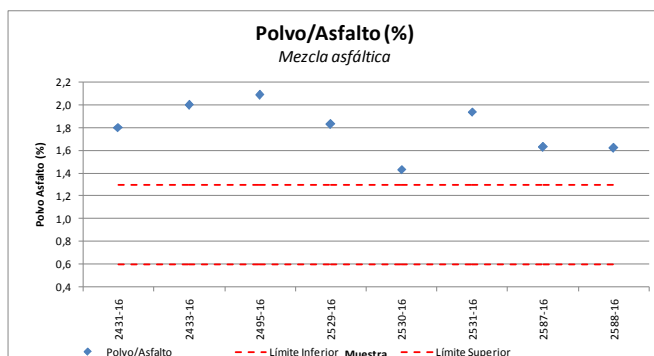
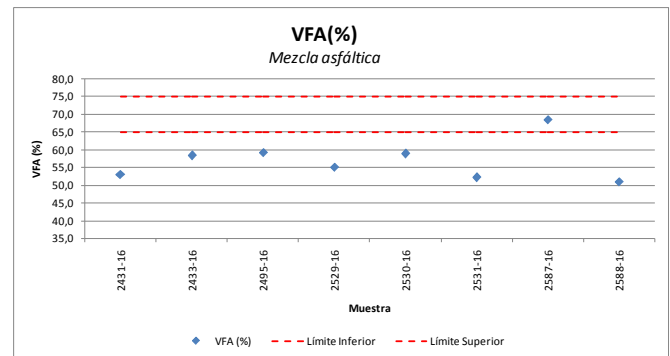
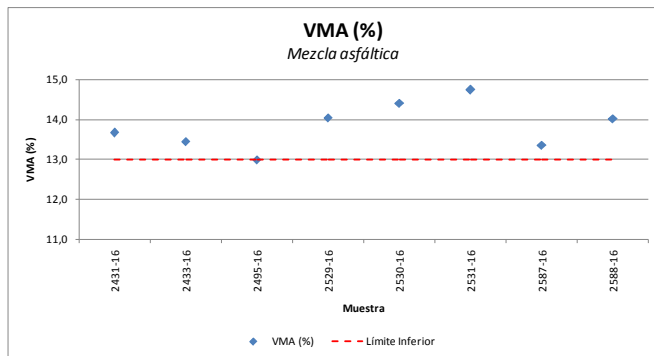
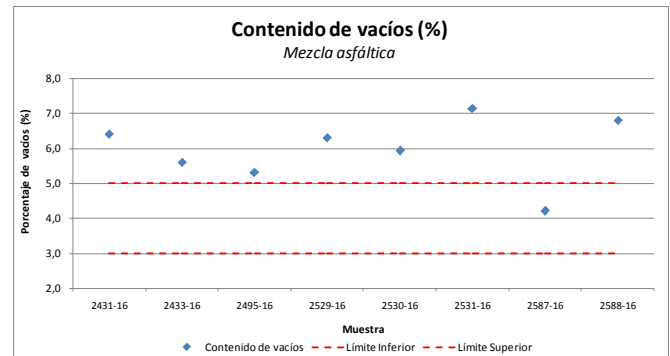
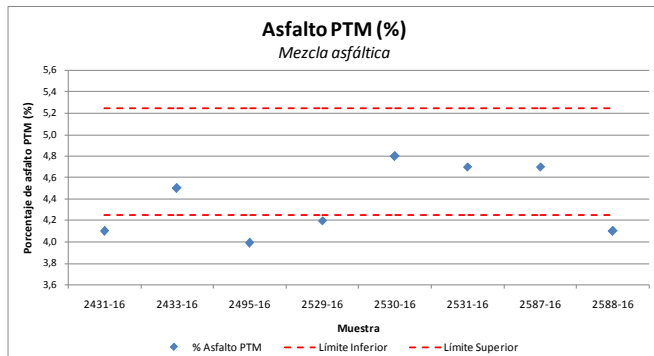


Figura 15. Comparación de parámetros para las muestras ensayadas.

Fuente: LanammeUCR, 2016.

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 43 de 51
--	------------------------------	-----------------

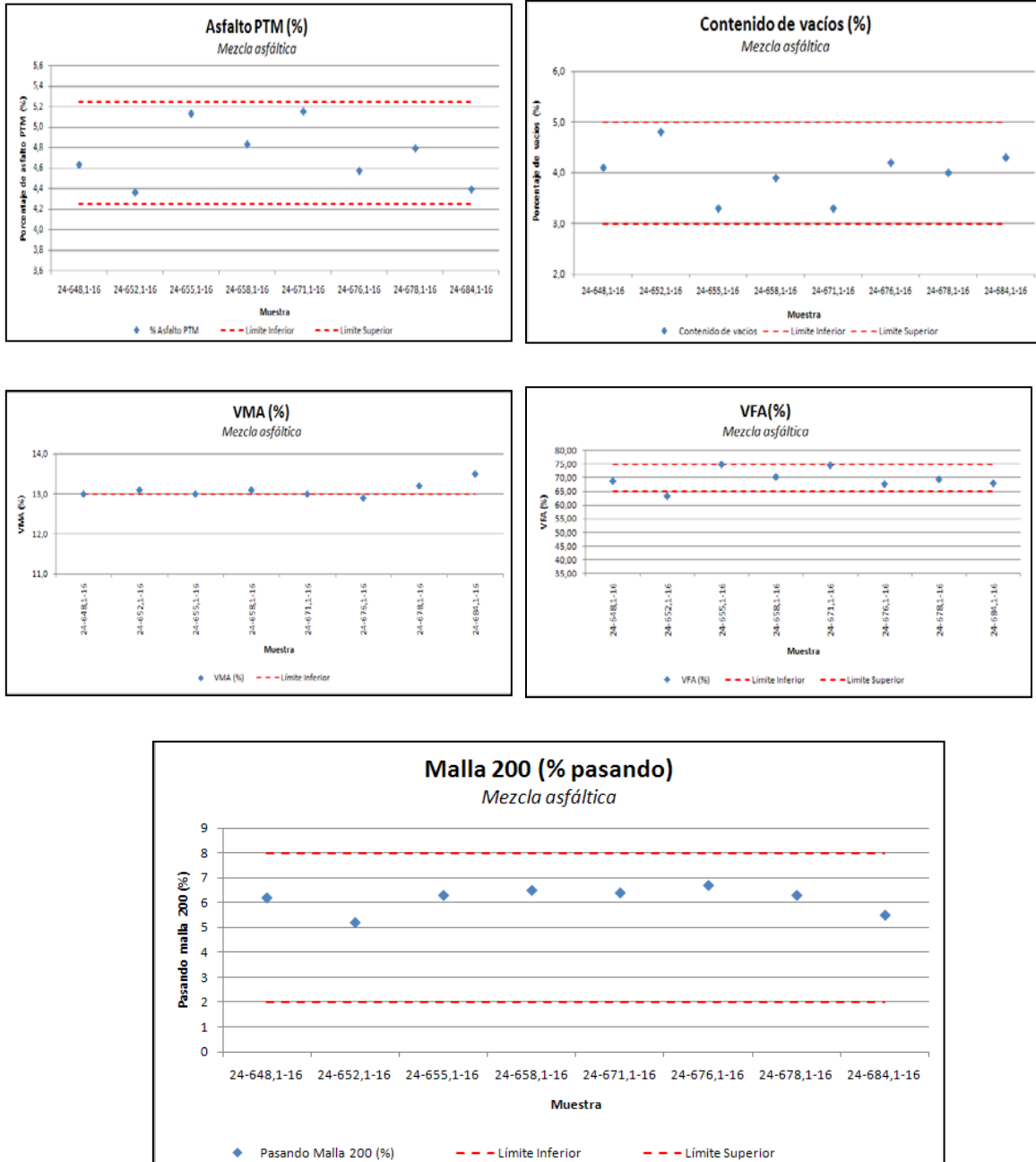


Figura 16. Comparación de parámetros para las muestras ensayadas, Vieto & Asociados.
Fuente: UBCK-251-2017, 2017.

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 44 de 51
--	------------------------------	-----------------

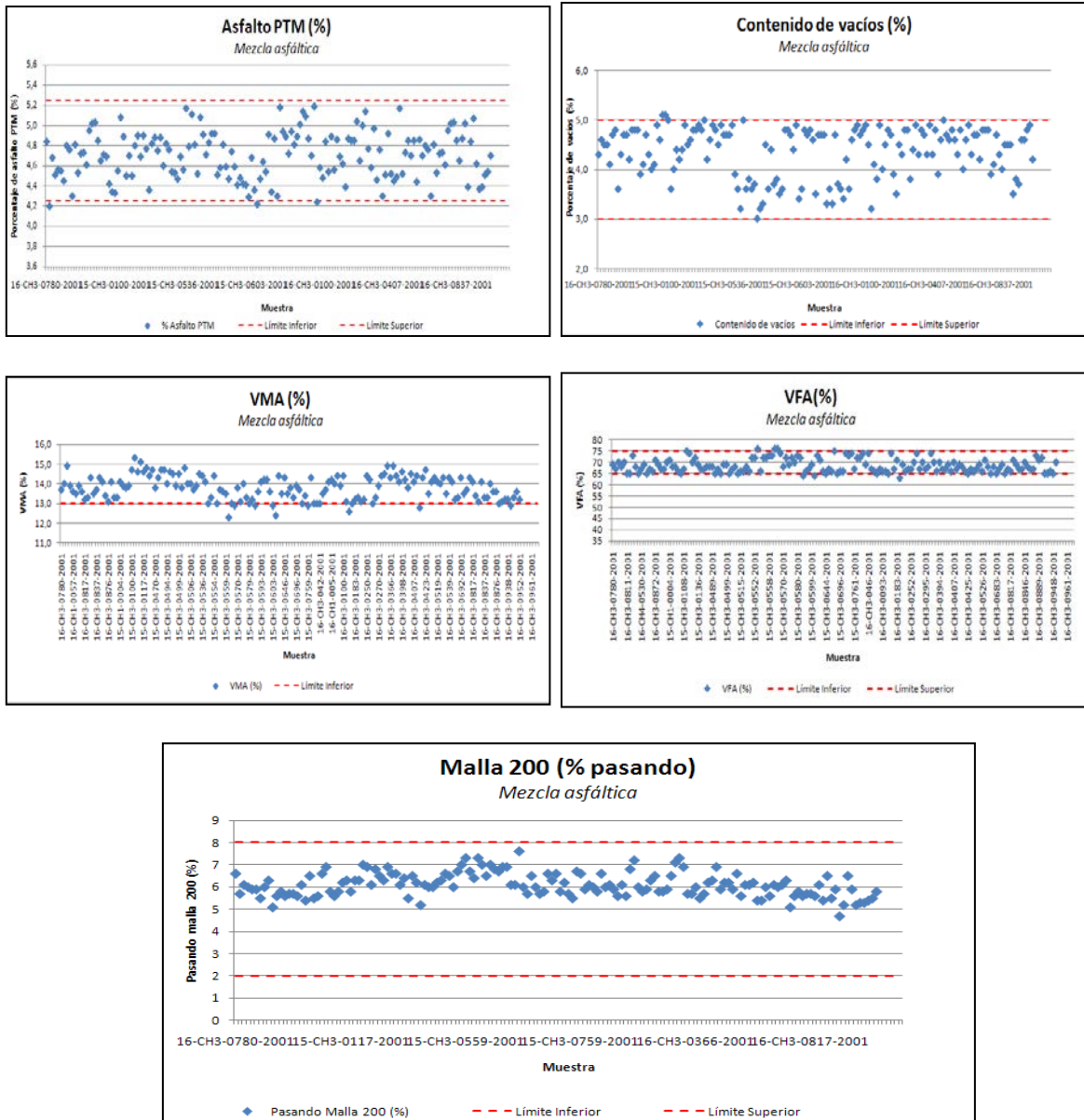


Figura 17. Comparación de parámetros para las muestras ensayadas, Laboratorio OJM.
Fuente: UBCK-251-2017, 2017.

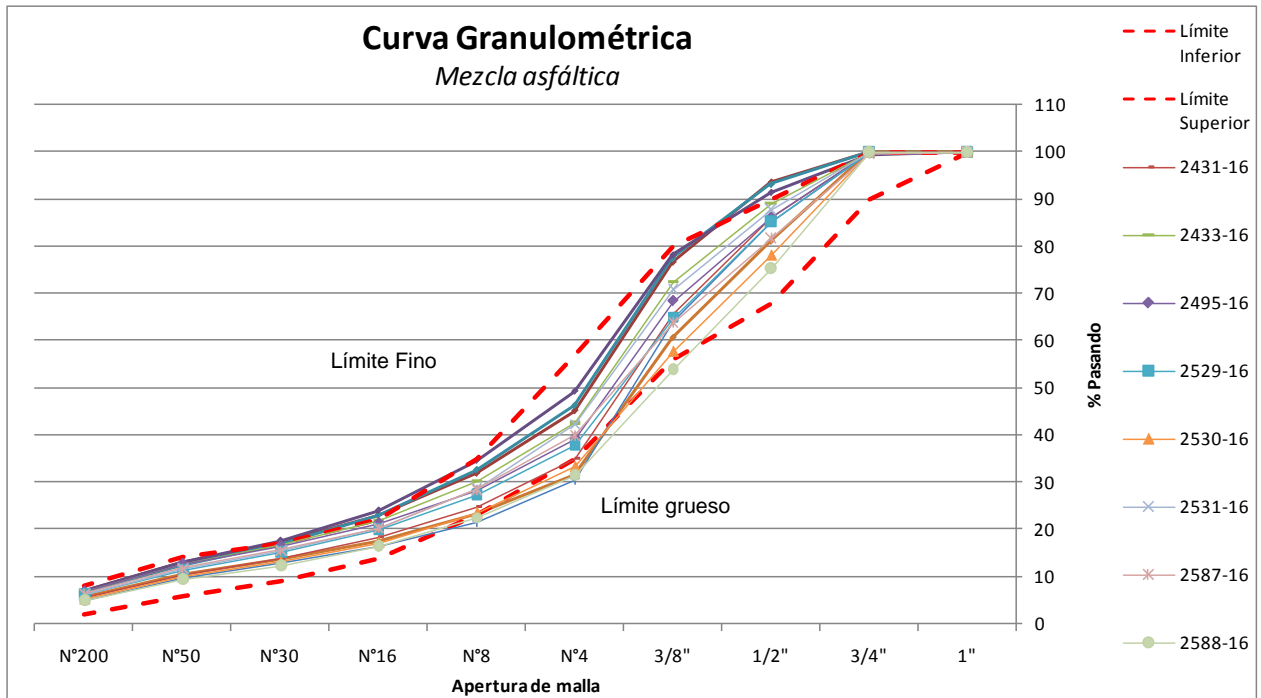


Figura 18. Curva granulométrica para cada muestra. Fuente: LanammeUCR, 2016.

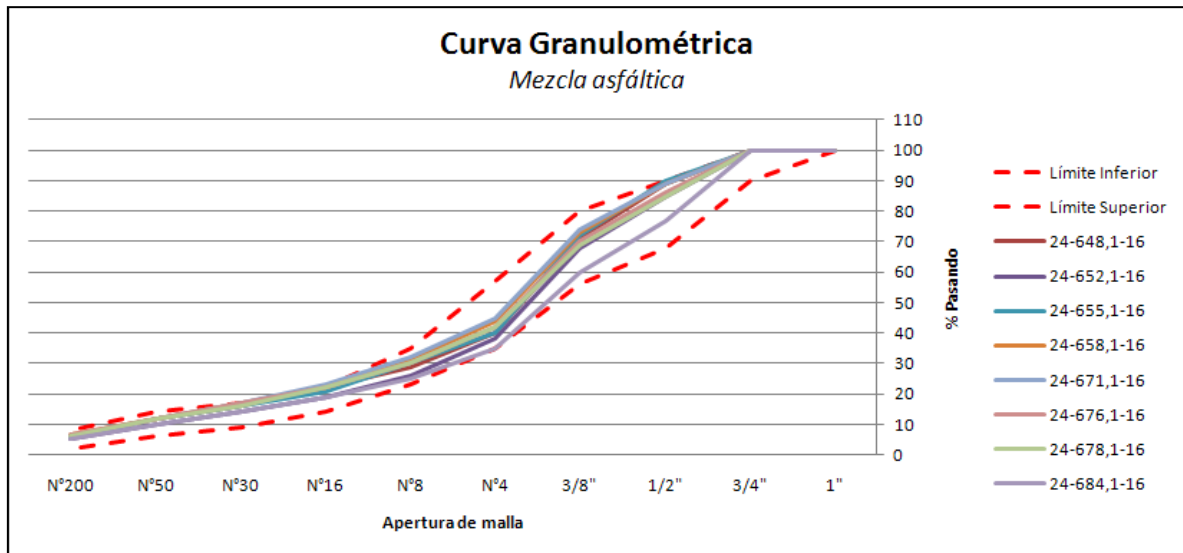


Figura 19. Curva granulométrica para cada muestra, muestras ensayados por Vieto & Asociados, 2016.

Fuente: UBCK-251-2017, 2017.

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 46 de 51
--	------------------------------	-----------------

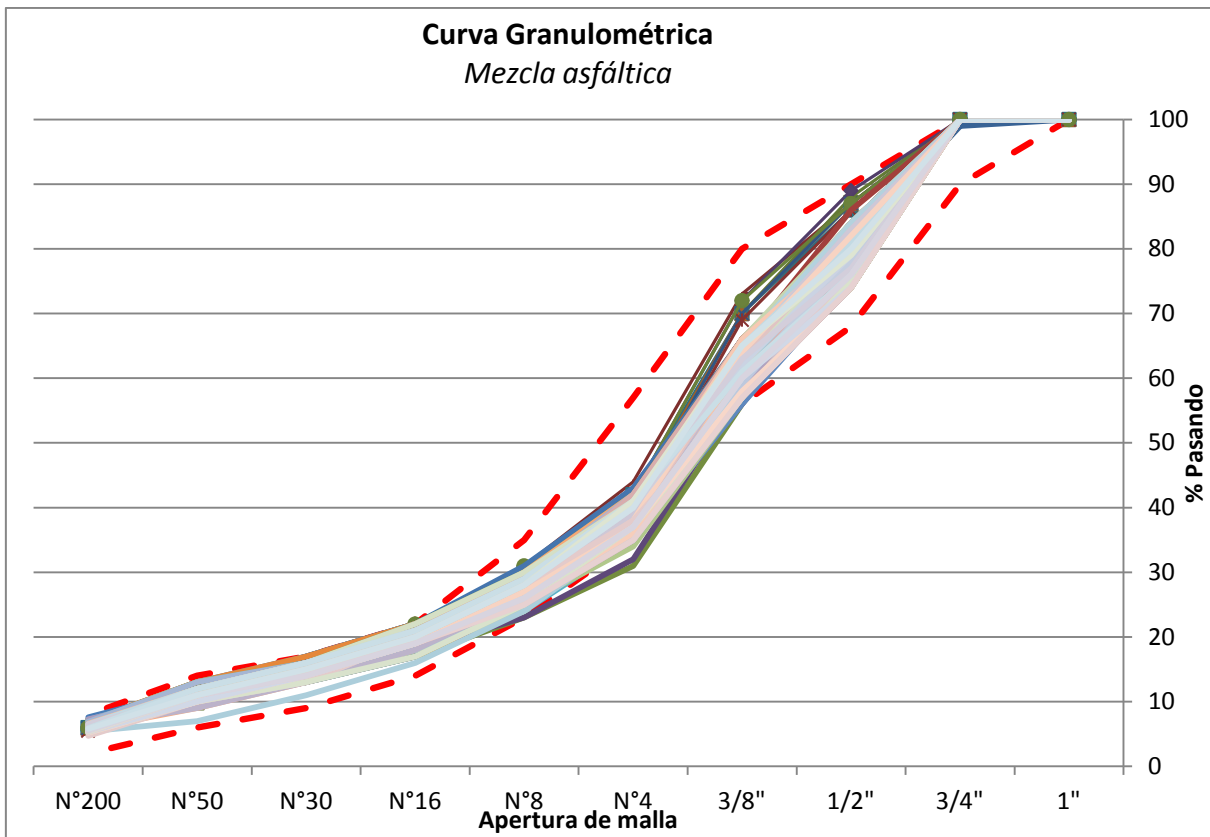


Figura 20. Comparación de parámetros para las muestras ensayadas muestras ensayados por OJM.

Fuente: UBCK-251-2017, 2017.

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 47 de 51
--	------------------------------	-----------------



12. CONCLUSIONES

Sobre la calidad del acero de refuerzo.

En el primer lote de varillas muestreadas se observó un incumplimiento de la norma ASTM en la altura mínima de corrugación, y en el segundo lote ensayado se puede observar un incumplimiento en el esfuerzo de fluencia y el esfuerzo máximo además de la altura de corrugación. Es importante señalar que si una varilla de refuerzo no tiene la altura de corrugación necesaria para anclarse de manera correcta al concreto, es probable que se presente un problema de adherencia entre el concreto y la varilla. Adicionalmente, sino se cumple con la especificación mínima del esfuerzo de fluencia, el elemento puede fallar si este alcanza el esfuerzo de fluencia, ya que no cumplen con las solicitaciones de carga que el diseñador asume durante el proceso de diseño, en el caso del esfuerzo máximo es de suma importancia cumplir con los requerimientos señalados en la norma, ya que esto define la ductilidad esperada del acero y con esto el tipo de falla que se pueda presentar del elemento (frágil)

Sobre la calidad del concreto clase B.

Las muestras de cilindros de concreto clase B analizadas para diferentes elementos en el proyecto presentan porcentajes dentro de los valores permitidos por la especificación (0,0%), de acuerdo al análisis realizado utilizando la sección 107.5 del CR-2010, tanto para los datos del LanammeUCR como para los datos del laboratorio de verificación y de control de calidad, lo que refleja un adecuado control del proceso de producción.

Sobre el Índice de Regularidad Internacional (IRI).

Los valores de IRI obtenidos en ambos sentidos de circulación presentan valores de media móvil por encima del promedio especificado de 1,5 m/km (entre 70-94%) y porcentajes bajos en el caso de valores individuales en comparación con la normativa contractual que indica un límite de 2,0m/k (entre 9 y 13%).

Al comparar los resultados del informe I-0902-16 con los del informe I-0646-15 se puede observar una disminución en los porcentajes fuera de los límites especificados en los valores de la medición del año 2016, tanto para valores individuales como media móvil, lo que refleja el cambio en el proceso constructivo de la colocación de la base asfáltica. Sin embargo, se se presenta un incumplimiento considerable en la especificación relativa a la media móvil.

Sobre los deterioros en el proyecto.

Existen deterioros en el proyecto a nivel de superficie de rueda tales como despredimientos. Esta condición puede darse ya sea por segregación de la mezcla asfáltica en su colocación, en la descarga en sitio o en la carga en la planta productora y su transporte.

La Unidad de Supervisión señala que los deterioros se deben a condiciones atípicas y no a desvíos en la uniformidad de los materiales utilizados o al proceso constructivo. Y manifiesta que en resumen, los problemas señalados en el oficio LM-AT-153-2016 por esta auditoría técnica, se encuentran dentro de los defectos identificados por la Unidad Supervisora, y deberán ser reparados por el Contratista antes de finalizar el proyecto.

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 48 de 51
--	------------------------------	-----------------



Sobre la mezcla asfáltica.

Las muestras del LanammeUCR reportan contenidos de asfalto por debajo del límite inferior establecido, así como valores fuera de los límites en el parámetro volumétrico de VFA. Lo que ocasiona altos resultados de vacíos obtenidos entre 5,3% a 7,1%. Por su parte, los resultados de los laboratorio del proyecto (control y verificación de calidad) evidencian que el contenido de asfalto y los parámetros volumétricos Marshall se mantienen con más frecuencia dentro de los límites especificados.

En cuanto al análisis granulométrico, se observa para todos los casos que la fracción fina muestra que los porcentajes pasando se ubican cercanos al límite fino de la especificación, en particular la malla 200.

13. RECOMENDACIONES

A continuación se listan las recomendaciones del informe para que sean consideradas por la Unidad Ejecutora, con el propósito de que se definan e implementen soluciones integrales a éste y futuros proyectos.

Se recomienda a la Unidad Ejecutora del proyecto velar por el cumplimiento de la especificación de IRI en el proyecto, de manera que el producto final esté acorde a la normativa establecida.

Se recomienda a la Dirección de Obras del MOPT incluir el control de calidad del acero de refuerzo en los carteles de licitación y específicamente en el caso de las corrugaciones, que tal y como se evidenció en este informe se presenta como una debilidad.

Sobre deterioros se recomienda a la Unidad Ejecutora del proyecto dar seguimiento a las reparaciones que debe hacer el contratista de manera que se garantice la calidad final del proyecto y su desempeño no se afecte.

Con respecto a la mezcla asfáltica de la carpeta se recomienda a la Unidad Ejecutora del proyecto velar por el cumplimiento de los parámetros volumétricos durante la producción y la aplicación de controles y análisis estadísticos.

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 49 de 51
--	------------------------------	-----------------



14. REFERENCIAS

- Arriola-Guzmán, R & Hidalgo-Arroyo, A. Unidad de Auditoría Técnica -PITRA, LanammeUCR. (2014). *LM-PI-AT-051-13: Evaluación De Los Estudios Preliminares Y Diseños Para El Proyecto De Construcción De La Ruta Nacional No.4 Sección: Bajos De Chilamate – Vuelta De Kooper*”. Licitación Pública Internacional N° 2011LI-000037-32702.
- Acosta-Hernández, E, Corrales, E. & Hidalgo-Arroyo, A. Unidad de Auditoría Técnica -PITRA, LanammeUCR. (2015). *LM-PI-AT-021-2015: Evaluación de los parámetros de desempeño (IRI, FWD y GRIP) de la Ruta Nacional No.4 Sección: Bajos de Chilamate – Vuelta De Kooper*”. Licitación Pública Internacional N° 2011LI-000037-32702. Parte 1 de 3.
- Cervantes-Calvo, V, Fonseca-Chaves, F. & Hidalgo-Arroyo, A. Unidad de Auditoría Técnica -PITRA, LanammeUCR. (2015). *LM-PI-AT-021-2015: Evaluación de los materiales de préstamo, base granular y la mezcla para base asfáltica y de la plante de producción de la constructora Sánchez Carvajal para la Ruta Nacional No.4 Sección: Bajos de Chilamate – Vuelta De Kooper*”. Licitación Pública Internacional N° 2011LI-000037-32702. Parte 2 de 3.
- Acosta-Hernández, E, Fonseca-Chaves, F. & Hidalgo-Arroyo, A. Unidad de Auditoría Técnica -PITRA, LanammeUCR. (2015). *LM-PI-AT-021-2015: Evaluación de las prácticas y procedimientos constructivos en la vía y Evaluación estructural de los puentes del proyecto de la Ruta Nacional No.4 Sección: Bajos de Chilamate – Vuelta De Kooper*”. Licitación Pública Internacional N° 2011LI-000037-32702. Parte 3 de 3.
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Dirección Nacional de Vialidad (2010). *Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes de Costa Rica CR-2010*.
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). (2002). *Disposiciones para la Construcción y Conservación Vial*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI).
- AASHTO. (1993). *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*. Washington, D.C.
- Arias Barrantes, E. (2014). *Recomendaciones técnicas para el diseño estructural de pavimentos flexibles con la incorporación de criterios Mecánico - Empíricos*. Publicación Especial, LanammeUCR, Unidad de Gestión Municipal, San Pedro, Montes de Oca.
- Barrantes Jiménez, R., & Sanabria Sandino, J. (2015). *Informe De Evaluación De La Red Vial Nacional Pavimentada De Costa Rica, Años 2014 -2015*. LanammeUCR, Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional, San Pedro de Montes de Oca.
- Dynatest. (2015, Agosto). *Evaluation of Layer Moduli and Overlay Desing*. 106. San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.
- National Cooperative Highway Research Program. (2004). *Guide for Mechanistic - Empirical Design Guide of New and Rehabilitated Pavement Structures*. National Research Council, Transportation Research Program, Illinois.
- Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA). (2008). *Informe UI-03-08, Determinación de un procedimiento de ensayo para el cálculo de IRI*. LANAMMEUCR, Unidad de Materiales y Pavimentos, San Pedro, Montes de Oca.
- Arriola-Guzmán, R & Hidalgo-Arroyo, A. Unidad de Auditoría Técnica -PITRA, LanammeUCR. (2012). *LM-PI-AT-042-12: Evaluación del desempeño de la condición superficial de proyectos de reconstrucción vial*.
- Arriola-Guzmán, R., Sequeira-Rojas, W. & Hidalgo-Arroyo, A. Unidad de Auditoría Técnica -PITRA, LanammeUCR. (2012). *LM-PI-AT-158-11: Evaluación del Desempeño Estructural del Proyecto: “Mejoramiento de la Ruta Nacional N° 613. Sección Sabalito-Las Mellizas”*. Licitación Pública No. 2008LN-000001-DI.
- Arriola-Guzmán, R. & Hidalgo-Arroyo, A. Unidad de Auditoría Técnica -PITRA, LanammeUCR. (2012). *LM-PI-AT-096-10: Evaluación e Regularidad Superficial (IRI) Proyecto: Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 34 Sección: Quepos- Barú Licitación Pública Internacional No 003-2007*.
- Arriola-Guzmán, R. & Hidalgo-Arroyo, A. Unidad de Auditoría Técnica -PITRA, LanammeUCR. (2012). *LM-PI-AT-159-10: Evaluación de Regularidad Superficial (IRI) Proyecto: “Mejoramiento de la Ruta Nacional N° 613. Sección Sabalito-Las Mellizas”*. Licitación Pública No. 2008LN-000001-

Informe versión final LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Abril 2017	Página 50 de 51
--	------------------------------	-----------------



EQUIPO AUDITOR

Preparado por:
Ing. Erick Acosta Hernandez
Auditor Técnico

Preparado por:
Ing. Victor Cervantes Calvo
Auditor Técnico

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

Aprobado por:
Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.
Coordinadora Unidad de
Auditoría Técnica PITRA

Aprobado por:
Ing. Guillermo Loría Salazar,
Ph.D.
Coordinador General PITRA

Visto Bueno de Legalidad:
Lic. Miguel Chacón Alvarado
Asesor Legal Externo
LanammeUCR