



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales



PROGRAMA DE
INFRAESTRUCTURA DEL
TRANSPORTE

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Proyecto: LM-PI-AT-122-12

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

PROYECTO: Conservación de la Red Nacional Pavimentada.

Licitación Pública No. 2009LN-000003-CV.

Líneas Adjudicadas a Constructora Hernán Solís

INFORME FINAL

Preparado por:

Unidad de Auditoría Técnica

San José, Costa Rica

DICIEMBRE, 2012



Información técnica del documento

1. Informe Final Informe LM-PI-AT-122-12.	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 GUÁPILES. Licitación Pública No. 2009LN-000003-CV. Líneas adjudicadas a Constructora Hernán Solís.	4. Fecha del Informe Diciembre, 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. No se observó que el inspector portara una termocupla para medir las temperaturas de la mezcla despachada en ninguna de las visitas.</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 de hasta un 63% del rango de contenido óptimo de asfalto establecido en el diseño de mezcla.</p> <p>Sobre el proceso de pesaje: se determina que el 36% 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.</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 41

**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 GUÁPILES. Licitación Pública No. 2009LN-000003-CV. Líneas Adjudicadas a
la Constructora Hernán Solís**

Departamento encargado del proyecto: Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, CONAVI
Ingeniero Conavi Encargado de Supervisión de planta: Ing. Alfonso Quesada, Ingeniero Guápiles – Huetar Atlántica
Laboratorio de verificación de calidad: CACISA, 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 Loría Salazar, PhD

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

Auditores:
Ing. Víctor Cervantes Calvo. (Auditor Líder)
Ing. Francisco Fonseca Chaves.

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 enero a setiembre del año 2012.

Ubicación de la planta auditada:



Figura 1. Ubicación de Planta Hernán Solís. Cantón de Pococí, distrito Guápiles, contiguo a la Bomba del cruce de Río Frío.



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. METODOLOGÍA DE LA AUDITORÍA TÉCNICA	9
4.1. Información general de la planta.....	10
5. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA	10
5.1. Hallazgos Y Observaciones de la Auditoría	11
5.1.1. Sobre la planta de producción de mezcla asfáltica	11
5.1.2. Sobre el control de agregados.....	15
5.1.3. Sobre los controles de producción y despacho de mezcla asfáltica.....	17
5.1.5. Sobre la consistencia del diseño de mezcla vigente durante el periodo de estudio	20
5.1.6. Sobre el proceso de pesaje.....	28
5.2. APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS PARA ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE CALIDAD.	34
6. CONCLUSIONES.....	36
7. RECOMENDACIONES.....	37
ANEXO A.....	40
ANEXO B.....	41

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. PARÁMETROS GENERALES DE LOS DISEÑOS DE MEZCLA ASFÁLTICA EMITIDOS POR LGC INGENIERÍA DE PAVIMENTOS S.A.	9
TABLA 2. RESUMEN DE CALIBRACIONES DE ELEMENTOS SENSORES DE PESO, TEMPERATURA, FLUJO Y OTROS.	15
TABLA 3. RESUMEN DE CALIBRACIONES DE LA BÁSCULA DE PESAJE DINÁMICO.	15
TABLA 4. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AGREGADO GRUESO REPORTADOS EN LOS INFORMES I-0376-2012 E I-0394-2012 (LANAMMEUCR).	19
TABLA 5. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AGREGADO FINO REPORTADOS EN LOS INFORMES I-0376-2012 E I-0394-2012 (LANAMMEUCR).	19
TABLA 6. GRANULOMETRÍA DEL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA DE ACUERDO CON INFORME N° 337-2011 Y N°1183-2011.	20
TABLA 7. VALORES DEFINIDOS PARA LOS PARÁMETROS DE CALIDAD EN LA DISPOSICIÓN VIAL AM-01-2009.	22
TABLA 8. ANÁLISIS DEL RANGO EFECTIVO DE CONTENIDO DE ASFALTO PARA EL INFORME N°1183-2011.	24
TABLA 9. ANÁLISIS DEL RANGO EFECTIVO DE CONTENIDO DE ASFALTO PARA EL INFORME N°1006-2011.	26
TABLA 10. DETALLE DE LAS MEDICIONES DE PESO REALIZADAS EN LA PLANTA DE LA CONSTRUCTORA HERNÁN SOLÍS, EN GUÁPILES.	30
TABLA 11. TIPOS DE VAGONETAS ENCONTRADAS PROVENIENTES DE LA PLANTA DE GUÁPILES Y PESOS MÁXIMOS PERMITIDOS.	32
TABLA 12. COMPARACIÓN ENTRE PESOS BRUTOS DE VAGONETAS MEDIDOS POR EL LANAMMEUCR EN JUNIO DE 2012 Y PESOS MÁXIMOS AUTORIZADOS.	33

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN DE PLANTA HERNÁN SOLÍS. CANTÓN DE POCOCÍ, DISTRITO GUÁPILES, CONTIGUO A LA BOMBA DEL CRUCE DE RÍO FRÍO.	3
FIGURA 2. GRÁFICO COMPARATIVO DE GRANULOMETRÍA DE DISEÑO DE MEZCLA, RANGO DE DISEÑO Y LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN SEGÚN LA DISPOSICIÓN VIAL AM-01-2009.	21
FIGURA 3. ANÁLISIS GRÁFICO DEL RANGO EFECTIVO DE CONTENIDO DE ASFALTO PARA EL INFORME N° 763-2011.	25
FIGURA 4. ANÁLISIS GRÁFICO DEL RANGO EFECTIVO DE CONTENIDO DE ASFALTO PARA EL INFORME N° 1006-2011.	27
FIGURA 5. ESQUEMA DE PROCESO DE PESAJE DE VAGONETAS.	29
FIGURA 6. GRÁFICO COMPARATIVO DE LOS PESOS NETOS DE VAGONETAS Y LAS DIFERENCIAS ENTRE LOS VALORES.	31
FIGURA 7. PESOS BRUTOS DE LAS VAGONETAS MEDIDOS POR EL LANAMMEUCR EN VAGONETAS PROVENIENTES DE LA PLANTA DE HERNÁN SOLÍS GUÁPILES.	34



LISTA DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 1 DESCARGA DE MEZCLA ASFÁLTICA PRODUCIDA.	12
FOTOGRAFÍA 2 TOLVAS DE DOSIFICACIÓN DE AGREGADOS.	12
FOTOGRAFÍA 3 CABINA DE CONTROL Y PLATAFORMA DE PESAJE.	13
FOTOGRAFÍA 4 TAMBOR SECADOR.	13
FOTOGRAFÍA 5 INCORPORACIÓN DEL POLÍMERO A LA MEZCLA ASFÁLTICA.	14
FOTOGRAFÍA 6 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE CEMENTO ASFÁLTICO, COMBUSTIBLES Y OTROS.	14
FOTOGRAFÍA 7 ZONA DE APILAMIENTOS DE AGREGADOS.	16
FOTOGRAFÍA 8 GUÍA DE ENTREGA Y DESPACHO DE MEZCLA ASFÁLTICA.	18
FOTOGRAFÍA 9. PESAJE DE VAGONETAS, PESAJE EN SITIO Y BOLETA DE DESPACHO.	31

INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA. EVALUACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA Y PLANTA DE PRODUCCION DE LA CONSTRUCTORA HERNÁN SOLÍS EN GUÁPILES.

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.

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 Guápiles. 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 mayo 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. Francisco Fonseca Chaves (Auditor Técnico)
- Lic. Miguel Chacón Alvarado (Asesor Legal)

4. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME PRELIMINAR LM-PI-AT-122B-12

Como parte de los procedimientos de Auditoría Técnica y en lo referente a la remisión del informe preliminar, el día 3 de diciembre de 2012 se envió el oficio LM-AT-155-12 por medio del cual se hace entrega del informe preliminar LM-PI-AT-122B-12, y también se solicita para el día 10 de diciembre 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. Edgar May Cantillano, Ing. Rodrigo Ulloa Meléndez, y el Ing Eddie Baltodano funcionarios de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, además testifica la audiencia el Ing. Alex Cubillo Campos en representación de la auditoría interna del CONAVI; por parte del LanammeUCR y parte del equipo auditor encargado del desarrollo del informe, participan, Ing. Mauricio Salas Chaves, Coordinador a.i. de la Unidad de Auditoría Técnica, Ing. Víctor Cervantes Calvo, Ing. Francisco Fonseca Chaves y Lic.Owen Gooden Morales del departamento legal .

Por tanto, y de acuerdo a los procedimientos de auditoría técnica, al no recibir alguna respuesta adicional a lo indicado en el informe en versión preliminar LM-PI-AT-122B-12 dentro del plazo indicado, se procedió con la emisión del informe final.

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 los meses de febrero y mayo de 2012. Además durante el mes de febrero se obtuvieron muestras 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 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), porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso (ASTM D5821), índice de durabilidad de los agregados (ASTM 3744), partículas friables y arcillosas (ASTM C142) y límites de Atterberg (ASTM D4318) para contrastar los resultados con las especificaciones dadas en la Disposición Vial AM-01-2009.

En esta planta de producción se fabrica mezcla asfáltica con asfalto convencional y mezcla asfáltica con asfalto modificado con polímero, es por ello que se tienen diferentes diseños de mezcla para cada tipo de mezcla a ser producido en planta. El diseño de la mezcla con asfalto convencional corresponde al informe identificado 763-2011 "Diseño de Mezcla" de fecha 22 de noviembre de 2011, mientras que el diseño de la mezcla con asfalto modificado con polímero se identifica como informe 1006-2011 "Diseño de Mezcla" de fecha 23 de noviembre de 2011, ambos formulados por el laboratorio de LGC Ingeniería de Pavimentos S.A. En la Tabla 1 se resumen los parámetros generales definidos en los documentos mencionados.

Tabla 1. Parámetros generales de los diseños de mezcla asfáltica emitidos por LGC Ingeniería de Pavimentos S.A.

Parámetro	Inf. N°763-2011	Inf. N°1006-2011
	Valor	Valor
Contenido óptimo de asfalto sobre peso de mezcla	5,8 %	6,2 %
Proporción de agregados	58 % (Finos) 16 % (Intermedios) 10 % (Gruesos I) 16 % (Gruesos II)	58 % (Finos) 16 % (Intermedios) 10 % (Gruesos I) 16 % (Gruesos II)
Granulometría de diseño	19,1 mm	19,1 mm
Aditivo	-	2,8% (Butanol NX-1138)

5.1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA PLANTA

La planta de producción de mezcla asfáltica ubicada en Pococí, Guápiles, es marca TEREX modelo Magnum140 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 las Líneas adjudicadas a Constructora Hernán Solís. Durante la visita realizada a la planta durante los meses de febrero y mayo del 2012, se informa que se despacha mezcla asfáltica a la Constructora Hernán Solís para los siguientes proyectos: rehabilitación de la carretera Bernardo Soto, zona 1-5, donde se enviaba mezcla con polímero, y en el mes de febrero mezcla convencional a la Avenida Segunda, Zona 1-1.

El laboratorio que realiza 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 durante el mes de febrero es el laboratorio “Castro y de la Torre”, quien para ese momento contaba con unas instalaciones ubicadas en la planta. Posteriormente en la visita realizada en el mes de mayo, se observa un cambio en la figura de laboratorio de Verificación de Calidad, siendo ahora el laboratorio CACISA quien ejerce las labores de verificación, ocupando las instalaciones mencionadas anteriormente. Dicho laboratorio toma una muestra diaria de mezcla asfáltica (en conjunto con el control de calidad), tal como se observó durante esta visita.

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 rudo 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.

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 febrero y mayo del presente año, el equipo de auditoría efectuó una evaluación general de las condiciones de la planta de la Constructora Hernán Solís en Guápiles, 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 diversos componentes mecánicos entre estos: tolvas, fajas transportadoras, tambor secador y mezclador, quemador, tanque de almacenamiento del asfalto / combustible, bomba de asfalto, sistema para la incorporación de aditivo, plataforma de pesaje y cabina de control entre otros elementos. En las Fotografía 1 a la Fotografía 7 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.

Para la visita realizada en el mes de mayo la planta aún no cuenta con el silo de almacenaje de la mezcla asfáltica producida; la mezcla asfáltica producida se vertía directamente en las vagonetas a través de una cadena de arrastre o elevador. Tal como se observa en la Fotografía 1 se estaba en proceso de construcción de las bases para el silo de almacenamiento.

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 3). Asimismo, cercano a la balanza camionera 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 (balanza camionera) que posee seis celdas de carga, el detalle de estos componentes se muestra en la Fotografía 3. La revisión de las 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 febrero se realizaban labores de techado de las zonas donde se ubican los apilamientos de agregados. Para el mes de mayo del año en curso, ya las obras se encontraban finalizadas, tal como se considera en el apartado correspondiente a agregados.

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 Descarga de mezcla asfáltica producida.
Silo principal de almacenaje en proceso de colocación (febrero 2012).



Fotografía 2 Tolvas de dosificación de agregados.



Fotografía 3 Cabina de control y plataforma de pesaje.



Fotografía 4 Tambor secador.



Fotografía 5 Incorporación del polímero a la mezcla asfáltica.



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

HALLAZGO N° 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 Guápiles, durante ambas visitas (febrero y mayo), se determinó que existen algunos componentes que no se mantienen bajo actividades de calibración vigentes, tal

como se detalla en la Tabla 2. Se establece que estos componentes han estado sujetos a actividades de calibración durante el mes de diciembre del año 2011, estando vigente estas calibraciones hasta el mes de junio de 2012.

Tabla 2. Resumen de calibraciones de elementos sensores de peso, temperatura, flujo y otros.

COMPONENTE	Fecha	Certificado
Indicador Temperatura de Gases	13/12/11	20111213-05-1-2
Indicador Temperatura MASSA	13/12/11	20111213-05-2-2
Indicador Temperatura CAP	13/12/11	20111213-05-3-2
Indicador Temperatura de filtro	13/12/11	20111213-55-1-2
Indicador Temperatura de filtro	13/12/11	20111213-55-2-2
Indicador Temperatura de gases	13/12/11	20111213-55-3-2

Con respecto al sistema de pesaje se determinó que la última actividad de control metrológico fue realizada en el mes de noviembre de 2011, y corresponde a una constancia de peso, tal como se muestra en la Tabla 3, el certificado de calibración del sistema de pesaje no se proporcionó durante las visitas a la planta, 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 3. Resumen de calibraciones de la báscula de pesaje dinámico.

COMPONENTE	Fecha	Comprobación	Calibración	Magnitud
Báscula Camionera (pesaje Dinámico)	29/11/2011	Constancia de peso CP-20111129-01JS	No se aportó	1000- 21 930 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

Los informes de diseño de mezcla asfáltica vigentes, informe N°763-2011 -para la mezcla convencional- e informe N°1006-2011, -para la mezcla con polímero- emitidos por LGC

Ingeniería de Pavimentos S.A, indican que se están utilizando agregados del Tajo San Rafael, constituidos en cuatro apilamientos a saber: agregado grueso I (pasando 19,0 mm y retenido en 12,7 mm) agregado grueso II (pasando 12,7 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, además se les ha construido una estructura de techos para protección de la humedad tal como 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. 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. Además en la visita realizada el 8 de mayo de 2012, el encargado general de la planta comenta que se produjo un cambio en la fuente de materiales pétreos, por agregados extraídos y triturados de la planta Holcim.



Fotografía 7 Zona de apilamientos de agregados.

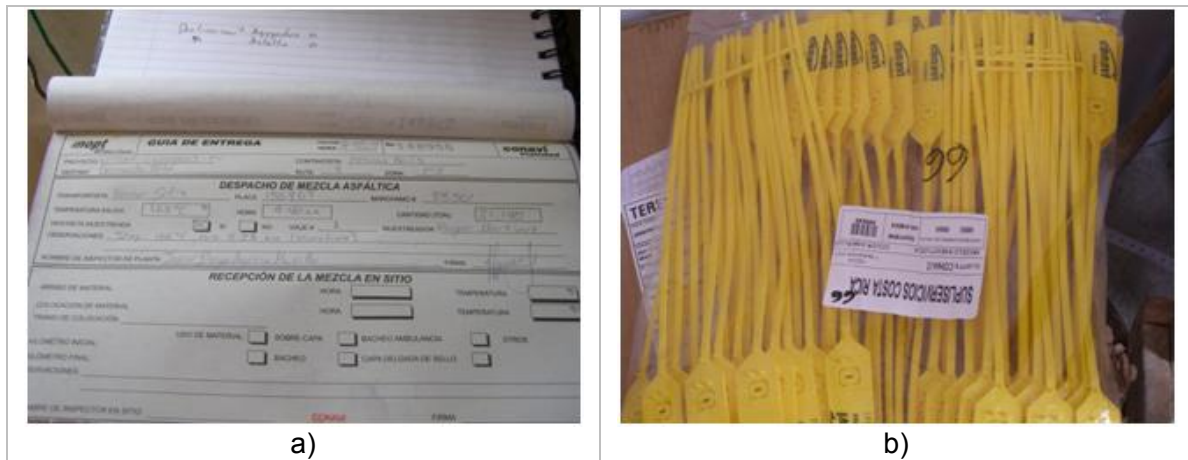
6.1.3. Sobre los controles de producción y despacho de mezcla asfáltica

OBSERVACIÓN N°1: ACTIVIDADES DE SUPERVISIÓN DE PRODUCCIÓN Y DESPACHO DE MEZCLA ASFÁLTICA CONFORMES A LOS SOLICITADO CONTRACTUALMENTE.

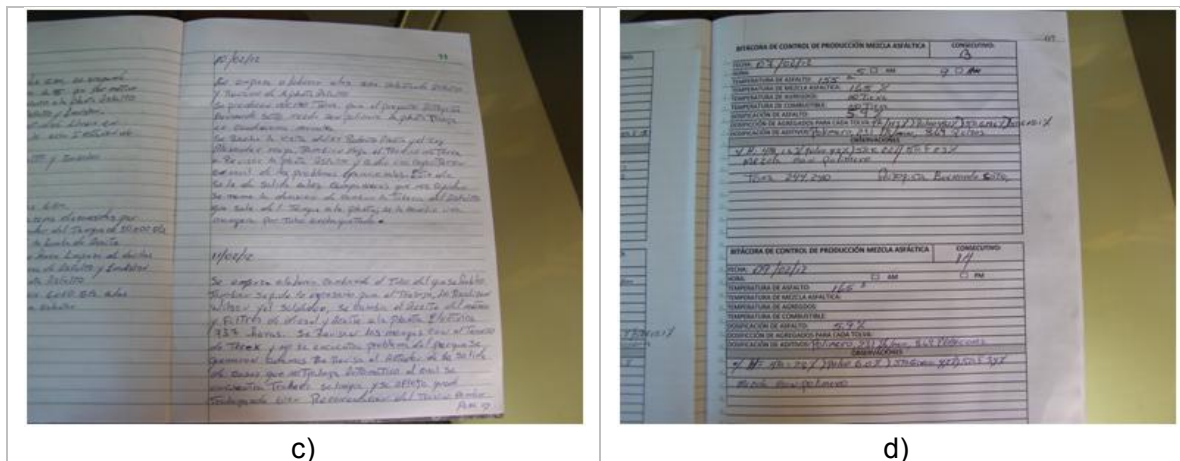
La planta asfáltica mantiene un inspector¹ destacado por parte del Conavi, según confirmó el equipo auditor durante las visitas realizadas en los meses de febrero y mayo de 2012. El inspector de planta se encarga de supervisar la producción de mezcla asfáltica en caliente y el despacho de mezcla a las diferentes zonas de Conservación Vial que abastece la planta de Guápiles (zona 1-5 proyecto de rehabilitación de la carretera Bernardo Soto -mezcla asfáltica con polímero- y a la zona 1-1, Avenida Segunda -mezcla asfáltica convencional-).

De la documentación disponible se evidenció que el inspector mantiene implementados diversos controles documentales, entre ellos:

- Guías de entrega y despacho de mezcla (Fotografía 9a), en la que se registra la identificación de la vagoneta, el destino, el tonelaje de mezcla, temperatura, entre otros datos.
- Control mediante marchamos de Conavi (fotografía 9b).
- 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.
- Bitácora de control de producción, en donde se anota información complementaria.



¹ Para las diferentes visitas realizadas en febrero y mayo de 2012 se observó que se encuentran destacados dos inspectores en la planta, con la finalidad de abarcar los diferentes turnos de producción que se mantienen en la planta, Sr. Juan Diego Agüero Murillo (Inspector de Planta, turno de 4am a 1pm) y el Sr. Darril Troyo (Inspector de Planta, turno de 6pm a 2am).



Fotografía 8 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.

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.

HALLAZGO Nº 4: 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 4 se muestran los resultados del análisis de las propiedades requeridas para el agregado grueso según se reportó en los informes de ensayos elaborado por el LanammeUCR. Se puede observar que en todos los casos las especificaciones se cumplen satisfactoriamente.

Tabla 4. Resultados del análisis de agregado grueso reportados en los informes I-0376-2012 e I-0394-2012 (LanammeUCR).

Ensayos Agregado Grueso ^a	578-12 Cuartilla	579-12 Q. gruesa	580-12 Q. fina	659-12 F. trabajo	Especificación
Gravedad Especifica, (kg/cm ³)	2681	2691	2676	2690	-
Absorción, %	1,64	1,75	1,86	1,85	-
Desgaste, %	---	---	---	---	≤40
Pérdida por sanidad utilizando sulfato de sodio, %	0,70	1,16	1,17	0,99	≤15
Índice de durabilidad, %	92	---	---	90	≥35
2 Caras fracturadas, %	100	100	98,8	---	100
Partículas planas y elongadas, %	1,31	1,00	2,10	---	≤10
Partículas friables, %	0,611	0,065	0,566	0,11	≤2

^a Inf. LanammeUCR I-0376-2012 e I-0394-2012

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 5 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 5. Resultados del análisis de agregado fino reportados en los informes I-0376-2012 e I-0394-2012 (LanammeUCR).

Ensayos Agregado Fino ^a	577-12 Finos	659-12 F. trabajo	Especificación
Gravedad Especifica, (kg/cm ³)	2636	2619,00	-
Absorción, %	3,41	3,71	-
Desgaste, %	-	-	≤40
Pérdida por sanidad utilizando sulfato de sodio, %	1,21	1,21	≤15
Índice de durabilidad, %	78	-	≥35
Partículas friables, %	0,268	-	≤2
Límites de Atterberg	-	NP	≤10

^a Inf. LanammeUCR I-0376-2012 e I-0394-2012

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

HALLAZGO N° 5: LA TOLERANCIA PERMITIDA PARA LA GRANULOMETRÍA PROPUESTA EN EL DISEÑO DE MEZCLA (INFORMES N° 763-2011 Y N° 1006-2011) SE RESTRINGE PARA LOGRAR CUMPLIR LOS LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN PARA LA MALLA N° 1/2.

Con el propósito de corroborar que la tolerancia de la granulometría de diseño determinada en los informes de diseño de mezcla N° 763-2011 y verificación del diseño N° 1006-2011 cumple satisfactoriamente con las especificadas para la “Graduación de la combinación de agregados” en la Tabla 2 de la Disposición AM-01-2009², 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 6 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° 1/2, se encuentran por debajo del límite inferior de la especificación. Lo cual restringe el rango de tolerancia permitido en 2 unidades (de 5) para esta malla.

Además el límite inferior del rango de diseño coincide con el límite superior de especificación para las mallas de N° 16 y N° 30.

En la Figura 2 se muestra gráficamente la comparación entre los límites del rango de diseño y los límites de especificación.

Tabla 6. 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)
3/4 (19,1 mm)	100	-----	100	100	-----
1/2 (12,5 mm)	90 – 100	± 5	92	90 – 97	-2/+5
3/8 (9,5 mm)	70 – 90	± 5	83	78– 88	± 5
N° 4 (4,75 mm)	45 – 65	± 4	52	48 – 56	± 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	15	11 – 19	± 4
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.

² Incluido en el Anexo I “Capítulo 400” del Cartel de Licitación 2009LN-000003-CV.

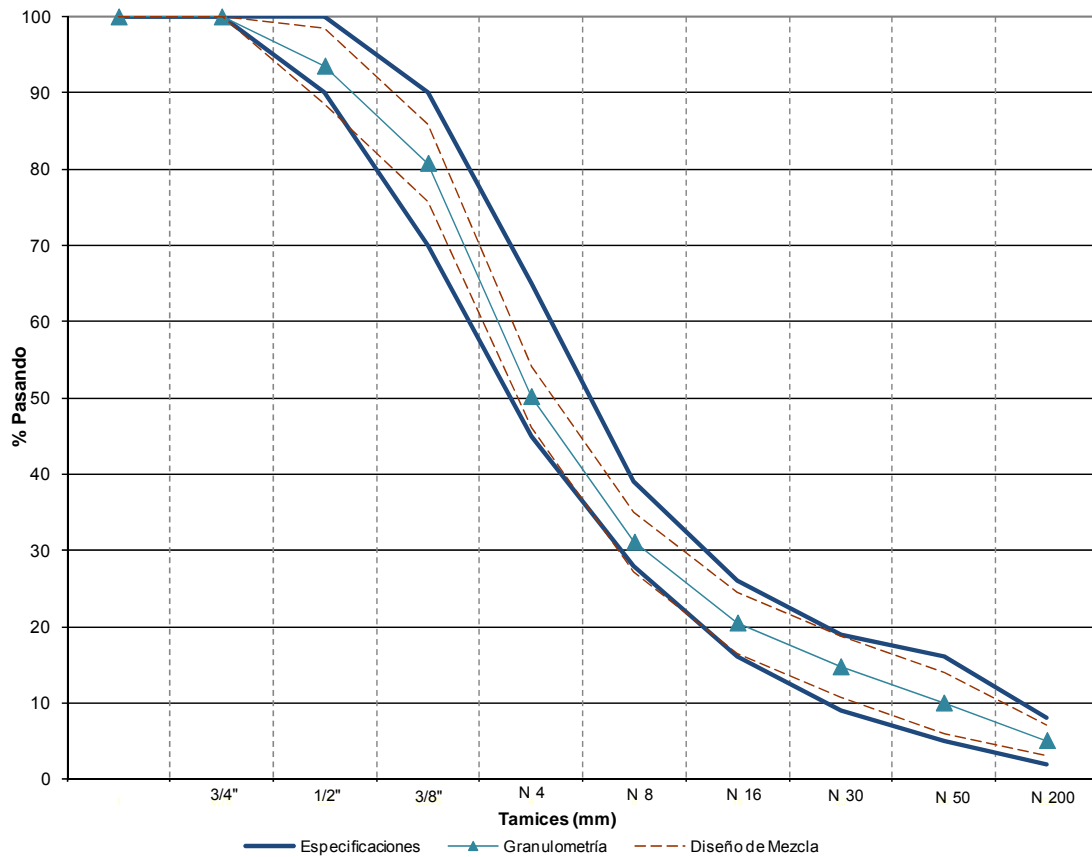


Figura 2. Gráfico comparativo de granulometría de diseño de mezcla, rango de diseño y límites de especificación según la Disposición Vial AM-01-2009.

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 1/2 en donde la magnitud del rango se reduce en un 60% hacia el límite inferior, 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 2%, y no en un 5% 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 EN NINGUNO DE LOS DOCUMENTOS DE DISEÑO DE MEZCLA (CONVENCIONAL - MODIFICADO) EMITIDOS POR EL CONTRATISTA.

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 7 se detallan los valores establecidos en las especificaciones contractuales para cada uno de los parámetros señalados.

Tabla 7. 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.

De acuerdo con la metodología Marshall los valores establecidos en las especificaciones contractuales para todos los parámetros mostrados en la Tabla 7 deben cumplirse dentro de la totalidad del rango óptimo de contenido de asfalto (óptimo \pm 0,5%) indicado en los documentos de diseño de las mezclas asfálticas convencional y modificada. El cambio en la fuente de agregados comentado en el Hallazgo 3, puede incidir directamente en la vigencia de los diseños realizados por el Laboratorio LGC en informe 1006-2011 de fecha 23 de noviembre del 2011 (con polímero) y el informe 763-2011 de fecha 22 de noviembre del 2011 (convencional).

Del análisis del Informe N° 763-2011 (Mezcla asfáltica convencional) se observa que algunos de los parámetros del diseño Marshall se incumplen dentro del rango óptimo indicado de 5,30% a 6,30% por peso de mezcla, por su parte del análisis del informe N°1006-2011, se determina que algunos de los parámetros no cumplen con los valores especificados en la totalidad del rango óptimo indicado (5,70% a 6,70%) indicado en el diseño respectivo.

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 763-2011, 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 1006-2011, el límite superior del rango de contenido de asfalto debe disminuirse de 6,70% a 6,52% para que los vacíos de la mezcla no sobrepasen el 3%. 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 mayor a 6,52%.
- Al analizar el valor de los vacíos llenos de asfalto (VFA) en ambos diseños (informe 763-2011 e informe 1006-2011) se tiene que el límite superior del contenido óptimo de asfalto debe reducirse de 6,30% a 5,73% (en el primer diseño) y de 6,70% a 6,07% (en el segundo diseño) 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 el proyecto de rehabilitación de la carretera Bernardo Soto, donde se enviaba mezcla con polímero, y durante el mes de febrero se despachó mezcla convencional a la Avenida

Segunda; se debe tener en cuenta que ambas rutas poseen un flujo vehicular superior a 3 millones de ejes equivalentes, para lo cual la Disposición Vial indica que el rango debe mantenerse entre 65% a 75%. Si el diseño de mezcla presentado en el informe 763-2011 se analiza en este rango de VFA, el límite superior del contenido de asfalto debería reducirse de 6,30% a 5,73% para no sobrepasar la especificación de VFA. De igual forma, en el informe 1006-2011, el límite superior del contenido de asfalto en este caso debería reducirse de 6,70% a 6,07%, para cumplir con el rango especificado para esta condición de tránsito, como se indicó anteriormente.

En la Tabla 10 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 763-2011, 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.

Tabla 8. Análisis del rango efectivo de contenido de asfalto para el informe N°1183-2011.

Parámetro	Límites de especificación		Contenido de asfalto (5,30% a 6,30%)	
			Límites	
			Inferior	Superior
Estabilidad, kg	Mayor a 800		5,30	6,30
Flujo, 1/100 cm	20	35	5,30	6,30
Contenido de vacíos, %	5	3	5,30	6,30
Relación Polvo/asfalto	1,3	0,6	5,30	6,30
VMA	Mayor a 14		5,30	6,30
VFA (inferior a 3 millones)	65	78	5,30	5,73
Rango efectivo de contenido de asfalto (ver Figura 3)			5,30	5,73
Porcentaje de variación del límite de contenido de asfalto			0%	57%

En la Tabla 10 y en la Figura 3 se observa que para el diseño del informe 763-2011, 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 57% (0% el límite inferior y 57% el límite superior). Esto implica que habría que modificar inclusive el óptimo de contenido de asfalto, ya que el límite máximo sería 5.73%.

Cumplimiento de requisitos

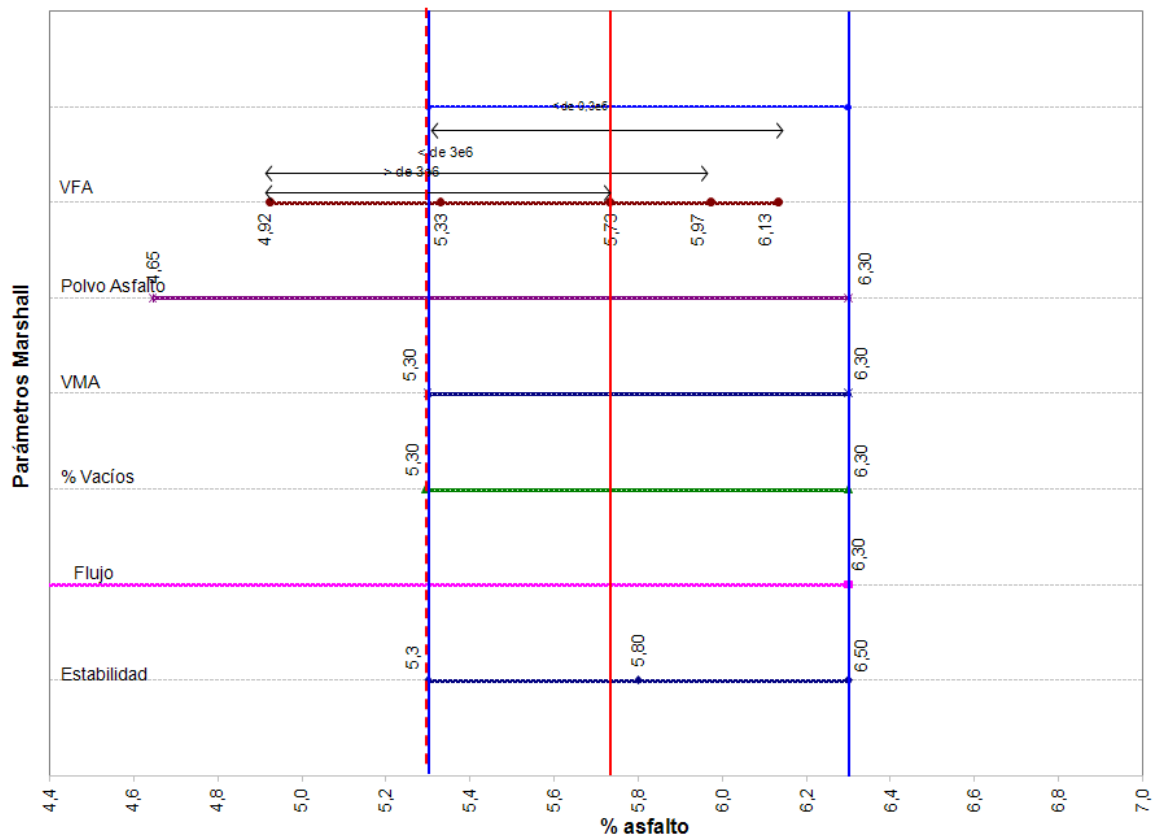


Figura 3. Análisis gráfico del rango efectivo de contenido de asfalto para el informe N° 763-2011.

En tanto la Tabla 11 se muestra el resumen de los análisis realizados para el informe 1006-11 en donde se presentan 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, además se muestran los valores en donde 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.

Tabla 9. Análisis del rango efectivo de contenido de asfalto para el informe N°1006-2011.

Parámetro	Límites de especificación		Contenido de asfalto (5,70% a 6,70%)	
			Límites	
			Inferior	Superior
Estabilidad, kg	Mayor a 800		5,70	6,70
Flujo, 1/100 cm	20	35	5,70	6,70
Contenido de vacíos, %	5	3	5,70	6,52
Relación Polvo/asfalto	1,3	0,6	5,70	6,70
VMA	Mayor a 14		5,70	6,70
VFA (inferior a 3 millones)	65	78	5,70	6,07
Rango efectivo de contenido de asfalto (ver VV)			5,70	6,07
Porcentaje de variación del límite de contenido de asfalto			0%	63%

En tanto que en la Tabla 11 y en la Figura 6 se observa que para el diseño del informe 1006-2011, 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 63% (0% el límite inferior y 63% el límite superior). Esto implica que habría que modificar inclusive el óptimo de contenido de asfalto, ya que el límite máximo sería 6,07% y no 6,20%.

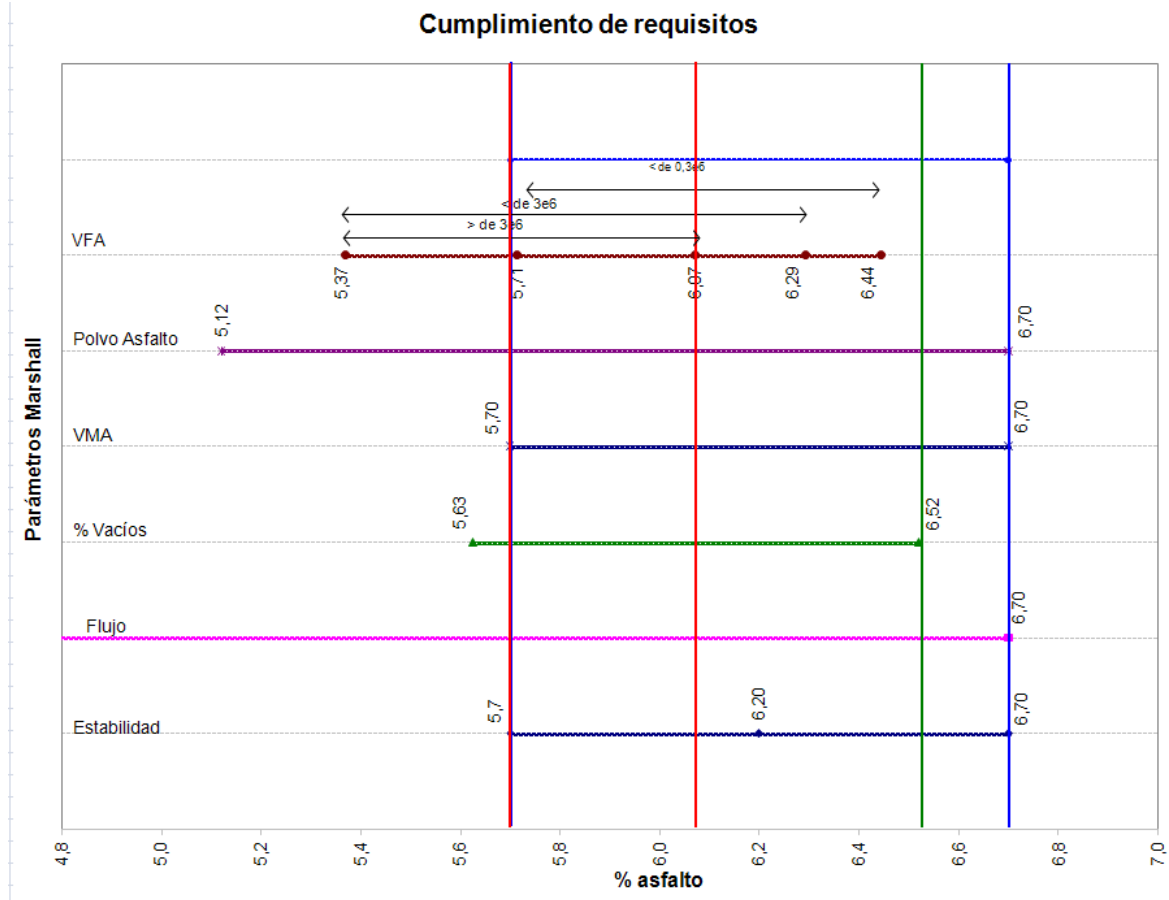


Figura 4. Análisis gráfico del rango efectivo de contenido de asfalto para el informe N° 1006-2011.

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 límite inferior del rango óptimo de contenido de asfalto y el límite calculado para cada diseño, con el fin de 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 de ambos diseños (informe 673-2011 e informe 1006-2011), 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.

6.1.5. Sobre el proceso de pesaje

HALLAZGO Nº 6: EL PROCESO DE PESAJE QUE SE REALIZA DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CONTENIDA EN LAS VAGONETAS QUE PROVIENEN DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE HERNÁN SOLÍS EN GUAPILES, REPORTA DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS EN EL 36% DE LOS PESOS MEDIDOS CON LOS EQUIPOS CALIBRADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA.

Durante la visita realizada al proyecto de la Bernardo Soto en los meses de marzo y mayo a los diferentes frentes de colocación de la mezcla asfáltica, el equipo auditor determinó el peso de la mezcla asfáltica despachada en diversas vagonetas con la finalidad de corroborar el sistema de pesaje utilizado en la planta de la Constructora Hernán Solís, localizada en Guápiles.

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.

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.

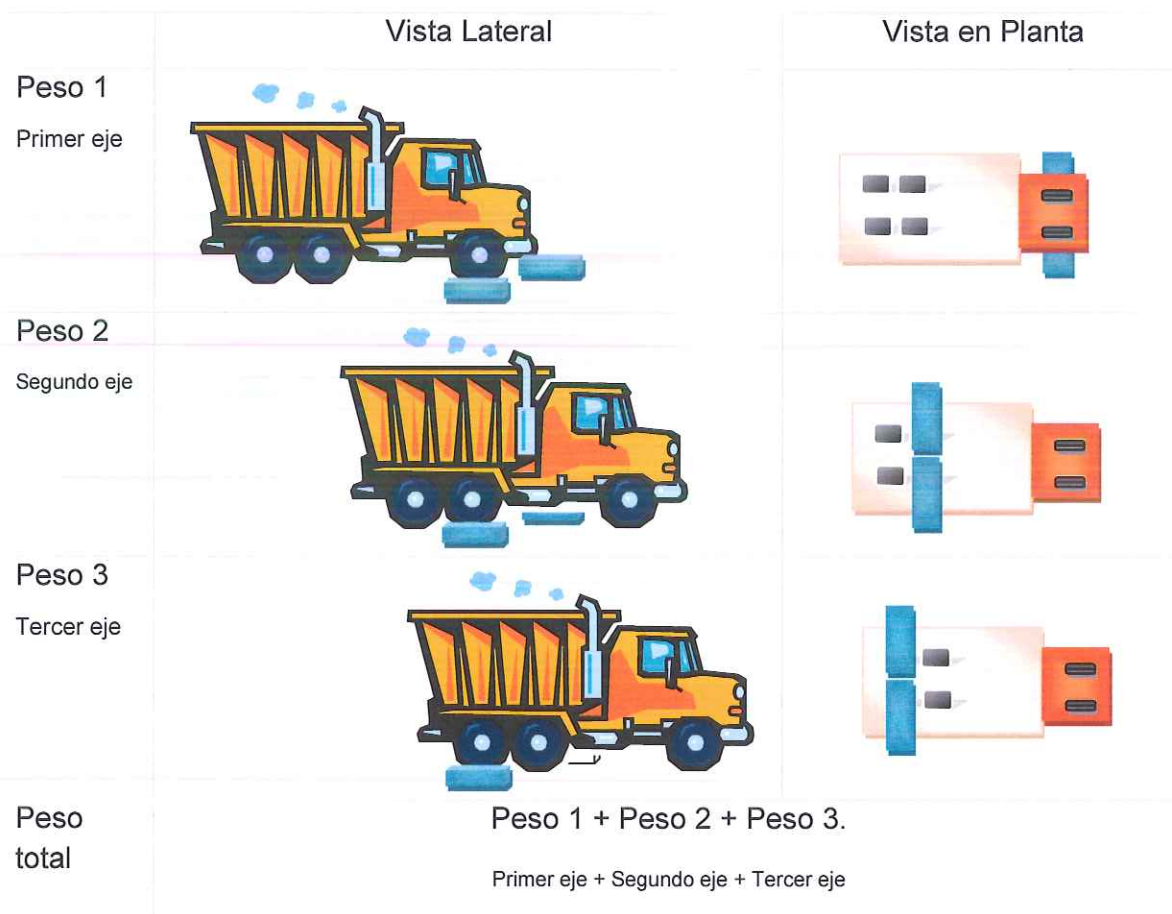


Figura 5. Esquema de proceso de pesaje de vagonetas.

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 las boletas “Guía de entrega” de cada vagoneta. En la Tabla 12 se presenta el resultado de las mediciones de peso realizadas.

Tabla 10. Detalle de las mediciones de peso realizadas en la planta de la Constructora Hernán Solís, en Guápiles.

Día	Placa Vagoneta	Peso Neto-Lanamme (kg)	Peso Neto - P.Guápiles (kg)	Diferencia (kg) ¹	Diferencia (%) ¹
13/03/2012	C150767	20150	20080	-70	-0,3%
13/03/2012	C154654	20800	20920	120	0,6%
13/03/2012	C148861	16600	16500	-100	-0,6%
13/03/2012	C153649	19150	20280	1130	5,9%
13/03/2012	C150578	16300	16400	100	0,6%
30/05/2012	C150539	30450	30340	-110	-0,4%
30/05/2012	C152720	19450	22280	2830	14,6%
30/05/2012	C156223	20650	21070	420	2,0%
30/05/2012	C150804	31850	30070	-1780	-5,6%
30/05/2012	C150709	16350	16670	320	2,0%
30/05/2012	C152715	17160	17560	400	2,3%
30/05/2012	C152719	16750	16630	-120	-0,7%
30/05/2012	C152810	16950	17990	1040	6,1%
30/05/2012	C152721	20950	22100	1150	5,5%

¹ Diferencias negativas significan que el peso de mezcla asfáltica reportado en el marchamo del Conavi es inferior al peso obtenido por el LanammeUCR. Se considera diferencia significativa una diferencia en pesos mayor al 3%.

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 6, se tiene que un 36% de las diferencias se consideran significativas ya que exceden el 3%. Específicamente, 4 mediciones superan la tonelada -diferencias negativas- (señaladas con círculos en la Figura 6). 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 9. Pesaje de vagonetas, pesaje en sitio y boleta de despacho.

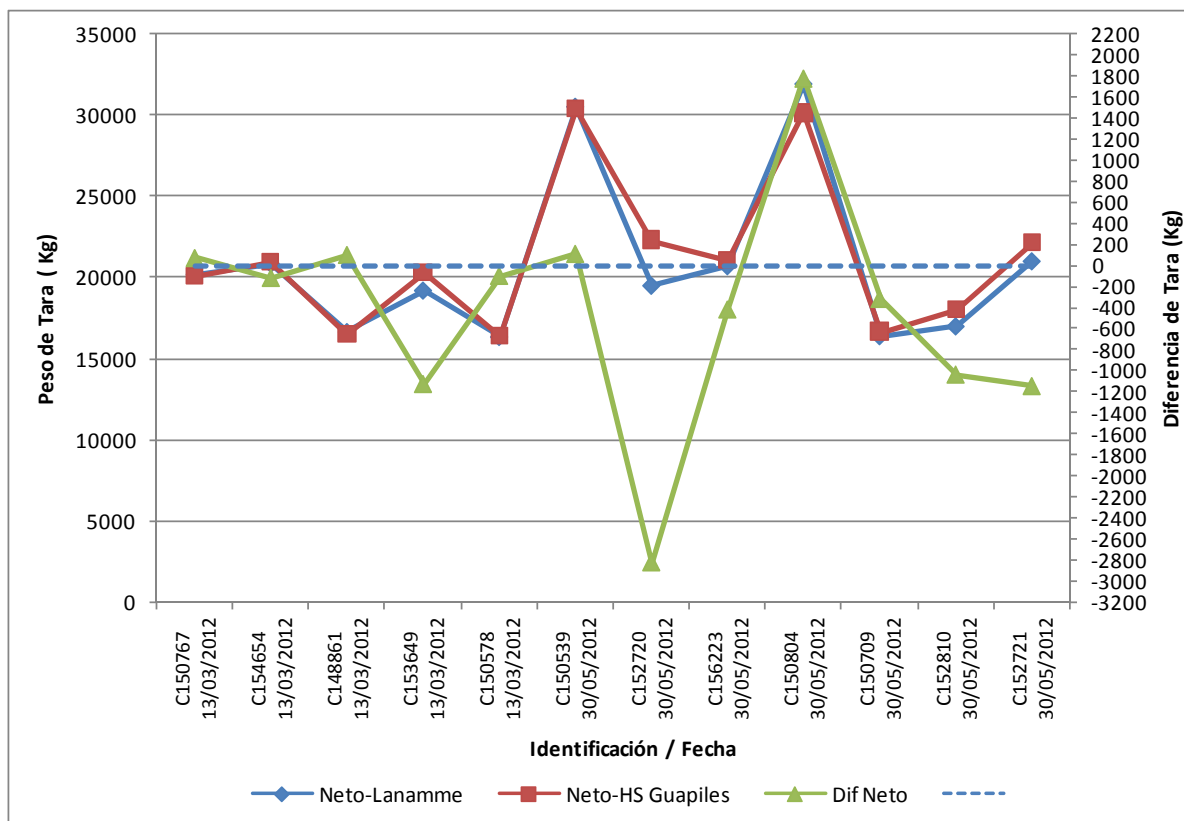


Figura 6. Gráfico comparativo de los pesos netos de vagonetas y las diferencias entre los valores.


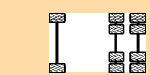

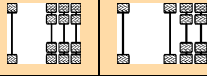


Normativa técnica de referencia que respalda lo descrito anteriormente, se detalla a continuación: Sección 3 "Planta Mezcladora de Asfalto" del cartel de Licitación para los Proyectos de Conservación Vial Red Vial Nacional Pavimentada Licitación Pública N° 2009LN-000003-CV.

HALLAZGO N° 7: EL PROCESO DE PESAJE DE LA MEZCLA ASFÁLTICA, EVIDENCIÓ QUE NINGUNA 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 de la Constructora Hernán Solís provenientes de Guápiles, 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 5 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). Además se pesaron 2 vehículos tipo T3-S3, los cuales corresponden a camiones con un eje delantero simple de rodado simple (1RS) y un eje trasero doble (tandem) de rodado doble (2RD) y un eje trasero triple (tridem) de rodado doble (3RD).

Todos los 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 11. Tipos de vagonetas encontradas provenientes de la Planta de Guápiles 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 S - D	3	10	6	16,5		22,5		
C4			1-3 S-D	4	14	12	6	23	20	29	26
T3-S3			1-2-3 S-D-D	6	22 16(4)	7	17	23	47		

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 (Tabla 12), con los pesos máximos autorizados (Tabla 11) se observa que ninguna de las 16 vagonetas evaluadas excedían el peso máximo autorizado para un vehículo de carga tipo C3, C4 y T3-S3, según el caso, tal como se observa en la Figura 7.

Tabla 12. Comparación entre pesos brutos de vagonetas medidos por el LanammeUCR en junio de 2012 y pesos máximos autorizados.

Tipo	Fecha	Placa	Peso bruto medido por lanamme	Peso bruto máximo permitido para C3	Sobrepeso total para C3 (kg)	Peso bruto máximo permitido para C4	Sobrepeso total para C4 (kg)	Peso bruto máximo permitido para T3-S3	Sobrepeso total para T3-S3 (kg)
C3	13/03/2012	C148861	16600	22500	-5900	29000	-	47000	-
	13/03/2012	C150578	16300	22500	-6200	29000	-	47000	-
	13/03/2012	C150767	20150	22500	-2350	29000	-	47000	-
	13/03/2012	C154654	20800	22500	-1700	29000	-	47000	-
	13/03/2012	C153649	19150	22500	-3350	29000	-	47000	-
	30/05/2012	C150709	16350	22500	-6150	29000	-	47000	-
	30/05/2012	C152715	17160	22500	-5340	29000	-	47000	-
	30/05/2012	C152719	16750	22500	-5750	29000	-	47000	-
	30/05/2012	C152810	16950	22500	-5550	29000	-	47000	-
30/05/2012	C152721	20950	22500	-1550	29000	-	47000	-	
C4	30/05/2012	C152720	19450	22500	-	29000	-9550	47000	-
	30/05/2012	C156223	20650	22500	-	29000	-8350	47000	-
	30/05/2012	C150709	16350	22500	-	29000	-12650	47000	-
	30/05/2012	C152719	16750	22500	-	29000	-12250	47000	-
T3-S3	30/05/2012	C150539	30450	22500	-	29000	-	47000	-16550
	30/05/2012	C150804	31850	22500	-	29000	-	47000	-15150
Promedio	C3		18116		-4384				
	C4		18300				-10700		
	T3-S3		31150						-15850

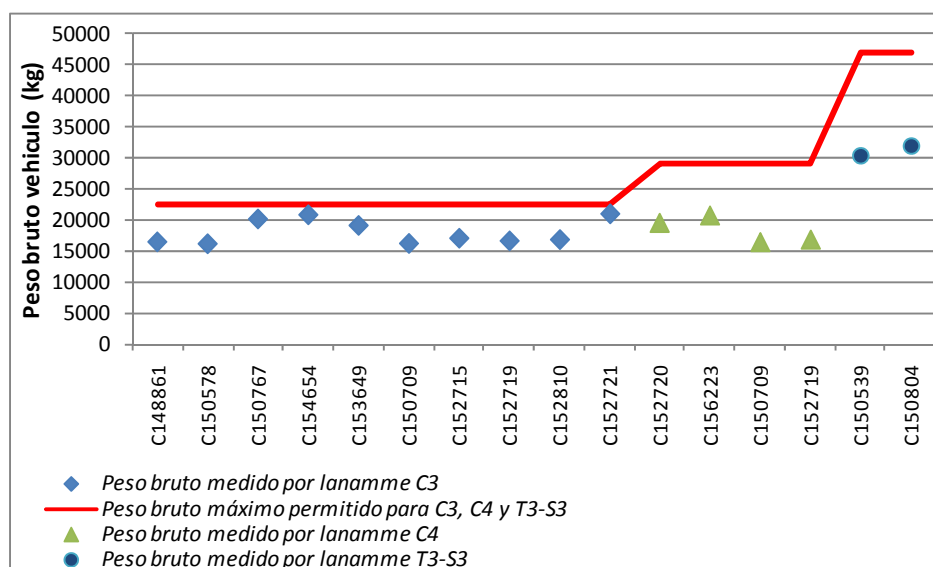


Figura 7. Pesos brutos de las vagonetas medidos por el LanammeUCR en vagonetas provenientes de la planta de Hernán Solís Guápiles.

Es fundamental controlar el sobrepeso en el transporte de carga, ya que el incurrir en este tipo de práctica 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, el control de carga en camiones de transporte que se practica en esta planta de producción de mezcla asfáltica es vital que se mantenga, como se evidenció en el proceso de pesaje realizado, desde el momento del despacho de la mezcla asfáltica en planta, para el correcto 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 de calidad durante los meses de diciembre de 2011 y enero, febrero, marzo abril, junio y julio del 2012. Para los meses de marzo, abril, junio y julio del 2012 se consideraron los datos tanto para el proceso con polímeros así como para la mezcla convencional. Cabe aclarar que no se entregó al equipo auditor los resultados de control correspondientes al mes de mayo del 2012, por lo que el análisis de ese mes no se realizó.

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 período antes mencionado. En el Anexo B se detalla el procedimiento realizado para dicho análisis, también se muestran los gráficos de control estadístico llamados gráficos 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, flujo, vacíos en la mezcla asfáltica y vacíos en el agregado mineral (VMA) para ambos tipos de mezcla asfáltica presentaron una alta variabilidad durante el periodo analizado. Esta variabilidad se puede atribuir a un predominio de causas asignables³ durante los meses de estudiados 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 (de un 19% para la mezcla asfáltica convencional y de un 25% para la mezcla modificada con polímeros fuera de límites de especificación) 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.

³ 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 febrero y mayo de 2012 a la planta de asfalto de la Constructora Hernán Solís, ubicada en Guapiles, 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. En ninguna de las dos visitas realizadas se observó que los inspectores portaran una termocupla para medir las temperaturas de la mezcla despachada.
- e. 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.
- f. Del análisis realizado al diseño de mezcla se evidenció que los valores indicados de porcentaje de agregado que pasa la malla N° 1/2, se encuentran por debajo del límite inferior de la especificación. Lo cual restringe el rango en un 60% de tolerancia permitido para esta malla.
- g. 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.

- h. Asimismo, el 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 63% 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.
- i. Del proceso de pesaje durante el despacho de vagonetas cargadas con mezcla asfáltica, se evidencia que existen diferencias significativas en el 36% de los pesos reportados en las boletas de despacho y los obtenidos por el LanammeUCR.
- j. Además, al evaluar los pesos brutos (vagoneta + mezcla asfáltica) de las vagonetas despachadas de la planta de Guápiles, se evidenció que todas las vagonetas cumplen con el límite máximo de peso permitido por el “Reglamento de Circulación por Carretera con Base en el Peso y las Dimensiones de los Vehículos de Carga”
- k. El análisis de los resultados de control y verificación de la calidad para el período diciembre de 2011 y enero, febrero, marzo abril, junio y julio del 2012, 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.
- l. 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. Francisco Fonseca Chaves.
Auditor Técnico, LanammeUCR

Aprobado por:



Ing. Jenny Chaverri Jiménez, MSc Eng.
Coordinadora Auditora Técnica, LanammeUCR

Aprobado por:



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

Visto bueno de legalidad



Lic. Miguel Chacón Alvarado.
Asesor Legal LanammeUCR



Anexo A



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES



PROGRAMA DE
INFRAESTRUCTURA DEL
TRANSPORTE

Anexo B