



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES



PROGRAMA DE
INFRAESTRUCTURA DEL
TRANSPORTE

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Proyecto: LM-PI-AT-059-12

EVALUACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA Y DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA DE LA CONSTRUCTORA HERNÁN SOLÍS EN ABANGARES.

PROYECTO: Conservación de la Red Nacional Pavimentada.

Licitación Pública No. 2009LN-000003-CV.

Línea 5 Zona 2-2: Cañas, Región Chorotega

INFORME FINAL

Preparado por:

Unidad de Auditoría Técnica

San José, Costa Rica

SETIEMBRE, 2012



Información técnica del documento

1. Informe Final Informe LM-PI-AT-059-12.	2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: EVALUACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA Y DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA DE LA CONSTRUCTORA HERNÁN SOLÍS EN ABANGARES. Licitación Pública No. 2009LN-000003-CV. Línea 5 Zona 2-2: Cañas, Región Chorotega.	4. Fecha del Informe Setiembre, 2012	
7. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
8. Notas complementarias ---*---*---		
9. Resumen <p>Sobre la planta de producción de mezcla asfáltica: La planta de producción de asfalto engloba los principales componentes generales requeridos en el cartel, entre ellos cuatro tolvas para la combinación de agregados, tambor secador y mezclador, quemador, casa de filtros, tanque de almacenamiento del asfalto / combustible, bomba de asfalto, plataforma de pesaje y cabina de control entre otros elementos. Sin embargo, algunos componentes de medición e indicadores de temperatura con que cuenta la planta no se mantienen bajo control metrológico.</p> <p>Sobre el control de agregados: En general el control de agregados se efectúa de acuerdo con lo requerido contractualmente, manteniendo apilamientos de cuatro tipos de agregados, protección y medición por humedad, control de granulometrías de los acopios y de la combinación de las fracciones en las tolvas.</p> <p>Sobre los controles de producción y despacho de mezcla asfáltica: se determina que se aplican los registros, por parte del inspector de planta de CONAVI, para la supervisión de la producción y despacho de mezcla asfáltica. Se observan acciones de mejora, ya que se implementa registrar en bitácora las actividades diarias.</p> <p>Sobre el diseño de la mezcla asfáltica: Los parámetros volumétricos de porcentaje de vacíos en la mezcla y vacíos llenos de asfalto (VFA) muestran un riesgo potencial de incumplimiento en un 34% del rango de contenido óptimo de asfalto establecido en el diseño de mezcla.</p> <p>Sobre el proceso de pesaje: se determina que el 45% de las vagonetas valoradas poseen diferencias mayores al 3% entre las mediciones realizadas por la auditoría y los valores reportados en las boletas de despacho. Adicionalmente, se evidenció que algunas de las vagonetas medidas presentaron un peso bruto mayor al máximo permitido por ley.</p> <p>Sobre los resultados de control y verificación de la calidad: se determina una alta variabilidad en los resultados relacionados con el proceso de producción de la mezcla asfáltica. Esta variabilidad produce un incumplimiento contractual en el parámetro de vacíos llenos de asfalto (VFA) para el periodo analizado.</p>		
10. Palabras clave Planta asfáltica, Mezcla asfáltica, Diseño de mezcla, Control y Verificación de Calidad, pesaje	11. Nivel de seguridad: Ninguno	12. Núm. de páginas 44

INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA
EVALUACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA Y LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA DE LA
CONSTRUCTORA HERNÁN SOLÍS EN ABANGARES. Licitación Pública No. 2009LN-00003-CV. Línea 5 Zona 2-2:
Cañas, Región Chorotega

Departamento encargado del proyecto: Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, CONAVI
Ingeniero de Conavi Zona 2-2 Cañas: Luis Fernando Artavia Sánchez (Ingeniero de CONAVI)
Laboratorio de verificación de calidad: Castro & De la Torre, Laboratorio de Materiales para la Construcción

Empresa contratista: Constructora Hernán Solís
Laboratorio de control de calidad: LGC Ingeniería de Pavimentos

Monto original del contrato: ₡5.982.104.437,00 (colones)
Plazo original de ejecución: 1095 días naturales

Coordinador de Programa de Infraestructura de Transporte, PITRA:
 Ing. Luis Guillermo Loria Salazar, PhD

Coordinadora de Auditoría Técnica:
 Ing. Jenny Chaverri Jiménez, MSc Eng.

Audidores:
 Ing. Víctor Cervantes Calvo
 Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.

Asesor Legal:
 Lic. Miguel Chacón Alvarado

Alcance del informe:
 El alcance de esta auditoría técnica se centró en la evaluación de la planta de producción de mezcla asfáltica de la Constructora Hernán Solís, durante los meses de febrero y junio del año 2012.

Ubicación de la planta auditada:



Figura 1. Ubicación de Planta Hernán Solís, en Abangares.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS.....	5
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE FOTOGRAFÍAS.....	6
1. FUNDAMENTACIÓN.....	7
2. OBJETIVO DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS.....	7
2.1. Objetivo del informe.....	7
2.2. Alcance del informe	8
3. INTEGRANTES DEL EQUIPO DE AUDITORÍA TÉCNICA DEL LANAMMEUCR	8
4. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME PRELIMINAR LM-PI-AT-059B-12.....	8
5. METODOLOGÍA DE LA AUDITORÍA TÉCNICA.....	9
5.1. Información general de la planta	10
6. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA.....	11
6.1. Hallazgos Y Observaciones de la Auditoría.....	11
6.1.1. Sobre la planta de producción de mezcla asfáltica	12
6.1.2. Sobre el control de agregados.....	17
6.1.3. Sobre los controles de producción y despacho de mezcla asfáltica.....	18
6.1.4. Sobre la mezcla asfáltica producida	19
6.1.5. Sobre la consistencia del diseño de mezcla vigente durante el periodo de estudio.....	25
6.1.6. Sobre el proceso de pesaje	31
6.2. APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS PARA ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE CALIDAD.....	38
7. CONCLUSIONES	39
8. RECOMENDACIONES	41
ANEXO A	43
ANEXO B	44

LISTA DE TABLAS

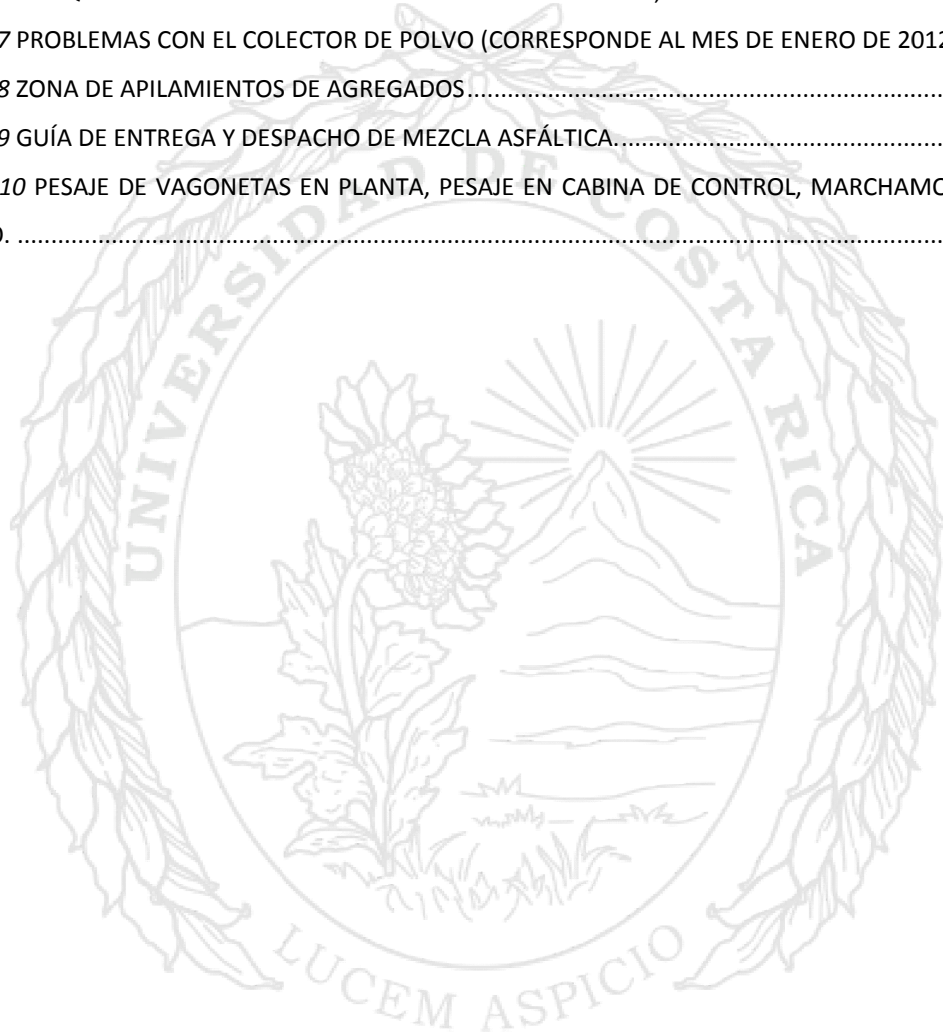
TABLA 1. DETALLE DE LOS MUESTREOS DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE.	10
TABLA 2. PARÁMETROS GENERALES DEL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA	10
TABLA 3. RESUMEN DE CALIBRACIONES DE ELEMENTOS SENSORES DE PESO, TEMPERATURA, FLUJO Y OTROS. 16	
TABLA 4. RESUMEN DE CALIBRACIONES DE LA BÁSCULA DE PESAJE DINÁMICO.....	17
TABLA 5. RESULTADOS DE CONTENIDO DE ASFALTO REPORTADOS EN INFORME I-0398-12.....	21
TABLA 6. RESULTADOS DE COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA REPORTADOS EN INFORME I-0398-12.	22
TABLA 7. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AGREGADO GRUESO.....	24
TABLA 8. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AGREGADO FINO.	24
TABLA 9. GRANULOMETRÍA DEL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA.....	25
TABLA 10. VALORES DEFINIDOS PARA LOS PARÁMETROS DE CALIDAD EN LA DISPOSICIÓN VIAL AM-01-2009. ...	27
TABLA 11. ANÁLISIS DEL RANGO EFECTIVO DE CONTENIDO DE ASFALTO PARA EL INFORME N°1183-2011.	29
TABLA 12. DETALLE DE LAS MEDICIONES DE PESO REALIZADAS EN LA PLANTA DE LA CONSTRUCTORA HERNÁN SOLÍS, EN ABANGARES.	33
TABLA 13. TIPOS DE VAGONETAS ENCONTRADAS EN LA PLANTA DE ABANGARES Y PESOS MÁXIMOS PERMITIDOS.	36
TABLA 14. COMPARACIÓN ENTRE PESOS BRUTOS DE VAGONETAS MEDIDOS POR EL LANAMMEUCR EN JUNIO DE 2012 Y PESOS MÁXIMOS AUTORIZADOS.	36

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN DE PLANTA HERNÁN SOLÍS, EN ABANGARES.	3
FIGURA 2. RESULTADOS DE CONTENIDO DE ASFALTO EN LAS MUESTRAS DE MEZCLA ASFÁLTICA ENSAYADAS POR EL LABORATORIO DE INFRAESTRUCTURA VIAL DEL LANAMMEUCR MEDIANTE EL INFORME I-0398-12	20
FIGURA 3. RESULTADOS DE COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA REPORTADOS POR EL LABORATORIO DE INFRAESTRUCTURA VIAL DEL LANAMMEUCR MEDIANTE EL INFORME I-0398-12	23
FIGURA 4. GRÁFICO COMPARATIVO DE GRANULOMETRÍA DE DISEÑO DE MEZCLA, RANGO DE DISEÑO Y LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN SEGÚN LA DISPOSICIÓN VIAL AM-01-2009	26
FIGURA 5. ANÁLISIS GRÁFICO DEL RANGO EFECTIVO DE CONTENIDO DE ASFALTO.	30
FIGURA 6. ESQUEMA DE PROCESO DE PESAJE DE VAGONETAS.	32
FIGURA 7. GRÁFICO COMPARATIVO DE LOS PESOS NETOS DE VAGONETAS Y DIFERENCIAS.....	35
FIGURA 8. PESOS BRUTOS DE LAS VAGONETAS MEDIDOS POR EL LANAMMEUCR.....	37

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

<i>FOTOGRAFÍA 1 SILO PRINCIPAL DE ALMACENAJE DE MEZCLA ASFÁLTICA PRODUCIDA SIN UTILIZAR</i>	13
<i>FOTOGRAFÍA 2 TOLVAS DE DOSIFICACIÓN DE AGREGADOS.....</i>	13
<i>FOTOGRAFÍA 3 FAJAS DE TRANSPORTE DE AGREGADOS Y TAMBOR SECADOR.</i>	14
<i>FOTOGRAFÍA 4 CABINA DE CONTROL Y PLATAFORMA DE MUESTREO.....</i>	14
<i>FOTOGRAFÍA 5 PLATAFORMA DE PESAJE.....</i>	15
<i>FOTOGRAFÍA 6 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE CEMENTO ASFÁLTICO, COMBUSTIBLES Y OTROS.....</i>	15
<i>FOTOGRAFÍA 7 PROBLEMAS CON EL COLECTOR DE POLVO (CORRESPONDE AL MES DE ENERO DE 2012).</i>	15
<i>FOTOGRAFÍA 8 ZONA DE APILAMIENTOS DE AGREGADOS.....</i>	18
<i>FOTOGRAFÍA 9 GUÍA DE ENTREGA Y DESPACHO DE MEZCLA ASFÁLTICA.....</i>	19
<i>FOTOGRAFÍA 10 PESAJE DE VAGONETAS EN PLANTA, PESAJE EN CABINA DE CONTROL, MARCHAMO Y BOLETA DE DESPACHO.</i>	34



INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA. EVALUACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA Y PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LA CONSTRUCTORA HERNÁN SOLÍS EN ABANGARES.

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.” (El subrayado no es del texto original)

2. OBJETIVO 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.

2.1. OBJETIVO DEL INFORME

El objetivo de este informe es valorar el diseño de mezcla utilizado por la planta para la producción de mezcla asfáltica, así como evaluar algunas de las actividades de control que aplica la Administración para control de envío y despacho de mezcla a los diferentes sitios de trabajo, de conformidad con lo que se establece en las especificaciones contractuales y las prácticas ordinarias para diseño de mezcla. Adicionalmente, se realiza un proceso de comprobación de peso de vagonetas con el fin de determinar la conformidad del control del sistema de pesaje de la planta.

Informe Final LM-PI-AT-059-12	Fecha de emisión: Setiembre de 2012	Página 7 de 44
----------------------------------	-------------------------------------	----------------

2.2. ALCANCE DEL INFORME

El estudio que realiza esta auditoría consiste en el análisis general del diseño de mezcla planteado por el laboratorio de control de calidad del contratista para la producción de mezcla asfáltica en la planta de la Constructora Hernán Solís ubicada en Abangares. Además, se determina la utilización de controles establecidos por la Administración para el despacho de mezcla asfáltica. La evaluación se realiza durante los meses de febrero y junio del presente año.

3. INTEGRANTES DEL EQUIPO DE AUDITORÍA TÉCNICA DEL LANAMMEUCR

- Ing. Jenny Chaverri Jiménez, MSc. Eng. (Coordinadora de la Unidad de Auditorías Técnicas)
- Ing. Víctor Hugo Cervantes Calvo (Auditor Técnico)
- Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc. (Auditora Técnica)
- Lic. Miguel Chacón Alvarado (Asesor Legal)

4. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME PRELIMINAR LM-PI-AT-059B-12

Como parte de los procedimientos de Auditoría Técnica y en lo referente a la remisión del informe preliminar, el día 31 de agosto de 2012 se envió el oficio LM-AT-116-2012 por medio del cual se hace entrega del informe preliminar LM-PI-AT-059B-12, y también se solicita para el día 07 de setiembre de 2012 una audiencia a la parte auditada, para la presentación de dicho informe preliminar.

Los convocados a esta audiencia eran por parte del área auditada: el Ing. Cristian Vargas Calvo, Gerente de Conservación de Vías y Puentes, Ing. Luis Fernando Artavia Sánchez, ingeniero de la Zona 2-2 y Lic. Reynaldo Vargas Sota, Auditor a.i; por parte del LanammeUCR y parte del equipo auditor encargado del desarrollo del informe, a saber, Ing. Jenny Chaverri Jiménez, MSc, Coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica, Ing. Víctor Cervantes Calvo e Ing. Wendy Sequeira Rojas.

La Administración solicitó vía telefónica reprogramar la presentación del informe, a lo cual la Auditoría Técnica procedió a enviar el oficio LM-AT-126-2012 por parte de Ing. Jenny Chaverri Jiménez, dirigido a los convocados a la audiencia, donde se concede un plazo no mayor al 14 de setiembre para efectuar la reunión, en el entendido de que, de no definirse la misma, ni recibir comentarios por escrito dentro del plazo indicado, se procederá a emitir el informe en su versión definitiva para ser remitido a las instituciones que especifica la Ley 8114.

Por tanto, es importante resaltar que por la situación descrita y de acuerdo a los procedimientos de auditoría técnica, al no recibir respuesta dentro del plazo indicado, se procedió con la emisión del informe final.

Informe Final LM-PI-AT-059-12	Fecha de emisión: Setiembre de 2012	Página 8 de 44
----------------------------------	-------------------------------------	----------------

5. METODOLOGÍA DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

La fiscalización que realiza la Auditoría Técnica del LanammeUCR es un proceso independiente, basado en normas y procedimientos establecidos, aplicando criterios objetivos en procura de lograr el cumplimiento del alcance y los objetivos definidos para cada uno de los estudios desarrollados. Este proceso no limita a que algunas actividades puedan realizarse en conjunto con el auditado.

Durante el proceso de auditoría realizado por la Auditoría Técnica del LanammeUCR se visitaron las instalaciones de la planta asfáltica durante el mes de enero de 2012 y se tomaron muestras de la mezcla asfáltica por un periodo definido¹ para llevar a cabo las actividades de evaluación de la planta. Las muestras fueron tomadas de manera aleatoria en la planta de producción, las cuales fueron posteriormente ensayadas por el Laboratorio de Mezclas Bituminosas del LanammeUCR. Los ensayos realizados consistieron en determinar el valor del contenido de asfalto (ASTM D-6307 /ASTM-D-95) y la composición granulométrica (ASTM D 5444) de cada una de las muestras. Asimismo, se contactó al Ingeniero encargado de la planta para obtener información y documentación relacionada con el proceso de supervisión y control implementado para el despacho de mezcla.

Al mismo tiempo se obtuvieron muestras de cada uno de los materiales utilizados en la producción, tanto de ligante asfáltico como de material granular de cada uno de los apilamientos utilizados: fracción gruesa I, fracción gruesa II, intermedia y fina. El propósito de recolectar dichos materiales es establecer el factor de corrección tipificado para el ensayo de contenido de asfalto (ASTM D 6307), como parte del factor de corrección se determina también el contenido de humedad (ASTM D-95) presente en cada una de las muestras de mezcla asfáltica. Adicionalmente, se obtuvieron muestras de cada apilamiento de agregado para realizar ensayos de gravedad específica y absorción del agregado grueso (ASTM C127), gravedad específica y absorción del agregado fino (ASTM C128), disgregabilidad de agregados en sulfato de sodio o magnesio (ASTM C88), porcentaje de partículas planas y elongadas del agregado grueso (ASTM D4971), índice de durabilidad de los agregados (ASTM 3744) y partículas friables y arcillosas (ASTM C142) para contrastar los resultados con las especificaciones dadas en la Disposición Vial AM-01-2009.

En la Tabla 1 se presenta, cronológicamente, el detalle de las muestras de mezcla asfáltica en caliente tomadas y se especifica el lugar correspondiente al punto donde se tomó la muestra.

¹ Los días 17, 18, 19 y 20 de enero de 2012 se visitó las instalaciones de la planta.

Tabla 1. Detalle de los muestreos de mezcla asfáltica en caliente.

	Muestra	Fecha	Sitio
1	0164-12	17/01/12	Planta
2	0165-12	18/01/12	Planta
3	0166-12	19/01/12	Planta
4	0167-12	19/01/12	Planta
5	0168-12	20/01/12	Planta

El diseño de mezcla para ser producido en planta es el formulado por el laboratorio de LGC Ingeniería de Pavimentos S.A. identificado como el informe 337-2011 "Diseño de Mezcla", aprobado por el CONAVI mediante el oficio GCSV-02-2011-3000 de fecha 15 de julio del 2011. Asimismo, durante la visita a la planta, fue proporcionado al equipo auditor el informe 1183-2011 "Verificación Diseño de Mezcla" con fecha 27 de diciembre de 2011, elaborado por el laboratorio LGC. En la Tabla 2 se resumen los parámetros generales definidos en cada uno de los documentos mencionados.

Tabla 2. Parámetros generales del diseño de mezcla asfáltica según informes N° 337-2011 y N°1183-2011 emitidos por LGC Ingeniería de Pavimentos S.A.

Parámetro	Inf. N°337-2011	Inf. N°1183-2011
	Valor	
Contenido óptimo de asfalto sobre peso de mezcla	6,1 %	6,0 %
Proporción de agregados	48 % (Finos) 35 % (Intermedios) 9 % (Grosos I) 8 % (Grosos II)	48 % (Finos) 35 % (Intermedios) 9 % (Grosos I) 8 % (Grosos II)
Granulometría de diseño	19 mm	19 mm

Posteriormente, el equipo auditor visitó nuevamente la planta durante el mes de junio de 2012, para realizar un seguimiento a las actividades evaluadas durante el mes de enero en la planta.

5.1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA PLANTA

La planta de producción de mezcla asfáltica ubicada en Abangares, es marca TEREX con una disposición del proceso de producción de forma continua. La planta produce mezcla asfáltica para actividades de conservación vial de acuerdo con la Licitación Pública 2009LN-000003-CV para la Línea 5, zona 2-2 Cañas. Durante la visita realizada durante el mes de enero a la planta se informa que se suministra mezcla asfáltica a la Constructora Hernán Solís para realizar bacheo en los siguientes lugares: Bagaces, Barrana, Cóbano, Comunidad Coco, Coyol de Alajuela, Jicarito, Liberia, Miramar, Nuevo Arenal, Puente Caldera, Quebrada

Informe Final LM-PI-AT-059-12	Fecha de emisión: Setiembre de 2012	Página 10 de 44
----------------------------------	-------------------------------------	-----------------

Grande, Río Lagarto-Río Tenorio, Salinas de Jocote, Tamarindo, Tanque Fortuna, Terrón Colorado, Tierras Morenas, Tronadora Tilarán, Upala, Vaca Brava, Villa Real. Adicionalmente, se despachaba mezcla asfáltica para colocación de carpetas en Cañas, Guatuso, Limonal y Puente Abangares. Durante la visita del mes de junio, la planta se encontraba despachando mezcla asfáltica para actividades de bacheo parra proyectos ubicados en: Muelle, Tanque, Upala, Villareal, Bagaces, Nicoya y Arizona.

El laboratorio contratado por el contratista para realizar las actividades de control de calidad es el laboratorio “LGC Ingeniería de Pavimentos” (en adelante LGC) que tiene unas instalaciones en la planta de producción, para realizar los ensayos Marshall a la mezcla asfáltica y contenido de asfalto. En cuanto que, el laboratorio de Verificación de Calidad designado por la Administración es el laboratorio “Castro y de la Torre”, con instalaciones ubicadas en la planta (en adelante CyT). Dicho laboratorio toma una muestra diaria de mezcla asfáltica (en conjunto con el control de calidad), tal como se observó durante las visitas.

6. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

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

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

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

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

6.1. HALLAZGOS Y OBSERVACIONES DE LA AUDITORÍA

Las diversas propiedades que define la metodología de diseño de mezcla tienen como principal objetivo establecer la combinación más económica de los agregados y el asfalto que permita a la capa de ruedo ser durable, tener mayor resistencia a la deformación y a la presencia de humedad. Mediante este proceso (diseño de mezcla) se establecen los requisitos y las tolerancias especificados que debe cumplir la mezcla asfáltica según la metodología que se emplee.

Informe Final LM-PI-AT-059-12	Fecha de emisión: Setiembre de 2012	Página 11 de 44
----------------------------------	-------------------------------------	-----------------

El monitoreo del proceso de producción, como parte del proceso de control de calidad, mediante la comparación de los resultados de los ensayos que se ejecutan con las especificaciones y la fórmula de trabajo, se realiza con el propósito de detectar posibles variaciones del proceso productivo que permitan efectuar modificaciones o ajustes correctivos, además, que habilita en algunas situaciones evaluar o reformular el diseño de la mezcla asfáltica utilizada en el proceso de pavimentación.

6.1.1. Sobre la planta de producción de mezcla asfáltica

HALLAZGO N° 1: LA PLANTA DE ASFALTO CUMPLE LAS CONDICIONES GENERALES REQUERIDAS EN LOS DOCUMENTOS CONTRACTUALES.

Durante las visitas realizadas durante enero y junio del presente año, el equipo de auditoría efectuó una evaluación general de las condiciones de la planta de la Constructora Hernán Solís en Abangares, considerando diferentes aspectos de los componentes de la misma así como los requisitos mínimos solicitados en la disposición general vigente AM-03-2001 y en el Cartel de Licitación Pública N° 2009LN-000003-CV.

Componentes generales

La planta de producción de mezcla asfáltica está conformada por tolvas, fajas transportadoras, tambor secador y mezclador, quemador, tanque de almacenamiento del asfalto / combustible, bomba de asfalto, plataforma de pesaje y cabina de control entre otros elementos. En las Fotografía 1 a la Fotografía 8 se muestra el detalle de cada uno de los diferentes componentes mencionados.

Se mantienen cuatro tolvas individuales, provistas de un mecanismo automático de control para la alimentación y combinación de los agregados en frío, una para cada apilamiento de agregado utilizado en la producción de mezcla.

La planta cuenta con un silo de almacenaje de la mezcla asfáltica producida; sin embargo, el mismo no estaba siendo utilizado y está desligado del resto de la planta de producción. La mezcla asfáltica producida se vertía directamente en las vagonetas a través de una cadena de arrastre o elevador.

En cuanto a la cabina de control se observa que cuenta con dispositivos automáticos y digitales para el control y monitoreo de la producción de la mezcla asfáltica, tales como control de la temperatura de asfalto, ajustes en la dosificación de asfalto y velocidad de producción por humedad de los agregados, indicadores de temperaturas en el tambor mezclador y secador, del cemento asfáltico y de la llama del quemador, entre otros controles (Fotografía 4). Asimismo, en la Fotografía 4, se observa una plataforma para la realización del muestreo de la mezcla asfáltica de forma segura.

La planta cuenta con un sistema de pesaje automático que posee seis celdas de carga, el detalle de estos componentes se muestra en la Fotografía 5. Sin embargo, durante la visita efectuada en el mes de junio, la plataforma de pesaje mostraba dos de las celdas de carga fuera de uso, se le informa al equipo auditor que el día 23 de junio de 2012 se realizó el mantenimiento de las mismas, por avería de la plataforma de pesaje. La revisión de las

Informe Final LM-PI-AT-059-12	Fecha de emisión: Setiembre de 2012	Página 12 de 44
----------------------------------	-------------------------------------	-----------------

calibraciones de este sistema así como los controles de parte del inspector de CONAVI para el pesaje de vagonetas se analizan más adelante.

Durante la visita realizada en enero el colector de polvo estaba presentando problemas, ya que se observó gran cantidad de finos cerca de la cabina de control e incluso se estaba depositando material en vagonetas (Fotografía 7). La chimenea del colector de polvo expulsaba gases con cierto grado de opacidad, lo cual es una indicación de que el sistema no estaba funcionando eficientemente. La cantidad de finos puede variar la relación polvo/asfalto y esto puede a la vez afectar la rigidez de la mezcla asfáltica resultante.

No obstante durante la visita realizada en el mes de junio, se observó que dicho problema ya había sido solventado.

Normativa técnica de referencia que respalda lo descrito anteriormente, se detalla a continuación: Sección 3 de las Especificaciones Especiales “Planta Mezcladora de Asfalto” del cartel de Licitación para los Proyectos de Conservación Vial Red Vial Nacional Pavimentada Licitación Pública N° 2009LN-000003-CV.



Fotografía 1 Silo principal de almacenaje de mezcla asfáltica producida sin utilizar



Fotografía 2 Tolvas de dosificación de agregados.



Fotografía 3 Fajas de transporte de agregados y tambor secador.



Fotografía 4 Cabina de control y plataforma de muestreo.



Fotografía 5 Plataforma de pesaje.



Fotografía 6 Tanques de almacenamiento de cemento asfáltico, combustibles y otros.



Fotografía 7 Problemas con el colector de polvo (corresponde al mes de enero de 2012).

HALLAZGO Nº 2: EXISTEN COMPONENTES DE LA PLANTA QUE NO SE MANTIENEN BAJO CONTROL METROLÓGICO SEGÚN LO ESTIPULADO EN LA DOCUMENTACIÓN CONTRACTUAL.

Al analizar la documentación relacionada con las actividades de control metrológico implementadas por la Constructora Hernán Solís en la planta de producción de mezcla asfáltica en Abangares, durante ambas visitas (febrero y junio), se determinó que existen algunos componentes que no se mantienen bajo actividades de calibración vigentes, tal como se detalla en la Tabla 3. Se establece que estos componentes han estado sujetos a actividades de calibración durante el mes de marzo del año 2011 y otros fueron calibrados por última vez en el mes de mayo del 2010. Sin embargo, el encargado de la planta aporta documentación que evidencia que el día 09 de julio de 2012 se realizaron actividades de calibración en los siguientes componentes: indicadores de temperatura del tanque de asfalto y mezcla asfáltica, así como el indicador de temperatura de la casa de filtros. No obstante no se adjuntan los certificados de calibración, ni información relativa a los mismos por lo que no se incluyen en el presente análisis.

Tabla 3. Resumen de calibraciones de elementos sensores de peso, temperatura, flujo y otros.

Componente	Fecha	Certificado	Fecha	Certificado
Indicador Temperatura Asfalto-RTD	-	-	11/03/11	20110311-05-1
Indicador Temperatura de agregados-RTD	-	-	11/03/11	20110311-05-2
Indicador Temperatura Bolsas filtro-RTD	-	-	11/03/11	20110311-05-3
Termómetro Tanque Asfalto -RTD	-	-	11/03/11	20110311-05-4
Manómetro Bomba gasóleo	-	-	11/03/11	20110311-05-5
Termómetro Bimetálico Ashcroft (T-01)	28/05/2010	20100527-01-6	-	-
Termómetro Bimetálico Ashcroft (T-02)	28/05/2010	20100527-01-7	-	-
Termómetro Bimetálico Ashcroft (T-03)	28/05/2010	20100527-01-8	-	-

Con respecto al sistema de pesaje se determinó que la última actividad de control metrológico fue realizada en el mes de febrero del 2012, y corresponde a una comprobación de peso exacto según se muestra en la Tabla 4. Posteriormente, el sistema presenta una falla en la plataforma de pesaje donde se ubican dos de las celdas que componen el sistema total, siendo necesario dejarlas desconectadas del sistema por el proveedor del servicio de actividades metrológicas. Durante la visita del mes de junio, el encargado técnico de la planta, comenta que se efectuó una comprobación del sistema de pesaje con las celdas restantes, sin embargo, el certificado de calibración del sistema de pesaje no se proporcionó durante las visitas a la planta, presentándose únicamente un reporte de servicio, lo cual no satisface lo indicado en el cartel de licitación vigente:

*“La mezcla asfáltica deberá ser medida para su entrega en puentes de pesaje, a través de un sistema que determine el peso de la mezcla asfáltica en una sola medición. Este sistema deberá ser automático y estar debidamente calibrado antes de iniciar cualquier medición para la Administración y posteriormente **repetir la calibración cada 3 meses**. Las calibraciones deben ser efectuadas por organismos con competencia técnica. Además, **deberán realizarse comprobaciones mensuales** como*

mínimo de las romanas por medio de patrones de trabajo o equipo debidamente calibrado o cuando sea requerido por la Unidad de Supervisión (el subrayado no es el texto original).”

Tabla 4. Resumen de calibraciones de la báscula de pesaje dinámico.

Componente	Fecha	Comprobación	Calibración	Documentos	Magnitud
Báscula de pesaje Dinámico	10/03/2011	Comprobación de Peso Exacto	No se aportó	No se aportó	1000- 25 160 kg
Báscula de pesaje Dinámico	02/02/2012	Comprobación de Peso (Repetibilidad, Excentricidad, linealidad)	No se aportó	Reporte de Servicio #2011-07. Romanas Exactas Ballar	4500- 13 140 kg

Normativa técnica de referencia que respalda lo descrito anteriormente, se detalla a continuación: Sección 3 de las Especificaciones Especiales “Planta Mezcladora de Asfalto” del cartel de Licitación para los Proyectos de Conservación Vial Red Vial Nacional Pavimentada Licitación Pública N° 2009LN-000003-CV.

6.1.2. Sobre el control de agregados

HALLAZGO N° 3: LA DISPOSICIÓN Y EL CONTROL GENERAL DE LOS AGREGADOS MINERALES SE REALIZA DE ACUERDO CON LA DOCUMENTACIÓN CONTRACTUAL

El diseño de mezcla vigente, informe N°337-2011 y la verificación N°1183-2011 emitidos por LGC Ingeniería de Pavimentos S.A, indican² que se están utilizando agregados del Quebrador Procamar, constituidos en cuatro apilamientos a saber: agregado grueso I (pasando 19,0 mm y retenido en 15,9 mm) agregado grueso II (pasando 15,9 mm y retenido en 9,5 mm), agregado intermedio (pasando 9,5 mm y retenido en 6,4 mm) y agregados finos (pasando 6,4 mm). Dichos apilamientos se mantienen separados entre sí por medio de muros para evitar la posible contaminación entre apilamientos, según se aprecia en la Fotografía 8.

En general, la zona de apilamiento de los agregados es un área amplia para mantener las cuatro fracciones que se solicitan contractualmente, considerando que además se mantienen otros apilamientos de materiales calizos ajenos a la producción de mezcla asfáltica brindada a los proyectos de conservación del CONAVI, de acuerdo con lo indicado a esta auditoría. No obstante, el contrato establece que la planta debe contar con dos apilamientos para cada fracción de material, y solamente se observó un apilamiento por fracción.

Control de agregados

Según se observó en la bitácora del técnico de control de calidad, los controles de humedad de los apilamientos se realizan diariamente durante el proceso productivo cada dos horas,

² Durante el mes de enero de 2012 se realiza el muestreo de los agregados indicados en el diseño de mezcla N°1183-2011. En la visita efectuada en el mes de junio de 2012, se corrobora que dicho diseño se mantiene vigente.

aproximadamente. Adicionalmente, se realizan controles de la granulometría de cada uno de los apilamientos de forma diaria.



Fotografía 8 Zona de apilamientos de agregados.

6.1.3. Sobre los controles de producción y despacho de mezcla asfáltica

OBSERVACIÓN N°1: MEJORA EN LAS ACTIVIDADES DE SUPERVISIÓN DE PRODUCCIÓN Y DESPACHO DE MEZCLA ASFÁLTICA MEDIANTE IMPLEMENTACIÓN DE BITÁCORAS DE INSPECCIÓN.

La planta asfáltica mantiene un inspector³ destacado por parte del Conavi, según confirmó el equipo auditor durante las visitas realizadas en los meses de enero y junio. El inspector de planta se encarga de supervisar la producción de mezcla asfáltica en caliente y el despacho de mezcla a las diferentes zonas de Conservación Vial que abastece la planta de Abangares (zona 2-2 Cañas, zona 2-3 Santa Cruz y zona 2-4 Nicoya). El inspector mantiene implementados diversos controles documentales, entre ellos:

- Guías de entrega y despacho de mezcla (Fotografía 9a y 9b), en la que se registra la identificación de la vagoneta, el destino, el tonelaje de mezcla, temperatura, entre otros datos.
- Entrega y control de marchamos de Conavi (fotografía 9c y 9d).



³ Para enero de 2012 el inspector destacado es el señor Eugene Cambronero, sin embargo, para junio de 2012, se encuentra desempeñando el cargo de inspector de planta el señor Ronald Dávila Bustos, quien pertenece al Organismo de Inspección de las zonas 2-1 y 2-3.



Fotografía 9 Guía de entrega y despacho de mezcla asfáltica.

Además el inspector registra en las guías de entrega información relacionada con el muestreo en planta, en donde anota la vagoneta en la cual se realizó el muestreo y personal que efectúa el muestreo, hora de viaje entre otra información; sin embargo, no se evidencia si el muestreo corresponde a control o verificación de calidad, ya que únicamente se anota el nombre de la persona que realizó el muestreo.

Además, el día de la visita en el mes de enero se observó que el inspector no acostumbra mantener un diario del inspector en donde se anotan las labores realizadas, la hora de inicio y final de supervisión y cualquier anomalía que se haya presentado durante el proceso de producción y despacho de la mezcla. Sin embargo, durante la visita en junio, el inspector destacado sí mantenía de forma oportuna la información en un diario del inspector.

En ninguna de las visitas realizadas se observó que el inspector portara una termocupla para medir las temperaturas de la mezcla despachada, según lo que indican las buenas prácticas de inspección en plantas asfálticas.

6.1.4. Sobre la mezcla asfáltica producida

HALLAZGO N° 4: SE OBSERVA QUE 1 DE LAS 5 MUESTRAS ANALIZADAS PRESENTA UN VALOR DE CONTENIDO DE ASFALTO FUERA DEL RANGO ÓPTIMO $\pm 0,5\%$ (5,5 %- 6,5 %) ESTABLECIDO EN EL DISEÑO DE MEZCLA VIGENTE.

Los requisitos para la mezcla asfáltica señalados en las especificaciones nacionales, apartado 401.06 de la Disposición Vial AM-01-2009, establecen que la variabilidad permitida para el parámetro de contenido de asfalto debe mantenerse en $\pm 0,5\%$ con respecto al valor óptimo de asfalto determinado en el diseño de mezcla.

De acuerdo con el diseño de mezcla vigente⁴ para la producción de enero de 2012 la mezcla asfáltica en caliente, identificado como informe N° 1183-2011 emitido por LGC Ingeniería de Pavimentos S.A, el valor óptimo de asfalto está definido como $6,0 \pm 0,5\%$ sobre el peso de la mezcla, lo cual define que los límites permisibles del rango de contenido óptimo de asfalto para la mezcla asfáltica producida son 5,5 % y 6,5 %.

Al realizar el análisis de los resultados de ensayo reportados en el Informe de Ensayo I-0398-12, se evidencia que uno de los resultados de contenido de asfalto es menor al límite inferior permisible, correspondiente a la muestra 0165-12.

En la Figura 2 se presentan gráficamente los resultados de los ensayos de las muestras analizadas, de la producción del mes de enero. Se indica el valor meta que corresponde al contenido óptimo de asfalto, así como los límites del rango óptimo, de acuerdo con los datos del informe de diseño de mezcla vigente.

Se evidencia que la mayoría de los resultados de contenido de asfalto de los restantes días de producción del mes de enero se encuentran entre el contenido óptimo de asfalto y el límite inferior, lo cual podría advertir un comportamiento característico de la producción de mezcla relacionado con el contenido de asfalto, exponiendo al proceso productivo a una situación potencial de riesgo de incumplimiento, ya que pequeñas variaciones en el contenido de asfalto podrían provocar exceder el límite inferior. Incluso tan solo al considerar la incertidumbre del resultado de ensayo para cada valor (barras verticales en el gráfico) podría determinarse un riesgo de incumplimiento mayor, ya que potencialmente 3 resultados más podrían estar por debajo del límite inferior.

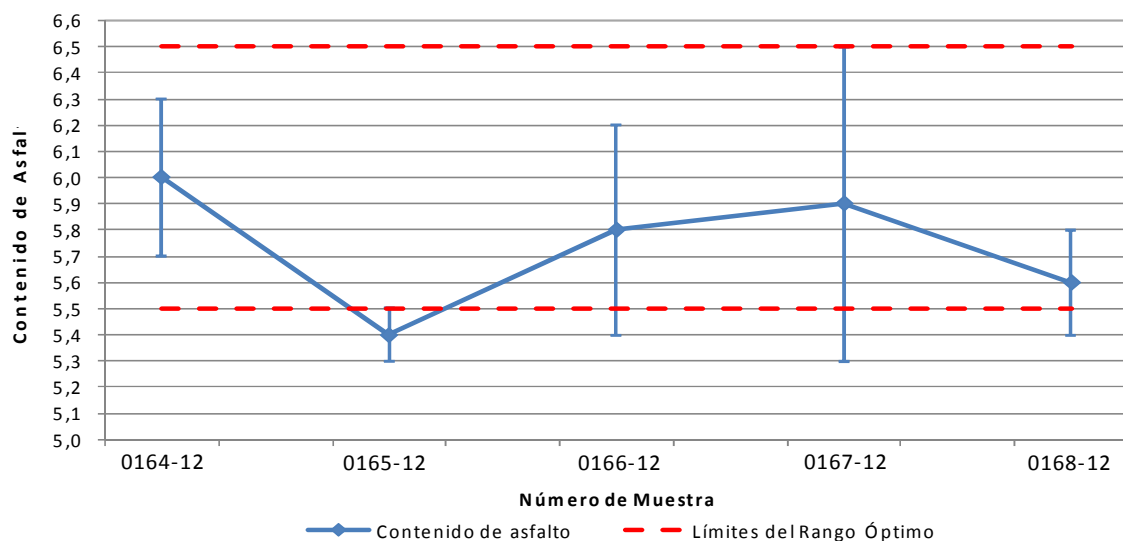


Figura 2. Resultados de contenido de asfalto en las muestras de mezcla asfáltica ensayadas por el Laboratorio de Infraestructura Vial del LanammeUCR mediante el informe I-0398-12.

⁴ Durante la visita a la planta en enero de 2012, fue proporcionado al equipo auditor el informe 1183-2011 "Verificación Diseño de Mezcla" con fecha 27 de diciembre de 2011.

En la Tabla 5 se resumen los resultados obtenidos para cada una de las muestras analizadas y se resalta el resultado que se encuentra fuera del rango óptimo de contenido de asfalto establecido en el diseño de mezcla.

Tabla 5. Resultados de contenido de asfalto reportados en el informe de ensayo I-0398-12 emitido por el Laboratorio de Infraestructura Vial del LanammeUCR el 04 de mayo del 2012.

Muestra	Fecha	Punto de muestreo	Contenido (%)		
			Agua	Asfalto	
			Límite inferior	5,5	
			Límite superior	6,5	
1	0164 -12	17/01/12	Planta	0,24	6,0
2	0165 -12	18/01/12	Planta	0,42	5,4
3	0166 -12	19/01/12	Planta	0,43	5,8
4	0167 -12	19/01/12	Planta	0,41	5,9
5	0168 -12	20/01/12	Planta	0,40	5,6
			Promedio	0,38	5,74
			Desv. Estándar	0,07	0,22

El fundamento normativo que respalda lo descrito anteriormente se detalla a continuación: Apartado 401.06 "Requisitos para la mezcla asfáltica" de la Disposición Vial AM-01-2009.

Al presentarse una cantidad de asfalto menor al requerido en el diseño de mezcla, es posible que no se logre cubrir todo el agregado mineral que conforma la mezcla asfáltica provocando desnudamiento.

HALLAZGO Nº 5: LOS RESULTADOS GRANULOMÉTRICOS REPORTADOS PARA LA COMBINACIÓN GRANULOMÉTRICA CUMPLEN LOS LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN PARA LA GRANULOMETRÍA DE DISEÑO APLICADA (TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DE 12,5 MM) ESTABLECIDOS EN LA DISPOSICIÓN VIAL AM-01-2009.

Los resultados de la composición granulométrica de las muestras de mezcla asfáltica analizadas, de la producción de enero se detallan en la Tabla 6. Dichos resultados corresponden al ensayo ASTM D-5444 "Análisis mecánico del agregado extraído" que realizó el laboratorio del LanammeUCR, los cuales fueron reportados en el informe identificado como I-0398-12 emitido por el Laboratorio de Infraestructura Vial el 04 de mayo de 2012.

Tabla 6. Resultados de composición granulométrica reportados por el Laboratorio de Infraestructura Vial del LanammeUCR mediante el informe I-0398-12.

Muestra	Fecha muestreo	Muestreo	Mallas									
			19 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	4,75 mm (Nº4)	2,36 mm (Nº8)	1,18 mm (Nº16)	600 µm (Nº30)	300 µm (Nº50)	75 µm (Nº200)	
Límite inferior ‡			100	90	70	45	28	16	9	5	2	
Límite superior ‡			100	100	90	65	39	26	19	16	8	
1	164 -12	17/01/12	Planta	100,0	97,3	82,9	49,0	31,0	21,4	15,6	11,5	5,90
2	165 -12	18/01/12	Planta	100,0	97,0	87,6	50,0	32,0	22,4	16,6	12,5	6,58
3	166 -12	19/01/12	Planta	100,0	96,7	89,4	57,0	36,7	24,3	17,6	13,1	7,29
4	167 -12	19/01/12	Planta	100,0	98,0	91,0	55,0	35,0	24,0	17,0	13,0	7,20
5	168 -12	20/01/12	Planta	100,0	95,0	87,0	54,0	34,9	23,4	17,0	12,5	6,7
Promedio				100,0	96,8	86,7	53,0	33,9	23,1	16,8	12,5	6,73
Desv. Estándar				0,0	1,12	2,75	3,39	2,35	1,20	0,74	0,63	0,56

‡ Según la Tabla 1 del apartado 401.04.02.01 de la Disposición Vial AM-01-2009.

De los resultados presentados en la Tabla 6 se determina que solamente un valor excede los requisitos establecidos con respecto a los límites de tamaño granulométrico establecidos en la Tabla 1 de la Disposición Vial AM-01-2009 para la granulometría de diseño para agregado con tamaño máximo de 12,5 mm.

Sin embargo, de la representación gráfica mostrada en la Figura 3, se denota que las curvas granulométricas para los agregados finos (malla Nº16 a Nº200) se encuentran cercanas al límite superior especificado en la normativa vigente, lo cual implicaba una composición granulométrica más gruesa y por ende propensa a permitir mayor cantidad de vacíos entre las partículas de agregado. Aunado a la situación anterior, si se considera el hecho de que el contenido de asfalto se encuentra cercano al valor inferior, se podrían obtener mezclas asfálticas con valores de vacíos superiores al valor requerido por la metodología Marshall (4%), y por tanto más difíciles de trabajar.

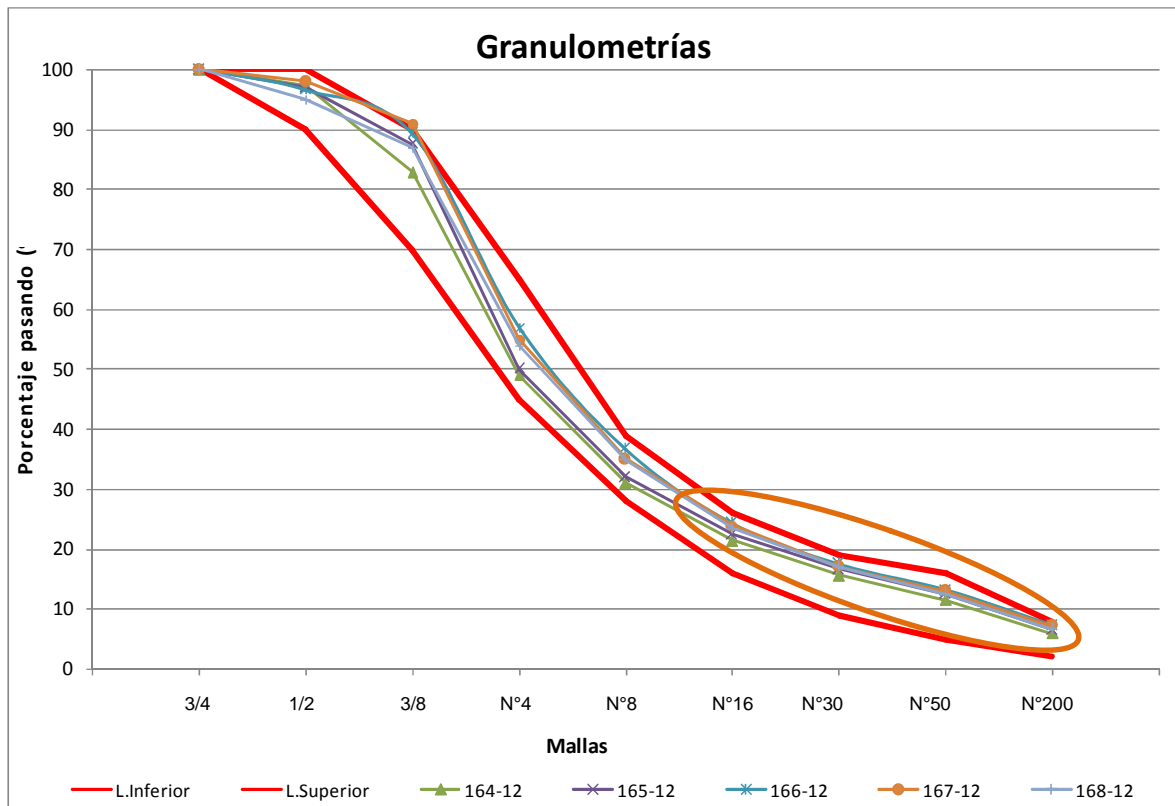


Figura 3. Resultados de composición granulométrica reportados por el Laboratorio de Infraestructura Vial del LanammeUCR mediante el informe I-0398-12.

El fundamento normativo que respalda lo descrito anteriormente se detalla a continuación: Tabla 1 Apartado 401.04.02.01 Graduación de la combinación de agregados” de la Disposición Vial AM-01-2001.

HALLAZGO N° 6: LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS UTILIZADOS EN LA PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA SATISFACEN LOS LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN ESTABLECIDOS EN LA DISPOSICIÓN VIAL AM-01-2009.

Las características físicas y químicas de los agregados tienen influencia directa en sus propiedades y por ende, en el desempeño de la mezcla asfáltica, ya que estas características influyen tanto en la cantidad de asfalto requerido, como en las propiedades volumétricas de la mezcla de manera que permitan garantizar un desempeño satisfactorio y pueden tener un efecto en la producción y colocación de la mezcla asfáltica.

La Disposición Vial AM-01-2009 define en sus apartados 401.04.02.02 y 401.04.02.03 los requisitos de calidad que deben cumplir los agregados gruesos y finos para su aceptación, los cuales deben garantizarse en todo momento del proceso productivo y constructivo. En la Tabla 7 se muestran los resultados del análisis de las propiedades requeridas para el agregado grueso según se reportó en los informes de diseño de mezcla elaborados por el laboratorio de calidad del contratista y contenidos en el informe de ensayo elaborado por el LanammeUCR. Se puede observar que en todos los casos las especificaciones se cumplen satisfactoriamente.

Tabla 7. Resultados del análisis de agregado grueso reportados en los informes N°337-2011 y N°1183-2011 (LGC Ingeniería de Pavimentos S.A) e Informe I-0167-2012 (LanammeUCR).

Ensayos Agregado Grueso	Inf.337-2011 ^a	Inf.1183-2011 ^a	Inf. I-0167-2011 ^b	Especificación
Desgaste, %	19	21	--	40
Pérdida por sanidad utilizando sulfato de sodio, %	3,44	1,93	1,67	15
Índice de durabilidad,%	87	87	87,2	35
2 Caras fracturadas,%	99,7	99,8	99,4	100
Carbonatos solubles, %	97,1	98,6	--	25
Partículas planas y elongadas,%	0,9	0,5	0,0	10
Partículas friables, %	0,04	0,12	0,25	2

^a Elaborados por Laboratorio LGC

^b Elaborado por LanammeUCR

Asimismo, la fracción fina debe cumplir con diversos requisitos para asegurar la calidad del material y el desempeño satisfactorio de la mezcla asfáltica. La Tabla 8 detalla los resultados obtenidos en los informes mencionados anteriormente para la fracción fina. Las propiedades analizadas corresponden a índice de durabilidad, equivalente de arena, pérdida por sanidad y límites de Atterberg. Según se puede observar en dicha tabla las especificaciones se cumplen adecuadamente.

Tabla 8. Resultados del análisis de agregado fino reportados en los informes N°337-2011 y N°1183-2011 (LGC Ingeniería de Pavimentos S.A) e Informe I-0167-2012 (LanammeUCR).

Ensayos Agregado Fino	Inf.337-2011 ^a	Inf. 1183-2011 ^a	Inf. I-0167-2011 ^b	Especificación
Índice de durabilidad,%	70	87	70	35
Equivalente de Arena	71	72	--	50
Pérdida por sanidad utilizando sulfato de sodio, %	1,29	2,86	4,30	15
Límites de Atterberg	--	NP ^c	NP ^c	NA ^d

^a Elaborados por Laboratorio LGC

^b Elaborado por LanammeUCR

^c La muestra no desarrolló plasticidad

^d No aplica

6.1.5. Sobre la consistencia del diseño de mezcla vigente durante el periodo de estudio

HALLAZGO N° 7: LA TOLERANCIA PERMITIDA PARA LA GRANULOMETRÍA PROPUESTA EN EL DISEÑO DE MEZCLA (INFORMES N° 337-2011 Y N° 1183-2011) SE RESTRINGE PARA LOGRAR CUMPLIR LOS LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN PARA LA MALLA N°30.

Con el propósito de corroborar que la tolerancia de la granulometría de diseño determinada en los informes de diseño de mezcla N° 337-2011 y verificación del diseño N° 1183-2011 cumple satisfactoriamente con las especificadas para la “Graduación de la combinación de agregados” en la Tabla 2 de la Disposición AM-01-2009⁵, se realiza una comparación de los límites especificados para cada tamaño granulométrico con los valores extremos del rango, resultantes al aplicar la tolerancia establecida en la tabla mencionada. En la Tabla 9 se detallan los resultados de la comparación realizada.

Como resultado del análisis del rango de diseño, se evidenció que los valores indicados de porcentaje de agregado que pasa la malla N° 30, se encuentran por encima del límite superior de la especificación. Lo cual restringe el rango de tolerancia permitido en 1 unidad (de 4) para esta malla.

Además el límite inferior del rango de diseño coincide con el límite inferior de especificación para la malla de ½”. De igual manera el límite superior del rango de diseño y el límite superior de especificación coinciden para la malla N° 16.

En la Figura 4 se muestra gráficamente la comparación entre los límites del rango de diseño y los límites de especificación.

Tabla 9. Granulometría del diseño de mezcla asfáltica de acuerdo con informe N° 337-2011 y N°1183-2011.

Mallas	Rango de especificación (1)	Tolerancia de granulometría (1) (2)	Granulometría de diseño	Rango de diseño (3)	Tolerancia real de granulometría (1) (2)
¾ (19,1 mm)	100	-----	100	100	-----
½ (12,5 mm)	90 – 100	± 5	95	90– 100	± 5
(9,5 mm)	70 – 90	± 5	80	75– 85	± 5
N° 4 (4,75 mm)	45 – 65	± 4	50	46 – 54	± 4
N° 8 (2,36 mm)	28 – 39	± 4	33	29 – 37	± 4
N° 16 (1,18 mm)	16 – 26	± 4	22	18 – 26	± 4
N° 30 (600 µm)	9 – 19	± 4	16	12 – 20	-4/+3
N° 50 (300 µm)	5 – 16	± 4	11	7 – 15	± 4
N° 200 (75 µm)	2 – 8	± 2	5,8	3,8 – 7,8	± 2

⁽¹⁾ De acuerdo con los valores establecidos para la graduación de 12,5 mm en la Tabla 1 del apartado 401.04.02.01 de la Disposición Vial AM-01-2009.

⁽²⁾ La tolerancia es la desviación permisible al valor propuesto en la granulometría de diseño, sin salirse del rango especificado. La tolerancia es absoluta.

⁽³⁾ El rango de diseño se obtiene al aplicar la tolerancia a la granulometría de diseño propuesta.

⁵ Incluido en el Anexo I “Capítulo 400” del Cartel de Licitación 2009LN-000003-CV.

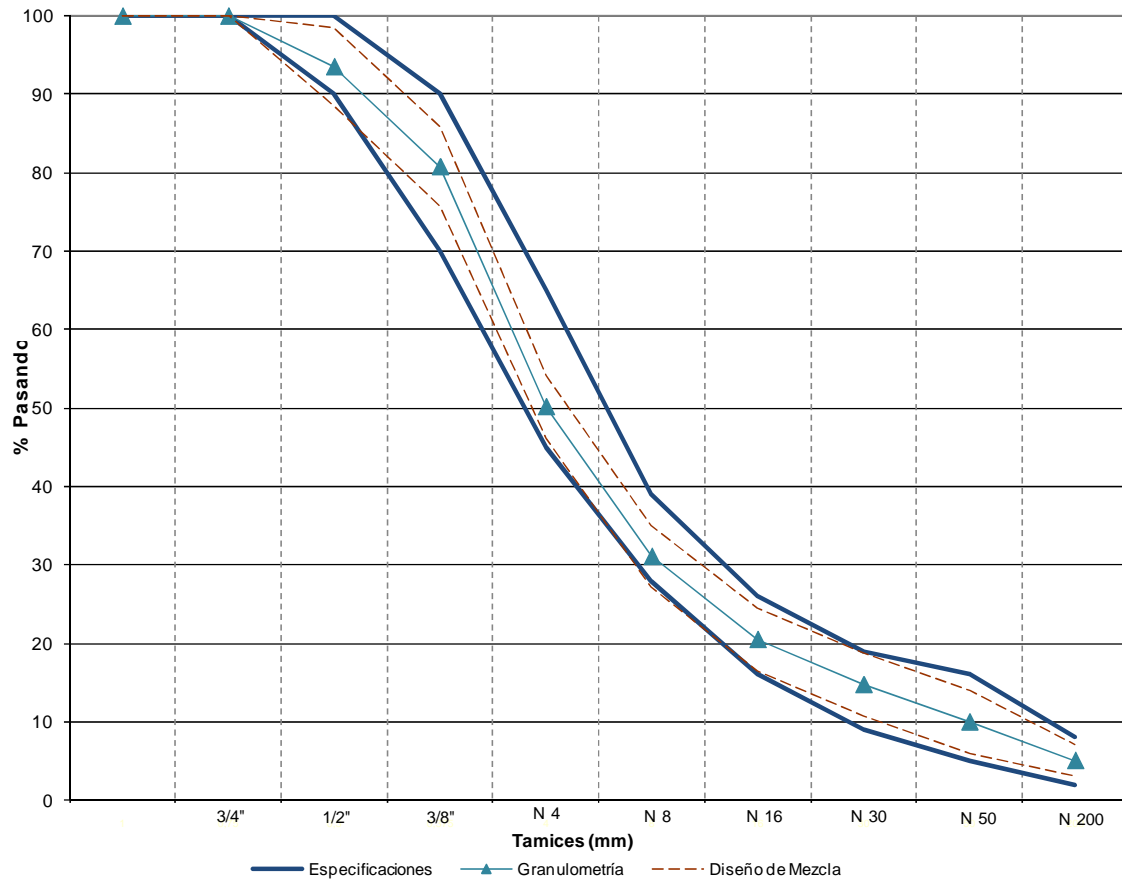


Figura 4. Gráfico comparativo de granulometría de diseño de mezcla, rango de diseño y límites de especificación según la Disposición Vial AM-01-2009.

Normativa técnica de referencia que respalda lo descrito anteriormente, se detalla a continuación: *Tabla 2 Apartado 401.04.02.01 Graduación de la combinación de agregados* de la Disposición Vial AM-01-2009.

Cuando los límites del rango de diseño sobrepasan los límites de especificación (inferior o superior) reduce el ámbito en el que puede variar la combinación granulométrica durante el proceso productivo; asimismo, la coincidencia entre los límites del rango de diseño y los límites de especificación, podría representar un riesgo potencial de incumplimiento como producto de la variabilidad propia del proceso de producción. Tal como sucede con el tamaño granulométrico de la malla N°30 en donde la magnitud del rango se reduce en un 25% hacia el límite superior, lo cual implica que por condiciones del diseño de mezcla el porcentaje de agregado que pasa dicha malla solamente puede variar en una magnitud de 3%, y no en un 4% tal como lo permite la especificación.

El riesgo de incumplimiento se produce cuando la granulometría de trabajo se acerca a algún límite del rango de diseño, y este límite coincide con el límite de especificación, lo cual no

permite tener un margen de seguridad para cumplir con la especificación y ajustar la granulometría durante el proceso productivo.

OBSERVACIÓN Nº 2: EXISTE UN RIESGO POTENCIAL DE INCUMPLIR LOS PARÁMETROS DE DISEÑO DENTRO DEL RANGO DE CONTENIDO DE ASFALTO, QUE NO SE ADVIERTE NI EN EL DOCUMENTO DE DISEÑO DE MEZCLA EMITIDO POR EL CONTRATISTA NI EN EL DOCUMENTO DE APROBACIÓN DEL DISEÑO EMITIDO POR LA ADMINISTRACIÓN.

La metodología de diseño Marshall tiene como finalidad fundamental encontrar la combinación adecuada de agregados minerales y cemento asfáltico, que permita brindarle a la mezcla asfáltica resultante una serie de características físicas y de resistencia que se establecen tanto en los requisitos contractuales de calidad, como en el diseño de la mezcla asfáltica.

La Disposición Vial AM-01-2009, en la sección 401.06 define los requisitos que cuantifican la calidad de la mezcla asfáltica a través de la definición de valores límites de algunos parámetros específicos para la mezcla asfáltica, tanto de la metodología Marshall y de características volumétricas, a saber: contenido de vacíos de la mezcla, estabilidad, flujo, vacíos en el agregado mineral (VMA), vacíos llenos de asfalto (VFA), correspondientes de la metodología Marshall y el parámetro volumétrico de la relación polvo/asfalto. En la Tabla 10 se detallan los valores establecidos en las especificaciones contractuales para cada uno de los parámetros señalados.

Tabla 10. Valores definidos para los parámetros de calidad en la Disposición Vial AM-01-2009.

Parámetro		Especificaciones
Estabilidad		Mínimo 800 kg
Flujo		20 a 35 ¹ / ₁₀₀ cm
Vacíos en la mezcla		3% a 5%
Relación polvo/asfalto		0,6 a 1,3
Vacíos en agregado mineral (VAM)		Mínimo 14%
Vacíos llenos de asfalto (VFA)		
Tráfico en millones de ejes equivalentes	Inferior a 0,3 (liviano)	70% a 80%
	De 0,3 a 3 (medio)	65% a 78%
	Superior o igual a 3 (pesado)	65% a 75%

En el informe LM-AT-41-09 ***“Evaluación de los diseños de mezcla asfáltica en caliente utilizados en actividades de conservación vial: cumplimiento de los requisitos técnicos de las especificaciones contractuales y normativa vigente”*** emitido en agosto

de 2009, se detallan los conceptos fundamentales del diseño de mezcla y la metodología aplicada para el análisis del informe de diseño presentado por el contratista.

Por otra parte, la Disposición Vial MN-01-2001, en el apartado 3.3 “Recepción del Diseño y la Formula de la Mezcla” indica que la Administración deberá aprobar el Diseño de Mezcla presentado por el Contratista, previo al inicio de la producción de mezcla asfáltica bajo este diseño. En oficio GCSV-02-2011-3000 del 15 de julio de 2011 la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes emite una aprobación general para el diseño de mezcla presentado por el contratista, sin embargo esta aprobación no contempla un análisis específico de los parámetros del diseño que permita establecer alguna posible particularidad del mismo, tal como la restricción del rango de contenido de asfalto indicado, que se define en la metodología Marshall como el óptimo $\pm 0,5\%$.

De acuerdo con la metodología Marshall los valores establecidos en las especificaciones contractuales para todos los parámetros mostrados en la Tabla 10 deben cumplirse dentro de la totalidad del rango óptimo de contenido de asfalto (óptimo $\pm 0,5\%$) indicado en el documento de diseño de la mezcla asfáltica. Al analizar el Informe N° 337-2011 se observa que todos los parámetros del diseño Marshall cumplen dentro del rango indicado de 5,60% a 6,60% por peso de mezcla, sin embargo al analizar el informe N°1183-2011, se tiene que algunos de los parámetros no cumplen con los valores especificados en la totalidad del rango óptimo (5,50% a 6,50%) indicado en el diseño, para un óptimo de contenido de asfalto de 6,0% $\pm 0,5\%$.

Por esta razón se analiza el comportamiento individual de cada parámetro indicado en el apartado 401.06.02 de la Disposición Vial AM-01-2009 dentro del rango óptimo de contenido de asfalto (ver detalle del análisis en Anexo A) en donde como resultado se determina que:

- Los parámetros de estabilidad (mayor a 800 kg), flujo (20 a 35 $1/100$ cm), relación polvo/asfalto (0,6 a 1,3) y vacíos en el agregado mineral (VMA con– un valor mínimo de 14%) se cumplen para el rango de óptimo de contenido de asfalto para ambos diseños.
- Para el diseño de mezcla presentado en el informe 337-2011, se cumple con la especificación del parámetro de vacíos (3% a 5% indicado en el inciso d. del apartado 401.06.02 de la Disposición Vial AM-01-2001) en todo el rango de contenido de asfalto. Sin embargo, según el diseño de mezcla presentado en el informe 1183-2011, el límite inferior del rango de contenido de asfalto debe aumentarse de 5,50% a 5,63% para que los vacíos de la mezcla no sobrepasen el 5%. Lo cual indica que se incumpliría con los valores límites del parámetro de vacíos en la mezcla, si durante la producción se utiliza un valor de contenido de asfalto menor a 5,63%.
- Al analizar el diseño de mezcla se obtiene que el valor de los vacíos llenos de asfalto (VFA) cumple en todo el rango de especificaciones según lo indicado en el informe 337-2011, no así en el informe 1183-2011, en donde el límite superior del contenido de asfalto debe reducirse de 6,50% a 6,29% para no sobrepasar la especificación de VFA.

- Según lo que se indica en ambos informes de diseño de mezcla asfáltica, el tránsito que se estima para la ruta se clasifica como intermedio (inferior a 3 millones de ejes equivalentes), por lo que el parámetro de VFA debe mantenerse entre 65% y 78% (inciso i. del apartado 401.06.02 de la Disposición Vial AM-01-2009). Sin embargo, cabe señalar que esta planta estaba despachando mezcla asfáltica hacia la ruta nacional 1, en tramos ubicados en Cañas, el Puente Abangares y Liberia; dicha ruta posee un flujo vehicular superior a 3 millones de ejes equivalentes, para lo cual se indica que el rango debe mantenerse entre 65% a 75%. Si el diseño de mezcla presentado en el informe 337-2011 se analiza en este rango de VFA, el límite superior del contenido de asfalto debería reducirse de 6,60% a 6,17% para no sobrepasar la especificación de VFA. De igual forma, en el informe 1183-2011, el límite superior del contenido de asfalto en este caso debería reducirse de 6,50% a 6,07%, para cumplir con el rango especificado para esta condición de tránsito.

En la Tabla 11 se muestra el resumen de los análisis realizados en donde se observan los límites máximos y mínimos del rango de contenido de asfalto requerido para el cumplimiento de cada uno de los parámetros con las especificaciones contractuales, según el informe 1183-2011, en el cual no se cumplen con los valores especificados en la totalidad del rango óptimo indicado en el diseño, como se indicó anteriormente.

En la misma tabla se indica la restricción máxima del rango de contenido de asfalto que garantizaría el cumplimiento de la totalidad de los parámetros establecidos con los valores indicados en las especificaciones contractuales.

No se presenta el resumen para el informe 337-2011 debido a que todos los parámetros cumplen con el rango óptimo establecido en el diseño.

Tabla 11. Análisis del rango efectivo de contenido de asfalto para el informe N°1183-2011.

Parámetro	Límites de especificación		Contenido de asfalto (5,50% a 6,50%)	
			Límites	
			Inferior	Superior
Estabilidad, kg	Mayor a 800		5,50	6,50
Flujo, 1/100 cm	20	35	5,50	6,50
Contenido de vacíos, %	5	3	5,63	6,50
Relación Polvo/asfalto	1,3	0,6	5,50	6,44
VMA	Mayor a 14		5,50	6,50
VFA (inferior a 3 millones)	65	78	5,50	6,29
Rango efectivo de contenido de asfalto (ver Figura 5)			5,63	6,29
Porcentaje de variación del límite de contenido de asfalto			13%	21%

En la Tabla 11 y en la Figura 5 se observa que para el diseño del informe 1183-2011, el rango de contenido de asfalto en el cual la mezcla cumpliría con los valores establecidos en las especificaciones contractuales para los parámetros de estabilidad, flujo, vacíos en la mezcla, vacíos en el agregado mineral (VMA), vacíos llenos de asfalto (VFA) y relación polvo/asfalto, se reduce en un 34% (13% el límite inferior y 21% el límite superior). Esto implica que habría que modificar la variación permitida de $\pm 0,5\%$ a $+0,29\%$ y $-0,37\%$ del óptimo de contenido de asfalto, aproximadamente.

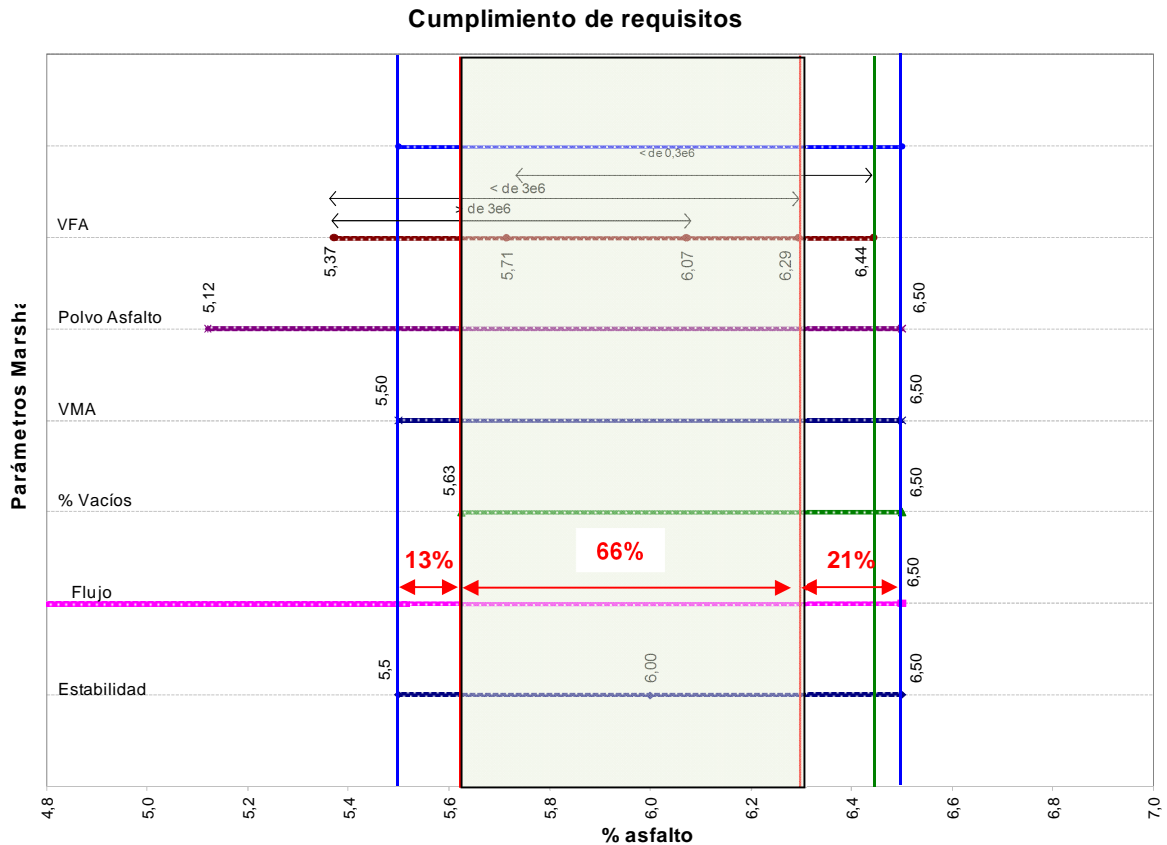


Figura 5. Análisis gráfico del rango efectivo de contenido de asfalto para el informe N° 1183-2011.

Normativa técnica de referencia que respalda lo descrito anteriormente, se detalla a continuación: Apartado 401.06 "Requisitos para la mezcla asfáltica" de la Disposición Vial AM-01-2009.

Como resultado de este análisis se puede afirmar y advertir que la producción de mezcla asfáltica debe mantenerse dentro del rango óptimo de contenido de asfalto, para minimizar el riesgo potencial de incumplimiento. Considerando la variabilidad del proceso productivo, es posible que se llegue a sobrepasar el rango óptimo de asfalto, y por tanto es esperable que los límites de especificación de algunos parámetros de la metodología de diseño puedan ser excedidos.

Del análisis al diseño del informe 1183-2011, se determina que por la reducción del rango óptimo de asfalto; si se produce mezcla asfáltica en los extremos del rango existe una alta

posibilidad de sobrepasar el valor de los requisitos establecidos en las especificaciones contractuales para los parámetros de contenido de vacíos de la mezcla y vacíos llenos de asfalto (VFA); lo cual no asegura la calidad de la mezcla asfáltica producida.

El contenido de vacíos se ve afectado por factores tales como angularidad del agregado fino y grueso, proporción de partículas planas o alargadas, relación existente entre la proporción fina y gruesa de la combinación granulométrica, porcentaje de asfalto en la mezcla, entre otros.

El incumplimiento del contenido de vacíos en la mezcla asfáltica podría provocar, entre otros deterioros, deformaciones en la carpeta asfáltica (ahuellamiento) y reducción de la durabilidad por oxidación.

Por otro lado, el incumplimiento del parámetro de vacíos llenos de asfalto (VFA) es producto de varios factores, entre los cuales se encuentran la proporción fina y gruesa de la combinación granulométrica, la porosidad del agregado, la gravedad específica bruta del agregado fino y grueso, el porcentaje de asfalto en la mezcla y el porcentaje de agregado fino y polvo mineral presente en la mezcla.

El exceder los rangos de especificación de dicho parámetros conlleva a deterioros por inestabilidad de la mezcla y exudación de asfalto; además se podrían manifestar problemas de trabajabilidad de la mezcla durante el proceso de colocación, entre otros efectos.

6.1.6. Sobre el proceso de pesaje

HALLAZGO Nº 8: EL PROCESO DE PESAJE DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CONTENIDA EN LAS VAGONETAS, QUE SE REALIZA EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE HERNÁN SOLÍS EN ABANGARES, REPORTA DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS EN EL 45% DE LOS PESOS MEDIDOS CON LOS EQUIPOS CALIBRADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA.

Durante la visita realizada en el mes de junio a la planta de producción de mezcla asfáltica, el equipo auditor determinó el peso de la mezcla asfáltica despachada en diversas vagonetas con la finalidad de corroborar el sistema y operación de la plataforma de pesaje utilizada en la planta de la Constructora Hernán Solís, localizada en Abangares.

El procedimiento de pesaje de vagonetas cargadas con mezcla asfáltica implementado por la auditoría técnica se realiza mediante un sistema de balanzas camioneras, las cuales se ubican en el sitio de la planta, de manera que se pueda pesar cada uno de los ejes de la vagoneta. Además cabe destacar que dichas balanzas cuentan con sus respectivos certificados de calibración, y que dentro del procedimiento de pesaje se considera y se valora la influencia de posibles variables tales como:

- a) Pendiente del terreno, longitudinal y transversalmente,
- b) presión de inflado de las llantas y
- c) uso del freno durante el pesaje.

Informe Final LM-PI-AT-059-12	Fecha de emisión: Setiembre de 2012	Página 31 de 44
----------------------------------	-------------------------------------	-----------------

El proceso de pesaje se realiza dos veces para cada uno de los ejes de cada vagoneta que es pesada, la primera secuencia de pesaje con la vagoneta vacía ("Tara") y la segunda secuencia con la vagoneta cargada (peso bruto), de esta forma al restar los dos pesos se obtiene el peso total de la mezcla transportada en la vagoneta (peso neto) que se está analizando. La secuencia de pesaje se muestra en la siguiente Figura 6, obsérvese que cada uno de los ejes es pesado simultáneamente.

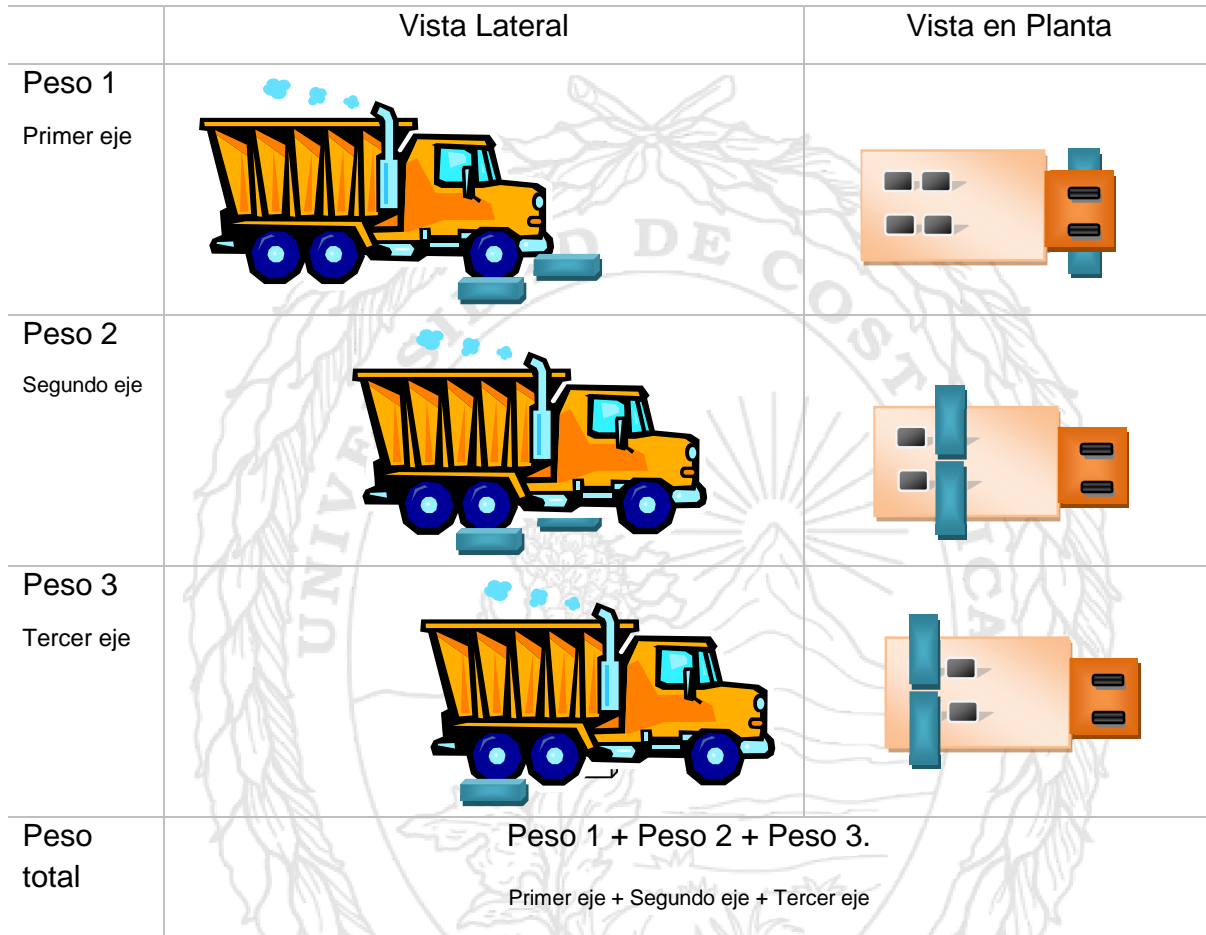


Figura 6. Esquema de proceso de pesaje de vagonetas.

Una vez obtenido los valores de peso de cada uno de los ejes de la vagoneta descargada y cargadas, se puede determinar el peso de la mezcla despachada en la planta. Luego estos valores son contrastados con los datos que se reportan en los marchamos de despacho de cada vagoneta. En la Tabla 12 se presenta el resultado de las mediciones de peso realizadas.

Tabla 12. Detalle de las mediciones de peso realizadas en la planta de la Constructora Hernán Solís, en Abangares.

Día	Placa Vagoneta	Peso Neto-Lanamme (kg)	Peso Neto - P.Abangares (kg)	Diferencia (kg) ¹	Diferencia (%) ¹
26/06/2012	129941	14.756	15.460	704	4,8%
26/06/2012	150828	13.831	14.900	1.069	7,7%
26/06/2012	145271	14.626	14.190	-436	-3,0%
26/06/2012	155071	15.835	17.120	1.285	8,1%
26/06/2012	159171	14.922	15.300	378	2,5%
26/06/2012	135761	15.850	15.830	-20	-0,1%
26/06/2012	146568	20.728	18.990	-1.738	-8,4%
26/06/2012	150179	14.724	14.830	106	0,7%
26/06/2012	145963	15.407	15.390	-17	-0,1%
27/06/2012	139753	15.710	15.640	-70	-0,4%
27/06/2012	147481	18.587	20.750	2.163	11,6%
27/06/2012	145271	7.750	7.680	-70	-0,9%
27/06/2012	141942	15.317	15.680	363	2,4%
27/06/2012	131956	15.550	16.660	1.110	7,1%
27/06/2012	131839	15.200	16.130	930	6,1%
27/06/2012	132283	16.700	17.480	780	4,7%
27/06/2012	146568	17.555	15.920	-1.635	-9,3%
27/06/2012	150179	15.500	15.460	-40	-0,3%
27/06/2012	150828	15.050	14.750	-300	-2,0%
28/06/2012	134020	15.736	15.600	-136	-0,9%
28/06/2012	159171	15.550	16.110	560	3,6%
28/06/2012	29520	15.844	15.470	-374	-2,4%
28/06/2012	139753	16.100	15.810	-290	-1,8%
28/06/2012	131956	15.850	16.660	810	5,1%
28/06/2012	141942	15.955	16.240	285	1,8%
28/06/2012	157695	17.348	17.570	222	1,3%
28/06/2012	129941	16.439	16.370	-69	-0,4%
28/06/2012	132283	14.564	15.630	1.066	7,3%
28/06/2012	14190	21.318	20.520	-798	-3,7%

¹ Diferencias negativas significan que el peso de mezcla asfáltica reportado en el marchamo del Conavi es inferior al peso obtenido por el LanammeUCR.

Como parte de un proceso de comparación de pesos mediante diferente tipos de balanzas, las prácticas internacionales permiten una diferencia entre dos diversos instrumentos para la determinación de peso, considerándose diferencias permisibles hasta de un 3% máximo (aproximadamente 300kg a 450 kg) para magnitudes cercanas entre las 10 a 15 ton, diferencias mayores a los valores indicados se consideran diferencias significativas.

De acuerdo con la Tabla 12 y la Figura 7, se tiene que un 45% de las diferencias se consideran significativas ya que exceden el 3%. Específicamente, existen dos mediciones cuyas diferencias negativas superan la tonelada (señaladas con círculos en la Figura 7). Sin embargo, se determina que no es una desviación sistemática, ya que existen diferencias negativas y positivas, lo cual podría atribuirse a las variables que influyen durante el proceso de pesaje y que fueron señalados anteriormente.



Fotografía 10. Pesaje de vagonetas en planta, pesaje en cabina de control, marchamo y boleta de despacho.

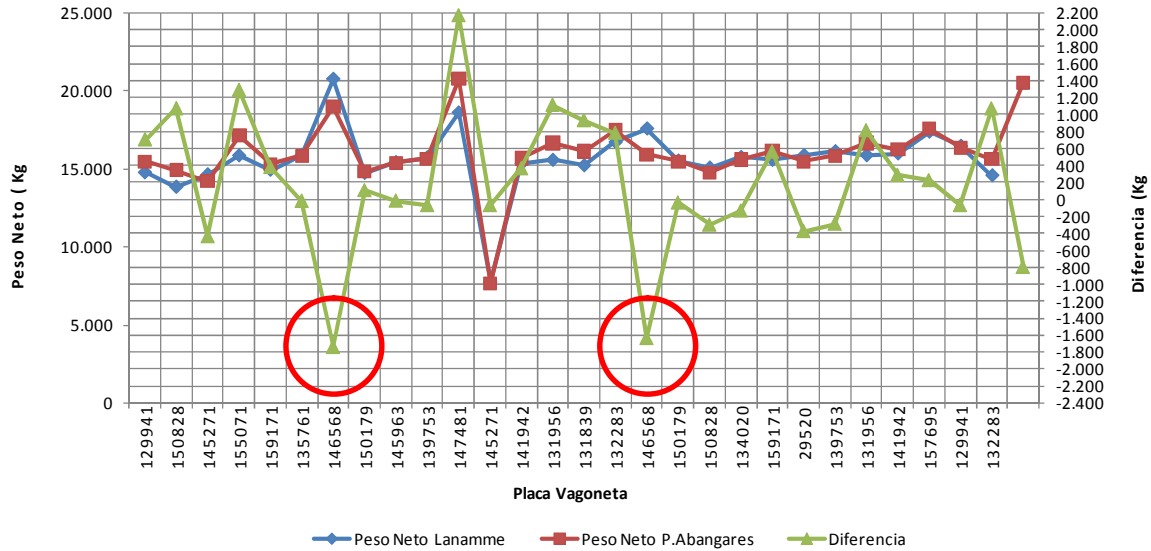





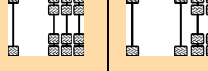
Figura 7. Gráfico comparativo de los pesos netos de vagonetas y las diferencias entre los valores.

Normativa técnica de referencia que respalda lo descrito anteriormente, se detalla a continuación: Sección 3 “Planta Mezcladora de Asfalto” del cartel de Licitación para los Proyectos de Conservación Vial Red Vial Nacional Pavimentada Licitación Pública N° 2009LN-000003-CV.

HALLAZGO N° 9: EL PROCESO DE PESAJE DE LA MEZCLA ASFÁLTICA, EVIDENCIÓ QUE ALGUNAS DE LAS VAGONETAS EVALUADAS EXCEDIERON LOS PESOS MÁXIMOS ESTABLECIDOS EN EL “REGLAMENTO DE CIRCULACIÓN POR CARRETERA CON BASE EN EL PESO Y LAS DIMENSIONES DE LOS VEHÍCULOS DE CARGA”.

El “Reglamento de Circulación por Carretera con Base en el Peso y las Dimensiones de los Vehículos de Carga” contenido en el Decreto Ejecutivo N°31363 – MOPT, establece los pesos y dimensiones reglamentarios que deben cumplir todos los vehículos que estuvieren diseñados para el transporte de carga. Según el número de ejes con que cuente el vehículo así será el peso máximo que puede transportar. En el caso de las vagonetas evaluadas en la planta de la Constructora Hernán Solís en Abangares, se tiene que en su mayoría corresponden a un tipo de vehículo denominado C3, que se define como un camión con un eje delantero simple de rodado simple (1RS) y un eje trasero doble (tandem) de rodado doble (2RD) o una combinación de ambos rodados (1RS +1RD). Adicionalmente, se pesaron 2 vagonetas tipo C4 que corresponden a camiones con un eje delantero simple de rodado simple (1RS) y un eje trasero triple (tridem) de rodado doble (3RD) o una combinación de ambos rodados (1RS+ 2RD). Ambos tipos de camión se muestran en la Tabla 13, donde también se detalla el peso máximo permitido para cada uno de ellos. Cabe aclarar que en el proceso de pesaje no se identificaron aquellas vagonetas que poseen un eje levadizo, situación que fue considerada en el análisis.

Tabla 13. Tipos de vagonetas encontradas en la Planta de Abangares y pesos máximos permitidos.

TIPO DE VEHÍCULO	ESQUEMA	CONFIGURACIÓN EJES/LLANTAS (5)	SIMBOLOGÍA DEL RODADO		NUMERO DE			GRUPO DE EJES			PESO MAX AUTORIZADO	
					EJES	LLANTAS		1er	2do	3er		
C3			1 - 2		3	10		6	16,5		22,5	
			S - D									
C4			1-3 S-D	1-1 2 S-S D	4	14	12	6	23	20	29	26

Fuente: "Reglamento de Circulación por Carretera con Base en el Peso y las Dimensiones de los Vehículos de Carga"

Al comparar los pesos brutos (vagoneta + mezcla asfáltica) medidos por el LanammeUCR con los pesos máximos autorizados (Ver Tabla 14), se plantean dos escenarios. Si ninguna de las vagonetas evaluadas posee un eje levadizo, solo una de las 29 vagonetas muestreadas no excedía el peso máximo autorizado para un vehículo de carga tipo C3, tal como se observa en la Figura 8. En el otro escenario se plantea que todas las vagonetas poseen un eje levadizo que les permite distribuir la carga de mejor manera. Considerando esta situación, se evidencia que un 14% de las vagonetas exceden el peso máximo autorizado para un vehículo de carga tipo C4, con un sobrepeso de 4,2 ton en promedio.

Tabla 14. Comparación entre pesos brutos de vagonetas medidos por el LanammeUCR en junio de 2012 y pesos máximos autorizados.

Fecha	Placa	Peso bruto medido por Lanamme	Peso bruto máximo permitido para C3	Sobrepeso total para C3 (kg) ¹	Peso bruto máximo permitido para C4	Sobrepeso total para C4 (kg) ¹
26/06/2012	129941	25.956	22.500	3.456	29.000	-3.044
	150828	24.881	22.500	2.381	29.000	-4.119
	145271	25.926	22.500	3.426	29.000	-3.074
	155071	28.535	22.500	6.035	29.000	-465
	159171	25.922	22.500	3.422	29.000	-3.078
	135761	27.050	22.500	4.550	29.000	-1.950
	146568	33.478	22.500	10.978	29.000	4.478
	150179	25.274	22.500	2.774	29.000	-3.726
	145963	26.507	22.500	4.007	29.000	-2.493
27/06/2012	139753	26.560	22.500	4.060	29.000	-2.440
	147481	35.137	22.500	-	29.000	6.137
	145271	19.000	22.500	-3.500	29.000	-10.000
	141942	25.867	22.500	3.367	29.000	-3.133
	131956	26.600	22.500	4.100	29.000	-2.400
	131839	26.600	22.500	4.100	29.000	-2.400
	132283	27.800	22.500	5.300	29.000	-1.200
	146568	30.253	22.500	-	29.000	1.253
	150179	26.200	22.500	3.700	29.000	-2.800
	150828	25.900	22.500	3.400	29.000	-3.100
28/06/2012	134020	26.636	22.500	4.136	29.000	-2.364
	159171	26.600	22.500	4.100	29.000	-2.400
	29520	28.544	22.500	6.044	29.000	-456
	139753	27.150	22.500	4.650	29.000	-1.850
	131956	26.800	22.500	4.300	29.000	-2.200
	141942	26.655	22.500	4.155	29.000	-2.345
	157695	29.098	22.500	6.598	29.000	98
	129941	27.589	22.500	5.089	29.000	-1.411
	132283	25.714	22.500	3.214	29.000	-3.286
	152720	33.868	22.500	11.368	29.000	4.868
	Promedio, kg	27.314		4.415		4.184
	Mínimo	19.000		3.214		1.253
	Máximo	35.137		11.368		6.137

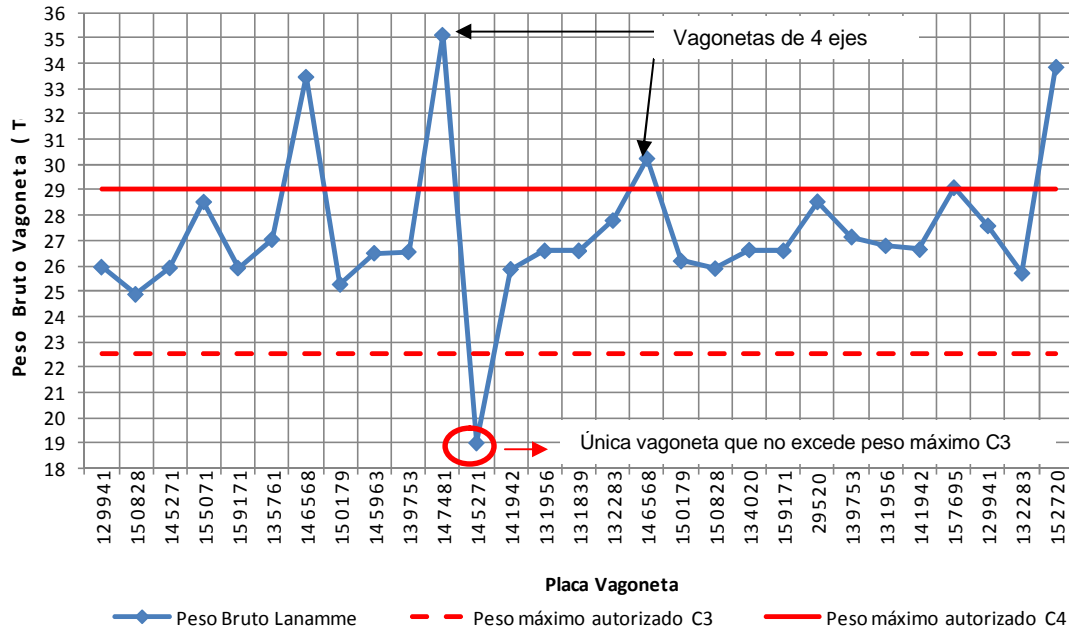


Figura 8. Pesos brutos de las vagonetas medidos por el LanammeUCR en planta asfáltica de Abangares.

El sobrepeso en el transporte de carga es una práctica que ocasiona niveles considerables de daño al pavimento. El daño al pavimento, tiene tres peculiaridades: 1) es atribuible exclusivamente a los vehículos de carga; 2) crece muy bruscamente al aumentar los pesos que llevan, y 3) no se percibe de inmediato, como los otros impactos, lo que dificulta tanto su control como la concientización de los transportistas acerca de la magnitud del impacto. La consecuencia es el deterioro acelerado tanto de las estructuras nuevas de pavimento como de las rehabilitadas; lo cual significa que van a presentarse baches, grietas y deformaciones en la superficie de manera anticipada. Por lo tanto, es muy importante que se supervise desde el momento del despacho de la mezcla asfáltica en planta, el cumplimiento de los pesos máximos autorizados por ley.

Normativa técnica de referencia que respalda lo descrito anteriormente, se detalla a continuación: Decreto N° 31363 - MOPT y reformas. "Reglamento de Circulación por Carretera con Base en el Peso y las Dimensiones de los Vehículos de Carga".

6.2. APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS PARA ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE CALIDAD.

OBSERVACIÓN N°3: OPORTUNIDAD DE MEJORA PARA EL ANÁLISIS DE RESULTADOS DE CALIDAD DERIVADOS DE LOS PROCESOS DE CONTROL Y VERIFICACIÓN

Con el fin de ejemplificar el análisis de resultados derivados del proceso productivo de la planta asfáltica en estudio, se analizaron los resultados de control y verificación de la calidad durante los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2011. Cabe aclarar que no se entregó al equipo auditor los resultados de autocontrol correspondientes al mes de noviembre del 2011, por lo que el análisis de ese mes se basó solamente en la información obtenida de los reportes del laboratorio de verificación.

Los gráficos de control estadístico son utilizados para determinar la variabilidad del proceso productivo y tienen como objetivo esencial identificar a tiempo y corregir variaciones en el proceso que puedan afectar a la calidad del producto final.

En el caso de este informe, se desarrollaron gráficos de control estadístico para evaluar la variabilidad de la producción durante el periodo antes mencionado. En el Anexo B se detalla el procedimiento realizado para dicho análisis, también se muestran los gráficos de control estadístico llamados gráfico de promedios (\bar{X}) y gráfico de rangos (R), para cada variable de la metodología Marshall que presentaron alta variabilidad y/o incumplimiento de las especificaciones contractuales.

Del análisis realizado se observa que las variables de estabilidad, vacíos en la mezcla asfáltica y vacíos en el agregado mineral (VMA) presentaron una alta variabilidad durante el periodo analizado. Esta variabilidad se puede atribuir a un predominio de causas asignables⁶ durante los meses de octubre a diciembre de 2011 que no fueron detectadas a tiempo, impidiendo disponer de la oportunidad de corregir el proceso productivo como lo indican las buenas prácticas de control de calidad, y aumentando el riesgo de incumplimiento la producción de mezcla asfáltica.

Por otra parte, el parámetro VFA (vacíos llenos de asfalto) presentó una alta variabilidad así como incumplimiento de las especificaciones contractuales. La alta variabilidad encontrada (entre un 48% a 74% fuera de límites de control) no fue detectada ni corregida a tiempo, lo cual conllevó al incumplimiento en este parámetro, de ahí la importancia de implementar herramientas estadísticas para analizar los resultados de control de calidad que permitan mantener la producción dentro de límites de control aceptables y minimizar el riesgo potencial de incumplimientos.

⁶ Son causas que pueden ser identificadas y que conviene descubrir y eliminar, por ejemplo, una falla de la planta asfáltica por desgaste de una pieza, un cambio muy notorio en la calidad del asfalto, etc.

7. CONCLUSIONES

A partir de las visitas realizadas en los meses de enero y junio de 2012 a la planta de asfalto de la Constructora Hernán Solís, ubicada en Abangares, la valoración de la documentación de calibración, control de la calidad y del análisis del diseño de mezcla asfáltica, se emiten las siguientes conclusiones, con el propósito principal de aportar elementos técnicos a los procesos de mejora continua:

- a. En el momento de las visitas, la planta de producción de asfalto reunía los requisitos generales solicitados en la documentación contractual, entre ellos la combinación de agregados se realiza con cuatro tolvas, los componentes de tambor secador y mezclador, quemador, casa de filtros, bomba de asfalto, plataforma de pesaje y cabina de control. Al momento de la gira realizada en enero, se observó un funcionamiento inadecuado del colector de polvos, sin embargo, dicha situación estaba solventada cuando se volvió a visitar la planta en junio.
- b. Durante las visitas realizadas y con base en la documentación relacionada con el control metrológico, se determina evidencia que permite afirmar que algunos de los componentes de medición e indicadores de temperatura con que cuenta la planta de producción de mezcla asfáltica no se mantienen bajo actividades de calibración o comprobación vigentes.
- c. El control de los cuatro apilamientos agregados gruesos, intermedios y polvo de piedra se realiza de acuerdo con lo solicitado en la documentación contractual en cuanto a control granulométrico, determinación de humedades y protección de acopios.
- d. Durante la producción y despacho de la mezcla asfáltica producida en planta, el inspector de planta del Conavi, supervisa las actividades realizadas anotando en las guías de entrega y despacho de mezcla. Asimismo, se utiliza el sistema de control de marchamos para el transporte de la mezcla a sitio de trabajo.
- e. Al momento de la visita realizada en enero a la planta, se observó que el inspector no acostumbra mantener un diario del inspector en donde se anote labores realizadas, la hora de inicio y final de supervisión y cualquier anomalía que se haya presentado durante el proceso de producción y despacho de la mezcla. No obstante, durante la visita en junio el inspector a cargo si llevaba el diario de dicha información. En ninguna de las dos visitas realizadas se observó que los inspectores portaran una termocupla para medir las temperaturas de la mezcla despachada.
- f. Se observa que 1 de los 5 resultados del parámetro de contenido de asfalto reportados en el informe de ensayos de las muestras tomadas, se encuentran fuera de la tolerancia establecida en la Disposición Vial AM-01-2009 (óptimo de asfalto $\pm 0,5\%$).

Informe Final LM-PI-AT-059-12	Fecha de emisión: Setiembre de 2012	Página 39 de 44
----------------------------------	-------------------------------------	-----------------

- g. La mayoría de los resultados de granulometría realizados por el LanammeUCR cumplen satisfactoriamente los requisitos establecidos, sin embargo un resultado de tamaño granulométrico de la malla 3/8" presenta incumplimiento con los límites definidos en la Disposición Vial AM-01-2009 para un tamaño máximo nominal de 12,5 mm.
- h. De los ensayos realizados a los agregados utilizados para la producción de mezcla asfáltica, se observa que todas las propiedades establecidas en la Disposición Vial AM-01-2009 cumplieron con los límites especificados.
- i. Del análisis realizado al diseño de mezcla se tiene que la tolerancia permitida para la granulometría propuesta se restringe para lograr cumplir con los límites de especificación para la malla N°30.
- j. La evidencia documental permite afirmar que ni la administración en el documento de aprobación del diseño, ni el propio documento de diseño de mezcla emitido por el contratista, advierten alguna restricción relacionada con el rango de contenido de asfalto, que minimice el riesgo de incumplir los parámetros de diseño definidos en la disposición vial AM-01-2009 para la metodología Marshall y requisitos de la mezcla asfáltica.
- k. Asimismo, al analizar el diseño de mezcla determinó que los parámetros volumétricos de porcentaje de vacíos en la mezcla y vacíos llenos de asfalto (VFA) muestran un riesgo potencial de incumplimiento en un 34% del rango de contenido óptimo de asfalto establecido en el diseño de mezcla (Informe 1183-2011). El exceder los valores establecidos en los términos contractuales, en dichos parámetros pueden causar deterioros por inestabilidad de la mezcla o por exudación de asfalto.
- l. Del proceso de pesaje durante el despacho de vagonetas cargadas con mezcla asfáltica, se evidencia que existen diferencias significativas en el 45% de los pesos reportados en las boletas de despacho y los obtenidos por el LanammeUCR.
- m. Además, al evaluar los pesos brutos (vagoneta + mezcla asfáltica) de las vagonetas despechadas de la planta de Abangares, se evidenció que si las vagonetas no cuentan con un eje levadizo, el 97% de las vagonetas medidas excede el peso máximo autorizado por ley en promedio 4,3 toneladas. En caso que cuenten con un eje levadizo que permita distribuir la carga, se evidenció que el 14% de las vagonetas exceden el peso máximo en promedio 4,2 toneladas.
- n. El análisis de los resultados de control y verificación de la calidad para el período comprendido entre octubre y diciembre del 2011 determina una alta variabilidad en el proceso de producción de mezcla asfáltica, específicamente en los parámetros de estabilidad, vacíos en la mezcla asfáltica y vacíos en el agregado mineral (VMA), lo cual podría aumentar el riesgo de incumplimiento de las especificaciones contractuales.

- o. Por otra parte, el parámetro VFA (vacíos llenos de asfalto) presentó una alta variabilidad así como incumplimiento de las especificaciones contractuales. La alta variabilidad no fue detectada ni corregida a tiempo, lo cual conllevó al incumplimiento en este parámetro.

8. RECOMENDACIONES

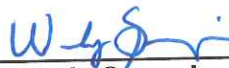
A continuación se listan algunas recomendaciones para que sean consideradas por la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, con el propósito de que se definan e implementen soluciones integrales a éste y futuros proyectos.

- a. Incluir dentro de las labores de supervisión el monitoreo y control de la variabilidad inherente del proceso productivo para reducir el riesgo de incumplimientos de las especificaciones contractuales en lo que se refiere a los parámetros de vacíos, VFA y tamaños granulométricos de los agregados de la mezcla asfáltica.
- b. Implementar un procedimiento que permita realizar una revisión integral del diseño de mezcla asfáltica que se presenta a la Administración, para corroborar que los parámetros volumétricos de la mezcla se cumplen en todo el rango de contenido de asfalto propuesto para la producción y con el propósito principal de garantizar la calidad de la mezcla asfáltica que se produciría con dicho diseño.
- c. Brindar mayor capacitación a los inspectores de planta para que implementen adecuadamente todos los controles y documentación establecida en las Disposición Vial AM-03-2001.
- d. Adicionalmente, capacitar a los inspectores para que velen por el cumplimiento del “Reglamento de Circulación por Carretera con Base en el Peso y las Dimensiones de los Vehículos de Carga”, específicamente en lo que respecta a controlar el peso máximo autorizado para los vehículos que transportan mezcla asfáltica.

Equipo Auditor

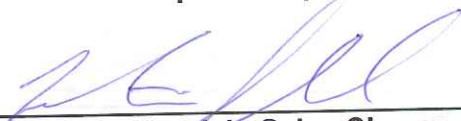


Ing. Víctor Cervantes Calvo.
Auditor Técnico, LanammeUCR



Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.
Auditora Técnica, LanammeUCR

Aprobado por:



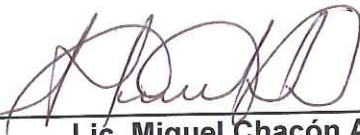
Ing. Mauricio Salas Chaves
Coordinador a.i. Auditoría Técnica, LanammeUCR

Aprobado por:

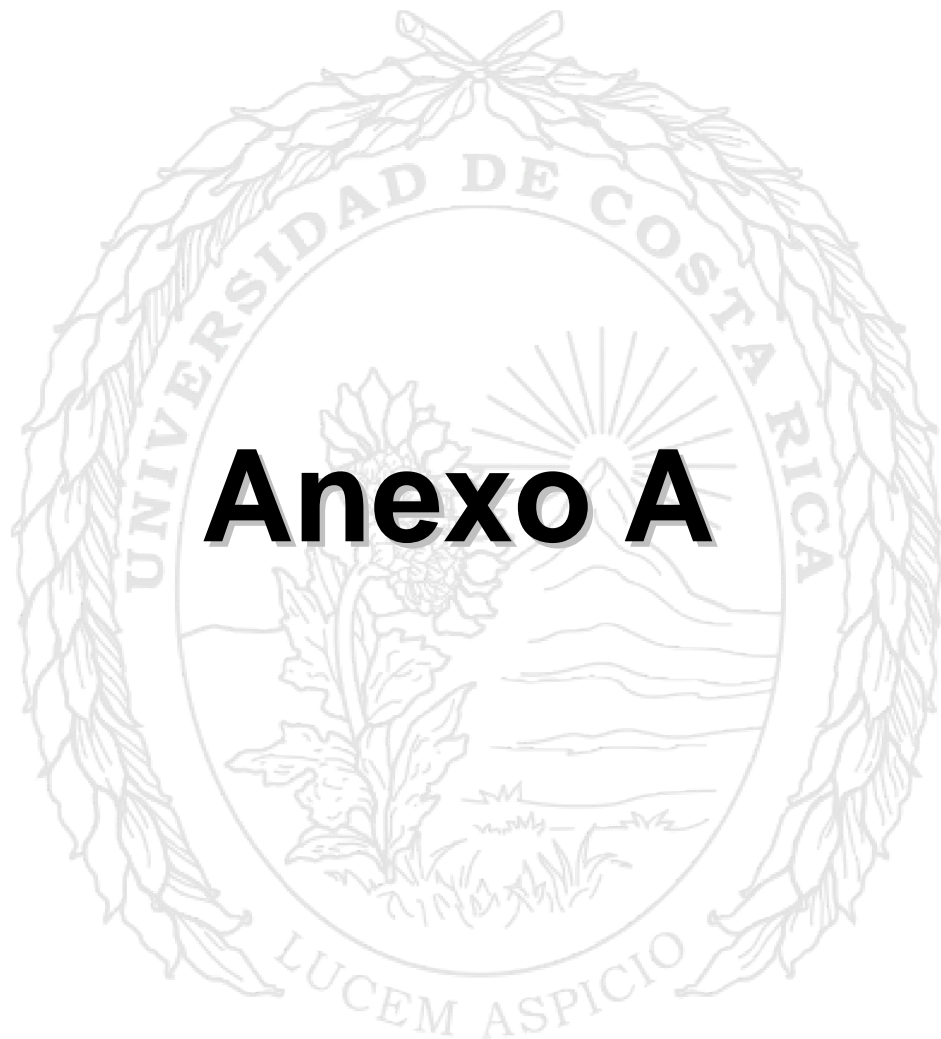


Ing. Luis Guillermo Loria Salazar, PhD.
Coordinador General Programa de Infraestructura de
Transporte, LanammeUCR

Visto bueno de legalidad



Lic. Miguel Chacón Alvarado.
Asesor Legal LanammeUCR



ANEXO A

ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE LOS DISEÑOS DE MEZCLA ASFÁLTICA PRESENTADOS POR LA CONSTRUCTORA HERNÁN SOLÍS EN ABANGARES. LICITACIÓN PÚBLICA NO. 2009LN-000003-CV. LÍNEA 5 ZONA 2-2: CAÑAS

Con el propósito de simplificar la comprensión del resultado del análisis, se elabora un diagrama para cada parámetro contenido en el diseño de mezcla. En el diagrama se detallan dos parámetros, uno es el contenido de asfalto, identificado como “Rango Asfalto”, para el cual se indican los valores de los límites del rango óptimo y se detallan algunos puntos intermedios de contenido de asfalto. El segundo parámetro corresponde al que se está analizando señalando su cumplimiento o incumplimiento con respecto a las especificaciones contractuales dentro del rango óptimo de contenido de asfalto en el cual se produce la mezcla asfáltica. Para indicar los valores de contenido de asfalto en los cuales el parámetro cumple con las especificaciones establecidas, se utilizan líneas inclinadas, mientras que se usa el color anaranjado para denotar los valores de contenido de asfalto en los cuales el parámetro ya no cumpliría con los requisitos establecidos en las especificaciones contractuales.

Como resultado del análisis se determina que:

- El parámetro de estabilidad es mayor a 800 kg en todo el rango de contenido de asfalto. Por lo que se cumple con las especificaciones de este parámetro, (inciso a. del apartado 401.06.02 de la Disposición Vial AM-01-2009) en todo el rango óptimo de contenido de asfalto.

Rango de Asfalto	5,60	5,65	5,70	5,75	5,80	5,85	5,90	5,95	6,00	6,05	6,10	6,15	6,20	6,25	6,30	6,35	6,40	6,45	6,50	6,55	6,60	
Estabilidad /Inf.337-2011	[Barra de gráfico]																					
Rango de Asfalto	5,50	5,55	5,60	5,65	5,70	5,75	5,80	5,85	5,90	5,95	6,00	6,05	6,10	6,15	6,20	6,25	6,30	6,35	6,40	6,45	6,50	
Estabilidad/ Inf.1183-2011	[Barra de gráfico]																					

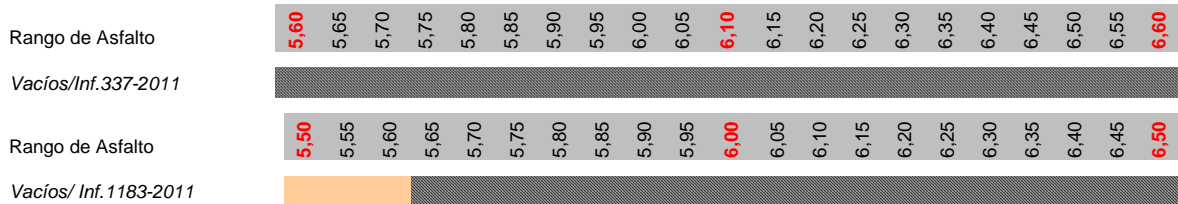
- Se cumple con el rango del parámetro de flujo (20 a 35 $1/100$ cm indicado en el inciso b. del apartado 401.06.02 de la Disposición Vial AM-01-2009) en todo el rango de contenido de asfalto.

Rango de Asfalto	5,60	5,65	5,70	5,75	5,80	5,85	5,90	5,95	6,00	6,05	6,10	6,15	6,20	6,25	6,30	6,35	6,40	6,45	6,50	6,55	6,60	
Flujo/Inf.337-2011	[Barra de gráfico]																					
Rango de Asfalto	5,50	5,55	5,60	5,65	5,70	5,75	5,80	5,85	5,90	5,95	6,00	6,05	6,10	6,15	6,20	6,25	6,30	6,35	6,40	6,45	6,50	
Flujo/ Inf.1183-2011	[Barra de gráfico]																					

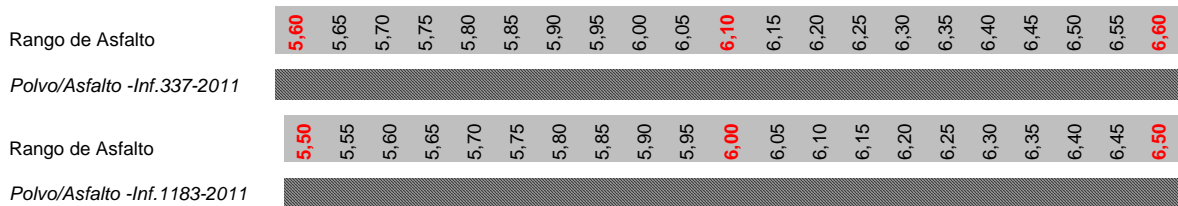
- Para el diseño de mezcla presentado en el informe 337-2011, se cumple con el rango del parámetro de vacíos (3% a 5% indicado en el inciso d. del apartado 401.06.02 de la Disposición Vial AM-01-2001) en todo el rango de contenido de

Informe Final-Anexo A LM-PI-AT-059-12	Fecha de emisión: Setiembre de 2012	Página A-1 de A-5
--	-------------------------------------	-------------------

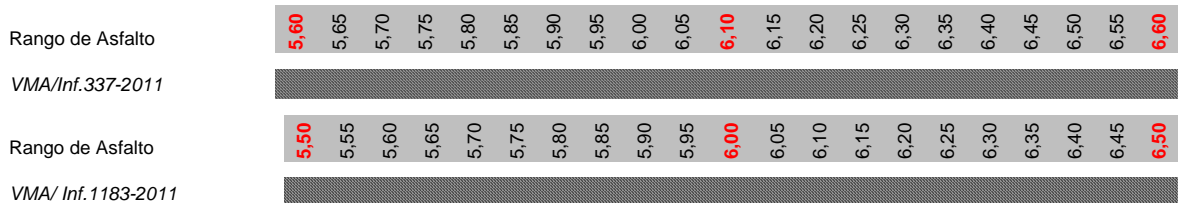
asfalto. Sin embargo, según el diseño de mezcla presentado en el informe 1183-2011, el límite inferior del rango de contenido de asfalto debe aumentarse de 5,50% a 5,63% para que los vacíos de la mezcla no sobrepasen el 5%. Lo cual indica que se incumpliría con los valores límites de este parámetro si durante la producción se utiliza un valor de contenido de asfalto menor a 5,63%.



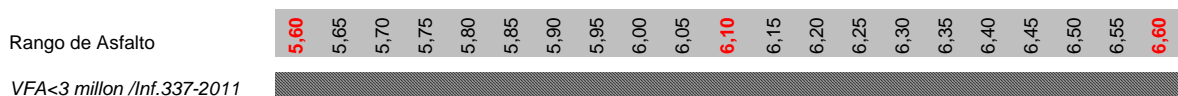
- Se cumple con el rango del parámetro de relación polvo/asfalto (0,6 a 1,3 indicado en el inciso e. del apartado 401.06.02 de la Disposición Vial AM-01-2009) en todo el rango de contenido de asfalto.

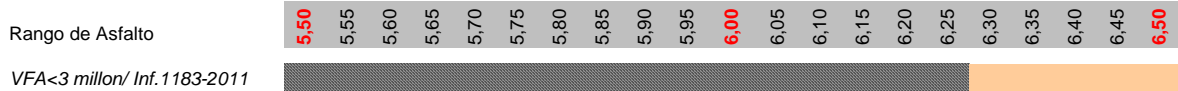


- Los vacíos en el agregado mineral son superiores al valor mínimo de 14% en todo el rango de contenido de asfalto (inciso f. del apartado 401.06.02 de la Disposición Vial AM-01-2009).

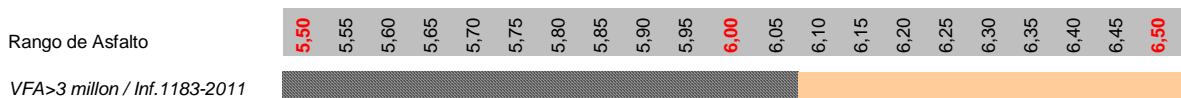


- Según lo que se indica en ambos informes de diseño de mezcla asfáltica, el tránsito que se estima para la ruta se clasifica como intermedio (inferior a 3 millones de ejes equivalentes), por lo que el parámetro de VFA debe mantenerse entre 65% y 78% (inciso i. del apartado 401.06.02 de la Disposición Vial AM-01-2009). Al analizar el diseño de mezcla se obtiene que el valor de VFA cumple en todo el rango de especificaciones según lo indicado en el informe 337-2011, no así en el informe 1183-2011, en donde el límite superior del contenido de asfalto debe reducirse de 6,50% a 6,29% para no sobrepasar la especificación de VFA.





Cabe señalar que esta planta estaba despachando mezcla asfáltica hacia la ruta nacional 1, en tramos como Cañas, el Puente Abangares y Liberia; las cuales poseen un flujo vehicular superior a 3 millones de ejes equivalentes. Este es un factor importante a tomar en cuenta en el diseño de mezcla, ya que existen varios parámetros que se ajustan de acuerdo con el tránsito esperado. En el caso específico del parámetro VFA, el rango debe mantenerse entre 65% a 75% cuando los ejes equivalentes son mayores a 3 millones. Si el diseño de mezcla presentado en el informe 337-2011 se analiza en este rango, el límite superior del contenido de asfalto debería reducirse de 6,60% a 6,17% para no sobrepasar la especificación de VFA. De igual forma, en el informe 1183-2011, el límite superior del contenido de asfalto en este caso debería reducirse de 6,50% a 6,07%, para cumplir con el rango especificado para esta condición de tránsito.



En la Tabla A-1 se muestra el resumen de los análisis realizados en donde se observa los límites máximos y mínimos del rango de contenido de asfalto requerido para el cumplimiento de cada uno de los parámetros con las especificaciones contractuales, según el informe 1183-2011, el cual no cumplen con los valores especificados en la totalidad del rango óptimo indicado en el diseño, como se indicó anteriormente.

En la misma tabla se indica la restricción máxima del rango de contenido de asfalto que garantizaría el cumplimiento de la totalidad de los parámetros establecidos con los valores indicados en las especificaciones contractuales.

Tabla A-1. Análisis del rango efectivo de contenido de asfalto para el informe N°1183-2011

Parámetro	Límites de especificación		Contenido de asfalto (5,50% a 6,50%)	
			Porcentaje de cumplimiento	
			Mínimo	Máximo
Estabilidad, kg	Mayor a 800		5,50	6,50
Flujo, 1/100 cm	20	35	5,50	6,50
Contenido de vacíos, %	5	3	5,63	6,50
Relación Polvo/asfalto	1,3	0,6	5,50	6,44
VMA	Mayor a 14		5,50	6,50
VFA (mayor 3 millones)	65	78	5,50	6,29
Rango efectivo de contenido de asfalto (ver Figura A-1)			5,63	6,29
Porcentaje de variación del límite de contenido de asfalto			13%	21%

En la Tabla A-1 y en la Figura A-1 se observa que el rango de contenido de asfalto en el cual la mezcla cumpliría con los valores establecidos en las especificaciones contractuales para los parámetros de estabilidad, flujo, vacíos en la mezcla, VMA, VFA y relación polvo/asfalto, se reduce en un 34% (13% el límite inferior y 21% el límite superior). Esto implica que habría que modificar la variación permitida de $\pm 0,5\%$ a $+0,29\%$ y $-0,37\%$ del óptimo de asfalto, aproximadamente.

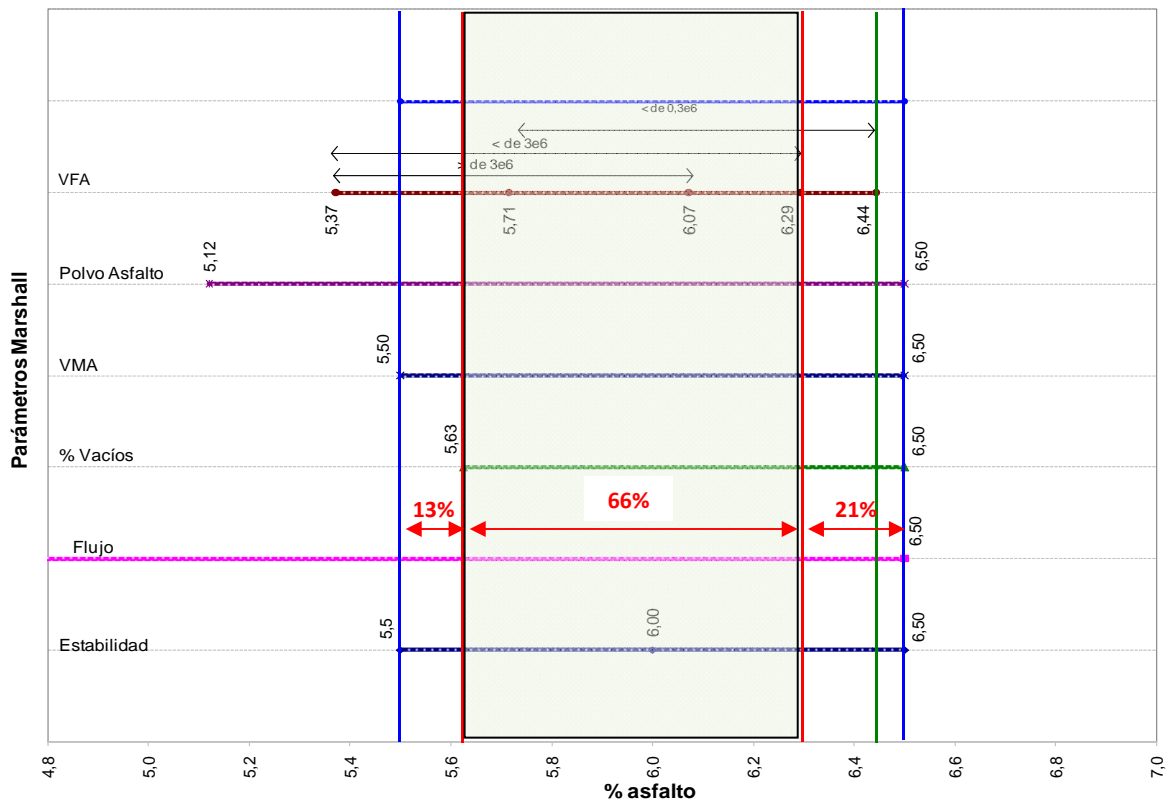


Figura A-1. Análisis gráfico del rango efectivo de contenido de asfalto para el informe N° 1183-2011.



*Normativa técnica de referencia que respalda lo descrito anteriormente, se detalla a continuación:
Apartado 401.06 "Requisitos para la mezcla asfáltica" de la Disposición Vial AM-01-2009.*

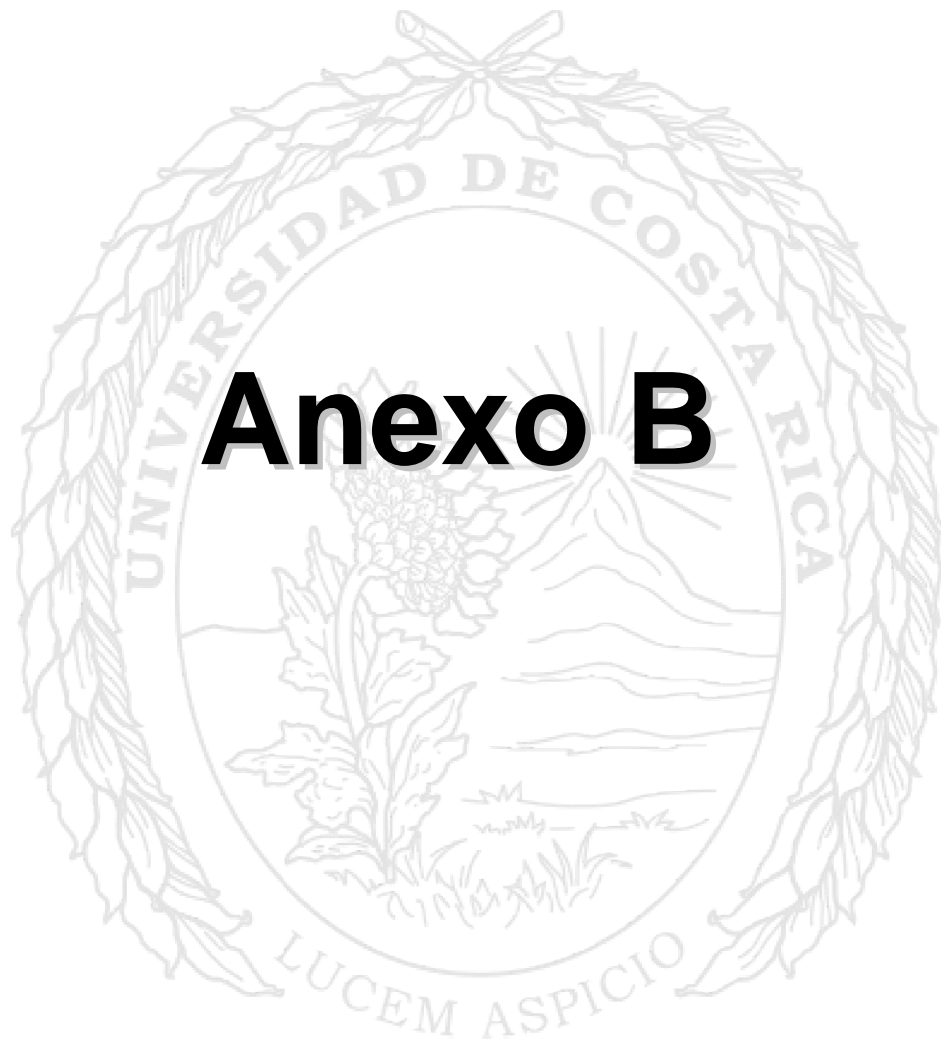
Como resultado de este análisis se puede afirmar y advertir que el producir mezcla asfáltica en la totalidad del rango óptimo de contenido de asfalto implica un riesgo potencial de incumplimiento, debido a que en los extremos del rango existe una alta posibilidad de sobrepasar el valor de los requisitos establecidos en las especificaciones contractuales para los parámetros de contenido de vacíos de la mezcla y vacíos llenos de asfalto (VFA), lo cual no asegura la calidad de la mezcla asfáltica producida.

El contenido de vacíos se ve afectado por factores tales como angularidad del agregado fino y grueso, proporción de partículas planas o alargadas, relación existente entre la proporción fina y gruesa de la combinación granulométrica, porcentaje de asfalto en la mezcla, entre otros.

El incumplimiento del contenido de vacíos en la mezcla asfáltica podría provocar, entre otros deterioros, deformaciones en la carpeta asfáltica (ahuellamiento) y reducción de la durabilidad por oxidación.

Por otro lado, el incumplimiento de los parámetros VFA es producto de varios factores, entre los cuales se encuentran la proporción fina y gruesa de la combinación granulométrica, la porosidad del agregado, el porcentaje de asfalto en la mezcla y el porcentaje de agregado fino y polvo mineral presente en la mezcla.

El exceder los rangos de especificación de dicho parámetros conlleva a deterioros por inestabilidad de la mezcla y exudación de asfalto; además se podrían manifestar problemas de trabajabilidad de la mezcla durante el proceso de colocación, entre otros efectos.



ANEXO B

ANÁLISIS DE RESULTADOS DE CONTROL DE LA CALIDAD DE LA PLANTA DE PRODUCCION DE MEZCLA ASFÁLTICA DE LA CONSTRUCTORA HERNÁN SOLÍS EN ABANGARES. LICITACIÓN PÚBLICA NO. 2009LN-000003-CV. LÍNEA 5 ZONA 2-2: CAÑAS

Descripción del procedimiento

Para analizar la variabilidad de los datos de control de calidad de los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2011, se procedió a crear gráficos de control estadístico llamados: gráfico de promedios (\bar{X}) y gráfico de rangos (R), los cuales se usan ampliamente para monitorear la media y la variabilidad. El control del promedio del proceso suele hacerse por medio de la gráfica de control para promedios o gráfica \bar{X} . La variabilidad del proceso puede determinarse con una gráfica de control para el rango, llamada gráfica R.

El propósito de los gráficos de control es asistir al personal de control de calidad en mantener la uniformidad del proceso. Algún punto que se salga de los límites de control debería ser una señal de peligro, y una razón para investigar el por qué ocurrió. Si todos los puntos en los gráficos de control estadístico se encuentran dentro de los límites de control, el proceso está “estadísticamente controlado” y no se llegará a incumplir con los límites de especificación a menos que ocurra algún cambio.

Es importante señalar que los límites de control son diferentes a los límites de especificación. Preferiblemente se desea que los límites de control estén contenidos dentro de los límites de especificación, de manera que esta condición muestre que el proceso productivo tiene capacidad de manufacturar el producto deseado con las especificaciones establecidas (límites de especificación). Los límites de control se determinan a partir de la variabilidad (desviación estándar) del proceso, de forma tal que dicha variación no exceda los límites de especificación.

Cuando se encuentran valores fuera de los límites de control en los gráficos de promedios, es señal de un cambio general que afecta a toda la producción realizada posterior a esa fecha. Las causas comunes son un cambio en el material, el personal, la preparación y desgaste de la planta, la temperatura, entre otros.

En el gráfico de rangos, valores fuera de los límites de control indican que la uniformidad del proceso ha cambiado. Las causas comunes son la variabilidad del material, desgaste excesivo en los componentes de la planta, etc.

Análisis de resultados

A continuación se presenta el análisis de las gráficas \bar{X} y R para las variables de la mezcla asfáltica que mostraron incumplimiento de las especificaciones contractuales o donde se observó una alta variabilidad.

Informe-Anexo B LM-PI-AT-059-12	Fecha de emisión: Setiembre de 2012	Página B-1 de B-6
------------------------------------	-------------------------------------	-------------------

ESTABILIDAD

Para el parámetro de estabilidad se destacan diversos aspectos con relación a la variabilidad del proceso. En primer lugar, en el gráfico para promedios (Gráfico B-1) se observa que un 21% de los resultados se salen de los límites de control, esto significa que se presentaron cambios generales durante la producción que influyeron en el valor de estabilidad. Cada vez que se presenta un valor fuera del límite de control es una llamada de alerta para que se tomen medidas inmediatas para volver a obtener un proceso bajo control estadístico (dentro de los límites de control y especificación). Sin embargo, del gráfico para promedios se aprecia que hasta finales del mes de diciembre se logra nuevamente mantener los resultados dentro de los límites de control. Por otra parte, el gráfico para rangos (Gráfico B-2) muestra que se mejoró la uniformidad del proceso del mes de diciembre con relación al mes de octubre, ya que el rango de variabilidad es menor en diciembre.

Gráfico B-1. Gráfico para promedios de los resultados de auto control de octubre a diciembre del 2011 para el parámetro de estabilidad.

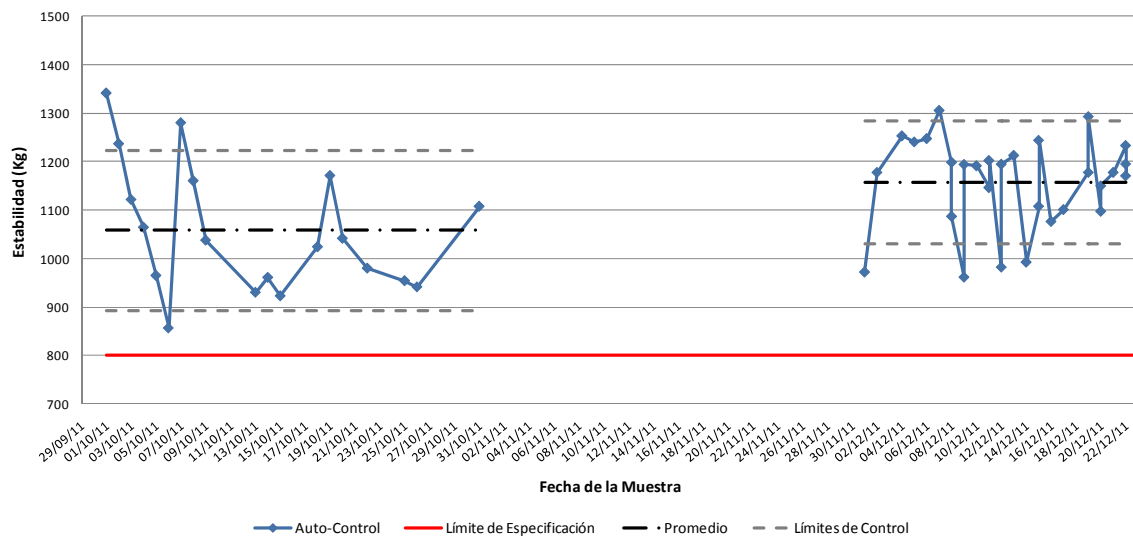
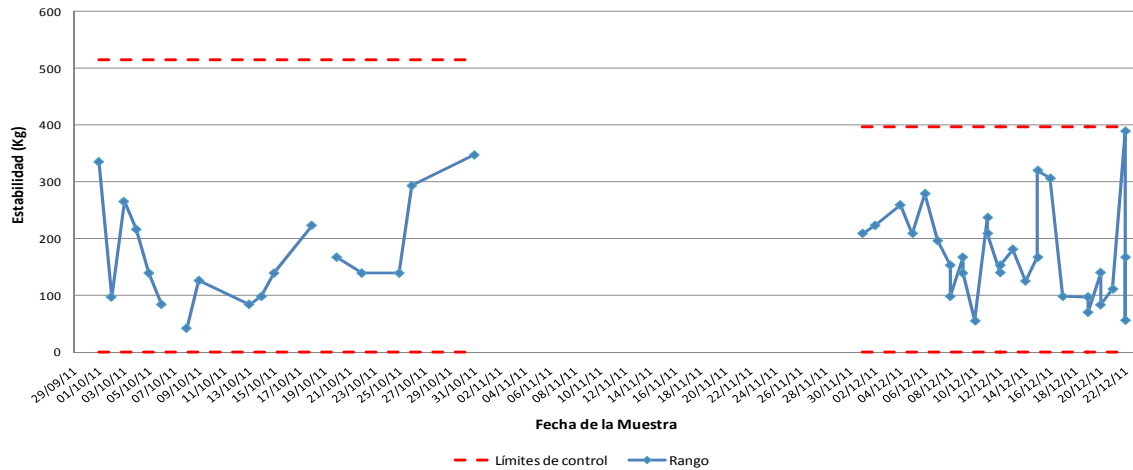


Gráfico B-2. Gráfico de rangos de los resultados de auto control de octubre a diciembre del 2011 para el parámetro de estabilidad.



VACÍOS EN LA MEZCLA ASFÁLTICA

El gráfico para promedios correspondiente a los resultados de vacíos en la mezcla asfáltica (Gráfico B-3) muestra que un 49% de los datos se encuentran fuera de los límites de control, evidenciando que existen causas asignables que no han sido detectadas ni corregidas a tiempo. Esta situación conlleva a un proceso que no está bajo control estadístico y que tiene un riesgo considerable de incumplir con los límites de especificación si no se toman las medidas de forma más expedita. Asimismo, el Gráfico B-4 muestra que las diferencias entre los valores mínimos y máximos de cada muestra analizada se encuentran en menos de 1% de vacíos.

Gráfico B-3. Gráfico para promedios de los resultados de auto control de octubre a diciembre de 2011 para el parámetro de vacíos.

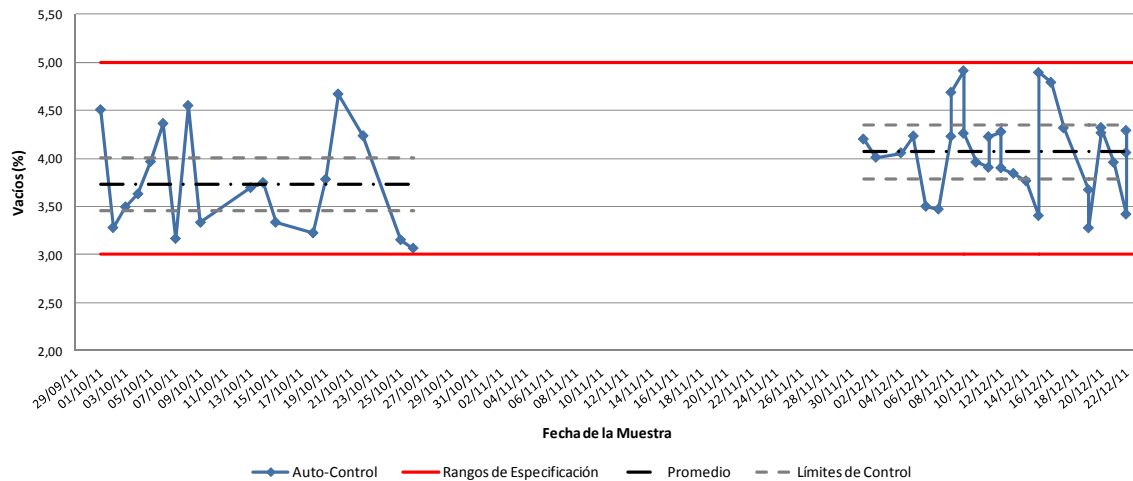
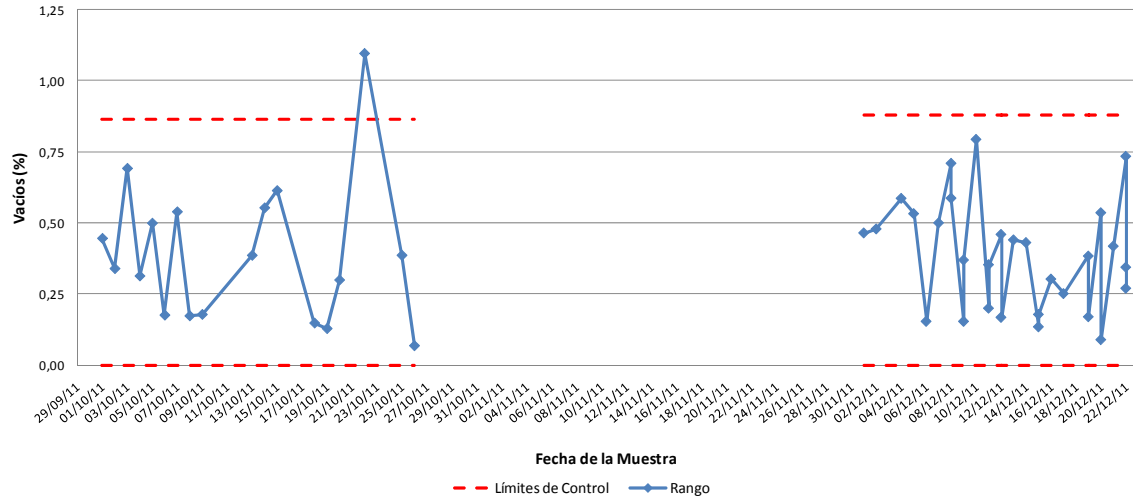


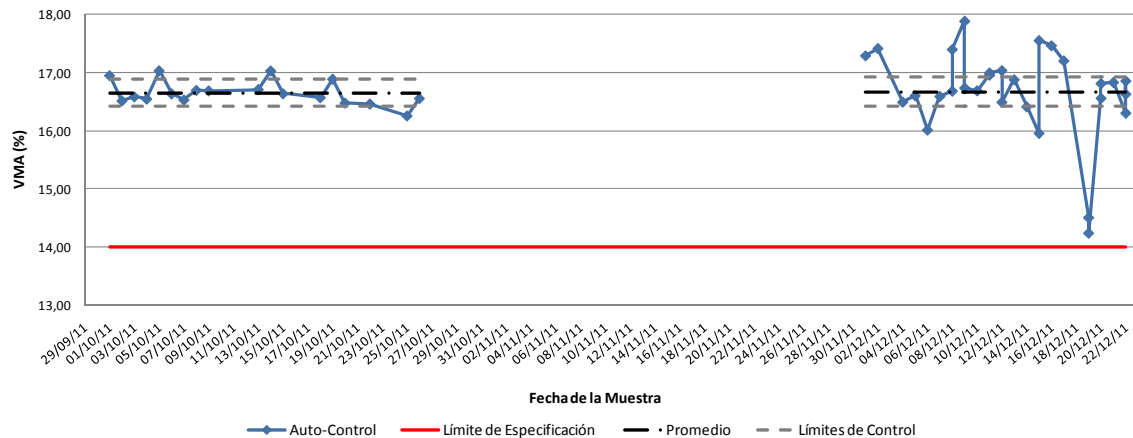
Gráfico B-4. Gráfico de rangos de los resultados de auto control de octubre a diciembre de 2011 para el parámetro de vacíos.



VACÍOS EN EL AGREGADO MINERAL (VMA)

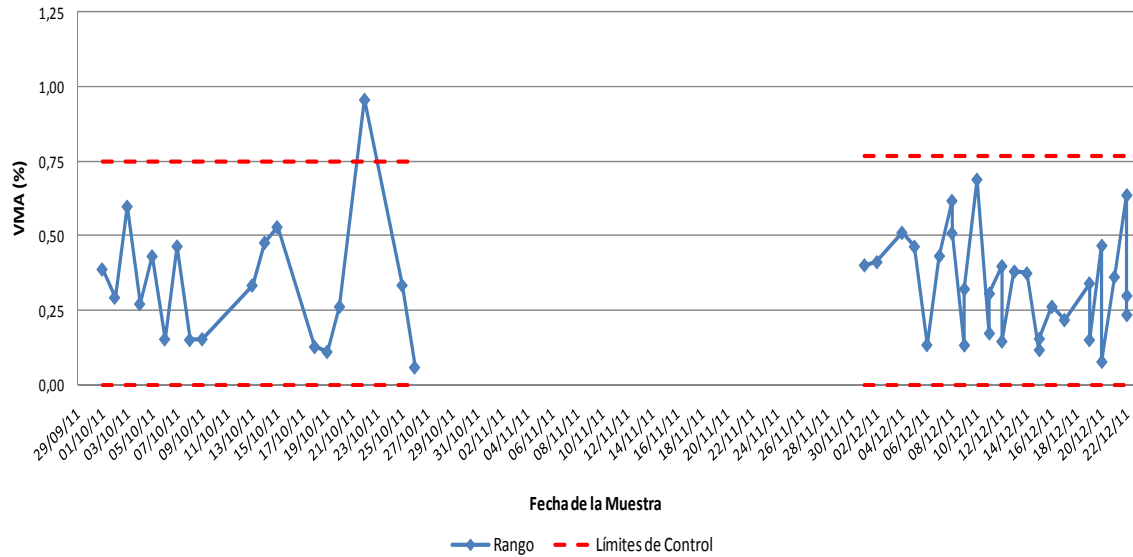
El parámetro VMA mostró un incremento en la variabilidad de octubre a diciembre (Gráfico B-5). Mientras que el 22% de los resultados excedieron los límites de control para el mes de octubre, el porcentaje aumentó a 34% para el mes de diciembre. Este incremento en la variabilidad puede ser objeto de uno o varios factores (por ejemplo cambios en los materiales o granulometrías) que provocaron cambios significativos en los resultados, sin embargo, los resultados no muestran evidencia de que se tomaran medidas correctivas al respecto.

Gráfico B-5. Gráfico para promedios de los resultados de auto control de octubre a diciembre del 2011 para el parámetro de VMA.



El Gráfico B-6 muestra que el parámetro VMA presenta uniformidad en el proceso ya que la diferencia promedio entre los valores mínimos y máximos es menor al 1%.

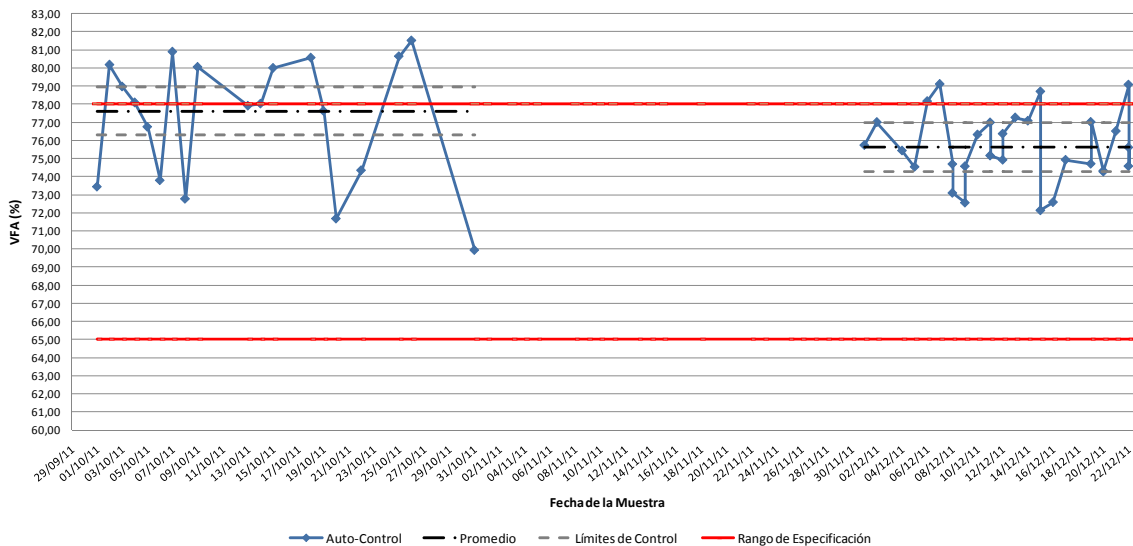
Gráfico B-6. Gráfico de rangos de los resultados de auto control de octubre a diciembre de 2011 para el parámetro de VMA.



VACÍOS LLENOS DE ASFALTO (VFA)

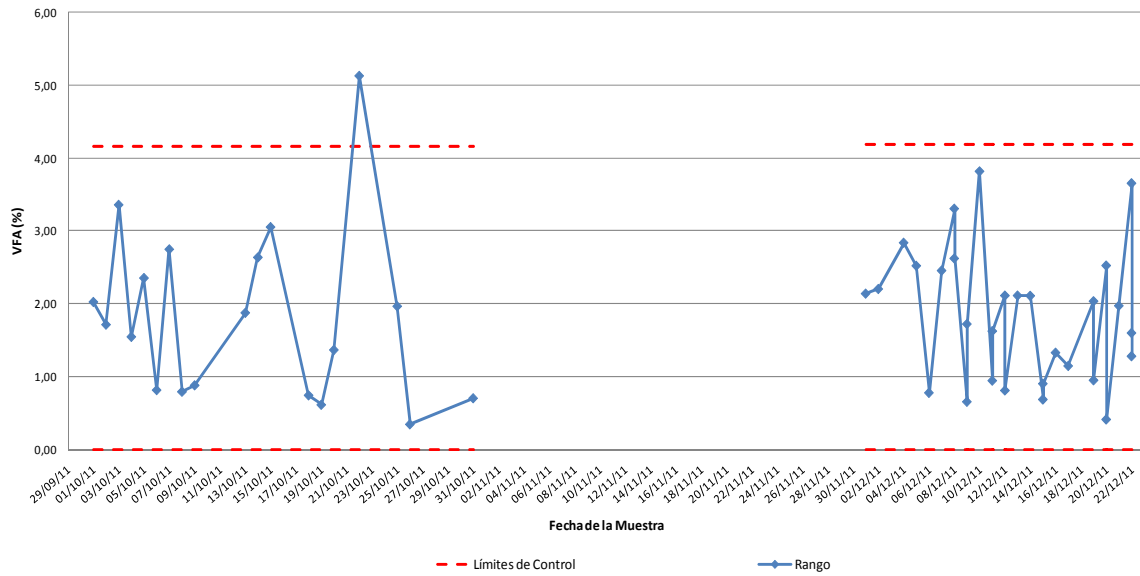
El parámetro más significativamente afectado por los cambios en el proceso productivo fue el VFA. El gráfico para promedios (Gráfico B-7) detalla que hubo una disminución en la cantidad de resultados que excedieron los límites (de 74% en octubre a 48% en diciembre), no obstante, la variabilidad sigue siendo alta y por tanto se evidencia que las causas que producen estas variaciones no fueron monitoreadas a tiempo, poniendo en riesgo el cumplimiento de las especificaciones.

Gráfico B-7. Gráfico para promedios de los resultados de auto control de octubre a diciembre de 2011 para el parámetro de VFA.



El Gráfico B-8 para rangos del parámetro VFA, que muestra las diferencias entre los valores mínimos y máximos, evidencia que existe uniformidad del proceso.

Gráfico B-8. Gráfico de rangos de los resultados de auto control de octubre a diciembre de 2011 para el parámetro de VFA.



CONTENIDO ÓPTIMO DE ASFALTO

Al analizar los resultados de control de calidad para el periodo octubre a diciembre de 2011, donde regía el diseño 337-2011, se determina que el contenido de asfalto durante la producción de mezcla asfáltica se mantuvo en promedio en 6,1%.

Gráfico B-9. Gráfico contenido de asfalto (PTM) de octubre a diciembre de 2011.

