



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Informe: LM-PI-AT-154-17

**EVALUACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PRODUCIDA EN
DIFERENTES CENTROS DE PRODUCCION PARA LOS
PROYECTOS VIALES DE CONSERVACION VIAL.
*Licitación pública No. 2014LN-000018-0CV00. Varias Zonas***



Informe Final
Preparado por:

**Unidad de Auditoría Técnica
LanammeUCR**



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

San José, Costa Rica

ABRIL, 2018



Información técnica del documento

<p>1. Informe en versión final Informe Final de Auditoría Técnica LM-PI-AT-154-17.</p>	<p>2. Copia No. 1</p>	
<p>3. Título y subtítulo: EVALUACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PRODUCIDA EN DIFERENTES CENTROS DE PRODUCCION PARA LOS PROYECTOS VIALES DE CONSERVACION VIAL. PERIODO 2017. Licitación pública No. 2014LN-000018-0CV00. Varias Zonas.</p>	<p>4. Fecha del Informe Abril, 2018</p>	
<p>7. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440</p>		
<p>8. Notas complementarias ---*---*---</p>		
<p>9. Resumen <u>Sobre el contenido de asfalto de mezcla asfáltica producida:</u> Se determina que la mayoría de las plantas incluidas en este análisis muestran incumplimientos en el contenido óptimo de asfalto señalado en el diseño. Inclusive en algunos casos el valor promedio no cumple con el requisito establecido de que dicho contenido puede variar en una magnitud de 0,5%, siendo esto un indicio de un proceso productivo con alta variabilidad.</p> <p><u>Sobre la granulometría de la mezcla asfáltica producida:</u> Se observa que en ambos tipos de mezcla asfáltica existe una marcada tendencia en el material fino (malla N°16 a malla N°200) existe una marcada tendencia a ubicarse en el ámbito fino de la especificación entre el valor meta y el límite superior, obteniendo una leve variación en la malla 200 cercana al 3%. En cuanto a la fracción material grueso (malla de ½ a malla de ¾) oscila entre la porción gruesa y fina de la especificación.</p> <p><u>Sobre la calidad de la mezcla asfáltica producida:</u> Se determinan incumplimientos en parámetros Marshall que definen la volumetría de la mezcla asfáltica, siendo estos: contenido de vacíos de la mezcla, vacíos en el agregado mineral (VMA), vacíos llenos de asfalto (VFA) y la relación polvo/asfalto, para la mayoría de los centros de producción estudiados, en la relación polvo/asfalto, existe una alta incidencia del porcentaje de material fino pasando la malla 200 con valores cercanos al límite superior permitido. Asimismo, se deriva que bajos contenidos de asfalto, altos contenidos de vacíos y altos contenidos de finos pueden resultar en menoscabo de la durabilidad y resistencia al agrietamiento por fatiga, así como un posible envejecimiento del asfalto por un aumento en la permeabilidad.</p> <p><u>Sobre los diseños de mezcla asfáltica:</u> Los diseños de mezcla muestran algún incumplimiento en el rango permitido por la normativa contractual (contenido óptimo de asfalto $\pm 0,5\%$) indicado en cada uno de los diseños de mezcla Marshall (para los 2 tipos de mezcla asfáltica), para los parámetros contenido de vacíos, relación polvo asfalto y vacíos llenos de asfalto (VFA). Este último es el que mayor incidencia tiene en la restricción del rango permitido en la totalidad de los 14 diseños analizados. Además, en 7 de los diseños analizados se producen incumplimientos en el propio contenido óptimo de asfalto establecido en diseño de mezcla.</p>		
<p>10. Palabras clave Planta asfáltica, Mezcla asfáltica, Diseño de mezcla, Control de Calidad</p>	<p>11. Nivel de seguridad: Ninguno</p>	<p>12. Núm. de páginas 60</p>



INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA
EVALUACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PRODUCIDA EN DIFERENTES CENTROS DE PRODUCCION PARA LOS PROYECTOS VIALES DE CONSERVACION VIAL. PERIODO 2017. Licitación pública No. 2014LN-000018-0CV00. Varias Zonas.

Departamento encargado del proyecto: Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, CONAVI

Ingeniero de Zona de Conavi: detalle en Tabla 3

Empresa contratista: detalle en Tabla 3

Montos originales de los contratos: ϕ 128.071.430.745,31 (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. Wendy Sequeira Rojas, MSc.

Audidores:

Ing. Víctor Cervantes Calvo (Auditor Líder)

Ing. Francisco Fonseca Chaves (Auditor adjunto)

Asesor Legal:

Lic. Miguel Chacón Alvarado

Alcance del informe:

El alcance de este informe de auditoría técnica se centró en la evaluación de los parámetros de calidad de todas las plantas de producción de mezcla asfáltica que despachan para las actividades de Conservación Vial.

Ubicación de las plantas auditadas:

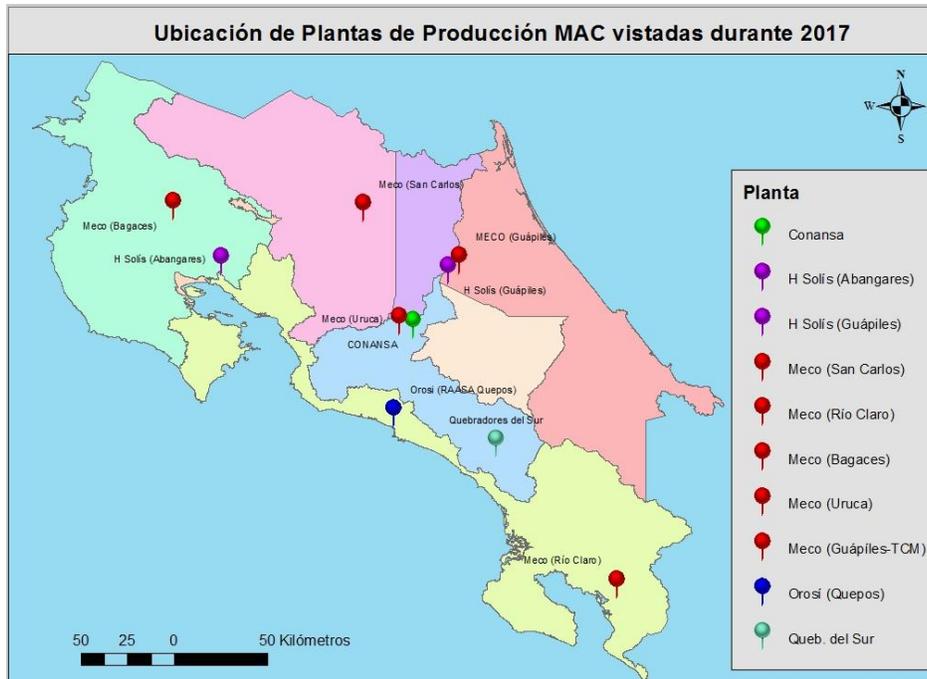


Figura 1. Ubicación aproximada de las Plantas de Producción de Mezcla Asfáltica .



Tabla de Contenido

LISTA DE TABLAS	5
LISTA DE FIGURAS.....	5
1. FUNDAMENTACIÓN	7
2. OBJETIVO DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS	7
3. INTEGRANTES DEL EQUIPO DE AUDITORÍA TÉCNICA DEL LANAMMEUCR	8
4. METODOLOGÍA DE LA AUDITORÍA TÉCNICA	8
5. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSION PRELIMINAR LM-PI-AT-154B-17	11
6. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA	13
6.1.1. SOBRE LA GRANULOMETRÍA DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PRODUCIDA	14
6.1.2. SOBRE EL CONTENIDO DE ASFALTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PRODUCIDA.....	22
6.1.3. SOBRE EL CONTENIDO DE ASFALTO DE LOS DISEÑOS DE MEZCLA ASFÁLTICA	27
6.1.4. SOBRE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PRODUCIDA....	29
6.1.5. SOBRE LA CONSISTENCIA DE LOS DISEÑOS DE MEZCLA VIGENTE DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO.....	42
7. CONCLUSIONES	46
8. RECOMENDACIONES.....	47
9.	48
10. REFERENCIAS	48
ANEXOS	50

Informe LM-PI-AT-154-17	abril , 2018	Página 4 de 60
-------------------------	--------------	----------------



LISTA DE TABLAS

TABLA 1. DETALLE DE LOS MUESTREOS REALIZADOS DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE..... 9

TABLA 2. INFORMACIÓN GENERAL DE LOS MUESTREOS DE MEZCLA ASFÁLTICA REALIZADOS..... 10

TABLA 3. ZONAS ADJUDICADAS PARA CADA CONTRATISTA Y PLANTA SUPLIDORA. 11

TABLA 4. PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO PARA CADA UNA DE LAS MALLAS. 15

TABLA 5. PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO PARA CADA UNA DE LAS MALLAS. 19

TABLA 6. PARÁMETROS GENERALES DE LOS DISEÑOS DE MEZCLA ASFÁLTICA 23

TABLA 7. ESPECIFICACIÓN DE PARÁMETROS SEGÚN EL MÉTODO MARSHALL 30

TABLA 8. ESPECIFICACIÓN DE PARÁMETROS SEGÚN EL MÉTODO MARSHALL 36

TABLA 9. ANÁLISIS DEL RANGO EFECTIVO DE CONTENIDO DE ASFALTO PARA MEZCLA DE 12,5 MM DE LOS
INFORMES DE CADA UNA DE LAS PLANTAS DE ESTUDIO 43

TABLA 10. ANÁLISIS DEL RANGO EFECTIVO DE CONTENIDO DE ASFALTO PARA MEZCLA DE 19 MM DE LOS
INFORMES DE CADA UNA DE LAS PLANTAS DE ESTUDIO 44

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN APROXIMADA DE LAS PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA 3

FIGURA 2. RESULTADOS GRANULOMÉTRICOS PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS ANALIZADAS DE TODAS LAS
PLANTAS DE PRODUCCIÓN. FUENTE: AUDITORÍA TÉCNICA 15

FIGURA 3. REPRESENTACIÓN GRAFICA DE LAS CURVAS GRANULOMÉTRICAS PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS
ANALIZADAS. FUENTE: AUDITORÍA TÉCNICA 16

FIGURA 4. REPRESENTACIÓN GRAFICA DE LAS CURVAS GRANULOMÉTRICAS PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS
ANALIZADAS DE TODAS LAS PLANTAS DE PRODUCCIÓN. FUENTE: AUDITORÍA TÉCNICA 17

FIGURA 5. REPRESENTACIÓN GRAFICA DE LA VARIACIÓN DE LAS CURVAS GRANULOMÉTRICAS DE TODAS LAS
MEZCLAS ASFÁLTICAS ANALIZADAS. ELABORADO POR: AUDITORÍA TÉCNICA..... 18

FIGURA 6. REPRESENTACIÓN GRAFICA DE LAS CURVAS GRANULOMÉTRICAS PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS
ANALIZADAS DE TODAS LAS PLANTAS DE PRODUCCIÓN. FUENTE: AUDITORÍA TÉCNICA 20

FIGURA 7. REPRESENTACIÓN GRAFICA DE LA VARIACIÓN DE LAS CURVAS GRANULOMÉTRICAS DE TODAS LAS
MEZCLAS ASFÁLTICAS ANALIZADAS. ELABORADO POR: AUDITORÍA TÉCNICA..... 21

FIGURA 8. RESULTADOS DE CONTENIDO DE ASFALTO PARA TODAS LAS PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA
ASFÁLTICA ANALIZADAS. ELABORADO POR: AUDITORÍA TÉCNICA 23

FIGURA 9. RESULTADOS DE CONTENIDO DE ASFALTO PARA TODAS LAS PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA
ASFÁLTICA ANALIZADAS. ELABORADO POR: AUDITORÍA TÉCNICA 26



FIGURA 10. RESULTADOS DE CONTENIDO DE ASFALTO PARA TODAS LAS PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA ANALIZADAS DE TMN DE 12,5MM. ELABORADO POR: AUDITORÍA TÉCNICA 28

FIGURA 11. RESULTADOS DE CONTENIDO DE ASFALTO PARA TODAS LAS PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA ANALIZADAS DE TMN DE 19 MM. ELABORADO POR: AUDITORÍA TÉCNICA 29

FIGURA 12. CONTENIDO DE VACÍOS Y PORCENTAJE FUERA DE ESPECIFICACIÓN PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS DE TMN DE 12,5MM DE TODAS LAS PLANTAS ESTUDIADAS. ELABORADO POR: AUDITORÍA TÉCNICA 31

FIGURA 13. PARÁMETRO VMA Y PORCENTAJE FUERA DE ESPECIFICACIÓN PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS DE TMN DE 12,5MM DE TODAS LAS PLANTAS ESTUDIADAS. 32

FIGURA 14. PARÁMETRO VFA Y PORCENTAJE FUERA DE ESPECIFICACIÓN PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS DE TMN DE 12,5MM DE TODAS LAS PLANTAS ESTUDIADAS. 33

FIGURA 15. RELACIÓN POLVO/ASFALTO Y PORCENTAJE FUERA DE ESPECIFICACIÓN PARA TODAS LAS PLANTAS ESTUDIADAS..... 34

FIGURA 16. REPRESENTACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE MALLA 200 (POLVO) Y CONTENIDO DE ASFALTO EFECTIVO COMPARADO CON LOS LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS DE TMN DE 12,5MM DE TODAS LAS PLANTAS ESTUDIADAS. 35

FIGURA 17. CONTENIDO DE VACÍOS Y PORCENTAJE FUERA DE ESPECIFICACIÓN PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS DE TMN DE 19MM DE TODAS LAS PLANTAS ESTUDIADAS. ELABORADO POR: AUDITORÍA TÉCNICA 37

FIGURA 18. PARÁMETRO VMA Y PORCENTAJE FUERA DE ESPECIFICACIÓN PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS DE TMN DE 19MM DE TODAS LAS PLANTAS ESTUDIADAS. 38

FIGURA 19. PARÁMETRO VFA Y PORCENTAJE FUERA DE ESPECIFICACIÓN PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS DE TMN DE 19MM DE TODAS LAS PLANTAS ESTUDIADAS. 39

FIGURA 20. RELACIÓN POLVO/ASFALTO Y PORCENTAJE FUERA DE ESPECIFICACIÓN PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS DE TMN DE 19MM DE TODAS LAS PLANTAS ESTUDIADAS. 40

FIGURA 21. REPRESENTACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE MALLA 200 (POLVO) Y CONTENIDO DE ASFALTO EFECTIVO COMPARADOS CON LOS LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN PARA TODAS LAS PLANTAS ESTUDIADAS.41



INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA.

EVALUACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PRODUCIDA EN COSTA RICA PARA LOS PROYECTOS VIALES DE CONSERVACION VIAL. CONTRATACIÓN DIRECTA NO. 2009LN-000003-CV, VARIAS ZONAS

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 8114 de Simplificación y Eficiencia Tributarias y su reforma mediante la Ley 8603, dentro del Programa de Fiscalización de la Calidad de la Red Vial del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR) de la Universidad de Costa Rica (UCR).

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

“...la fiscalización que realiza la Universidad a través del Laboratorio es una fiscalización externa, que trasciende los contratos de mérito, y por ende, obras específicas, para abarcar la totalidad de la red nacional pavimentada (por ende, proyectos ya finiquitados) y que incluso podría considerarse “superior”, en el sentido en que debe fiscalizar también los laboratorios que realizan análisis de calidad, auditar proyectos en ejecución, entre otros aspectos, evaluar la capacidad estructural y determinar los problemas de vulnerabilidad y riesgos de esa red. Lo cual implica una fiscalización a quienes podrían estar fiscalizando proyectos concretos.”

2. OBJETIVO DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS

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

Informe LM-PI-AT-154-17	abril , 2018	Página 7 de 60
-------------------------	--------------	----------------



2.1. OBJETIVO DEL INFORME

El objetivo de este informe es valorar de forma general la calidad de la mezcla asfáltica producida por los diversos contratistas, para ser utilizada en los procesos de conservación vial aplicados por el CONAVI. Dicha valoración se realiza iniciando con la evaluación del diseño de mezcla utilizado por la planta para la producción de mezcla asfáltica. Además se evalúan los parámetros de calidad y aceptación de conformidad con lo que se establece en las especificaciones contractuales y las prácticas ordinarias para diseño de mezcla.

2.2. ALCANCE DEL INFORME

El estudio que realiza esta auditoría abarca un periodo de producción de aproximadamente cuatro meses, comprendido entre marzo a octubre de 2017, considerando todas las plantas de producción activas en este periodo, cuya producción estuviera destinada a proyectos de conservación vial.

Los resultados analizados son los obtenidos por el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR), así como los respectivos diseños de mezcla vigentes, que son elaborados por el laboratorio de control de calidad del contratista para la producción de mezcla asfáltica en las plantas de producción.

3. INTEGRANTES DEL EQUIPO DE AUDITORÍA TÉCNICA DEL LANAMMEUCR

- Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc (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. 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 las planta asfálticas indicadas en la Tabla 1 y se tomaron muestras de la mezcla asfáltica por un periodo definido para llevar a cabo las actividades de evaluación de la planta. Las muestras fueron tomadas de manera aleatoria, 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

Informe LM-PI-AT-154-17	abril , 2018	Página 8 de 60
-------------------------	--------------	----------------



D-6307 /ASTM-D-95) y la composición granulométrica (ASTM D 5444) de cada una de las muestras. Asimismo, se contactaron a los Ingenieros encargados de cada una de las plantas 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, divididos en cuatro fracciones (dos fracciones gruesas, fracción 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.

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

Planta	Cantidad de muestras	
	Mezcla 12,5 mm	Mezcla 19 mm
Meco, Aguas Zarcas (AZ)	1	1
Meco, Bagaces (Ba)	3	-
Meco, Guápiles (MG)	2	1
Meco, Río Claro (MR)	3	1
Meco, Uruca (MU)	3	-
Hernán Solís, Abangares (HSA)	1	2
Hernán Solís, Guápiles (HSG)	3	2
Conansa ^s , Calle Blancos (Co)	3	-
Quebradores del Sur	1	1
Total	20	8

§ Durante el periodo de estudio esta planta despacha mezcla asfáltica para la contratación 2014LN-000018-0CV00 - MP-R Mantenimiento periódico y de rehabilitación del pavimento de la red vial nacional pavimentada, Zona 1-4 Alajuela.

En las Tabla 1 y Tabla 2 se presenta el detalle de los muestreos realizados de mezcla asfáltica en caliente, especificándose la planta y el tipo de mezcla respectivo. Asimismo, en la Figura 1 se presenta una ubicación aproximada de cada una de las plantas de productoras de mezcla asfáltica visitadas.



Tabla 2. Información general de los muestreos de mezcla asfáltica realizados

Planta	Mezcla de 12,5 mm		Mezcla de 19 mm	
	Muestreo (ronda)	Fecha	Muestreo (ronda)	Fecha
Conansa, Calle Blancos (Co)	1º	30-mar-17	-	-
	2º	28-jun-17	-	-
	3º	27-sep-17	-	-
Hernán Solís, Abangares (HSA)	1º	06-mar-17	-	-
	-	-	2º	27-jun-17
	-	-	3º	26-sep-17
Hernán Solís, Guápiles (HSG)	1º	15-mar-17	-	-
	2º	20-jun-17	2º	19-jun-17
	3º	24-oct-17	3º	23-oct-17
Meco, Aguas Zarcas (AZ)	2º	06-jun-17	-	-
	-	-	3º	29-sep-17
Meco, Bagaces (Ba)	1º	09-mar-17	-	-
	2º	27-jun-17	-	-
	3º	27-sep-17	-	-
Meco, Guápiles(MG)	1º	14-mar-17	-	-
	2º	23-jun-17	-	-
	-	-	3º	26-oct-17
Meco, Río Claro (HSR)	1º	21-mar-17	-	-
	2º	13-jun-17	2º	14-jun-17
	3º	31-oct-17	-	-
Meco, Uruca (MU)	1º	17-mar-17	-	-
	2º	09-jun-17	-	-
	3º	27-sep-17	-	-
Quebradores del Sur (QS)	1º	22-mar-17	-	-
	-	-	2º	15-jun-17

4.1. INFORMACIÓN GENERAL DE LAS PLANTAS

Las plantas de producción de mezcla asfáltica ubicadas en el territorio nacional y que producen mezcla asfáltica para actividades de conservación vial en su mayoría mantienen una disposición del proceso de producción de forma continua (Plantas Continuas). Siendo la única con proceso discontinuo (Planta de Bache) la planta de Conansa, ubicada en Calle Blancos.

Se logró evidenciar que las plantas de mezcla asfáltica, en general cumplen con las estipulaciones que se establecen para las instalaciones que producen mezcla asfáltica para actividades de conservación vial de acuerdo con la licitación pública N° 2014LN-000018-0CV00 de las líneas adjudicadas a cada una de las empresas constructoras. En la Tabla 3, se muestra el detalle de las contrataciones y las empresas adjudicatarias, así como la asociación general de cada una de las plantas con las zonas a las cuales suplen mezcla asfáltica.



Tabla 3. Zonas adjudicadas para cada contratista y planta suplidora.

Línea	Zona	Contratista	Planta Suplidora	Monto del contrato
Línea 19	1-4 Alajuela Sur	Conansa ^(S)	Conansa	₡ 7.275.193.567,52
Línea 1	1-1 San José	MECO	Meco Uruca	₡16,592,134,220.24
	1-2 Puriscal			
	1-9 Heredia			
Línea 2	1-4 Alajuela Sur	H. Solís	HS Guápiles	₡17,187,471,845.40
	1-5 Alajuela Norte			
	1-6 San Ramón			
Línea 3	1-3 Los Santos	H. Solís	HS Guápiles	₡17,072,283,152.02
	1-7 Cartago			
	1-8 Turrialba			
Línea 4	2-1 Liberia	H. Solís	HS Abangares	₡8,389,299,085.83
Línea 5	2-3 Santa Cruz	MECO	Meco Bagaces	₡16,577,831,320.97
	2-4 Nicoya			
Línea 6	2-2 Cañas-Upala	H. Solís	HS Abangares	₡15,048,788,609.77
	3-1 Puntarenas			
	3-2 Quepos			
Línea 7	4-1 Pérez Zeledón	Q. Sur	Q. Sur	₡7,639,012,171.00
	4-2 Buenos Aires			
Línea 8	4-3 Río Claro	MECO	Meco Río Claro	₡9,739,588,053.27
Línea 9	5-1 Guápiles	MECO	Meco Guápiles	₡11,424,348,310.39
	5-2 Limón			
Línea 10	6-1 Ciudad Quesada	MECO	Meco Aguas Zarcas	₡8,400,673,976.42
	6-2 Los Chiles			

Fuente: Licitación Pública No.2014LN-000018-CV.

5. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSION PRELIMINAR LM-PI-AT-154B-17

Como parte de los procedimientos de auditoría técnica, mediante oficio LM-AT-033-18 del 05 de marzo de 2018, se envía el presente informe en versión preliminar LM-PI-AT-154B-17 a la parte auditada para que sea analizado y de requerirse, se proceda a esclarecer aspectos que no hayan sido considerados durante el proceso de ejecución de la auditoría, por lo que

Informe LM-PI-AT-154-17	abril , 2018	Página 11 de 60
-------------------------	--------------	-----------------



se otorga un plazo de 15 días hábiles posteriores al recibo de dicho informe para el envío de comentarios al informe preliminar. Dicho plazo se extendía hasta el 06 de abril de 2018.

Como parte del proceso de Auditoría se realiza una reunión el lunes 12 de marzo de 2018 con el auditado con el fin de comentar aspectos relacionados con el informe. Esta reunión contó con la asistencia de los siguientes participantes:

Institución	Nombre
Conavi (Administración)	Alexander Guerra Moran (Encargado Auditorías Externas)
	Berny Quirós Vargas (Auditoría Interna)
	Eddy Baltodano Araya (Conservación Vial)
	Hugo Zuñiga Fallas (Conservación Vial)
	Jeyfer Martínez B. (Auditoría Interna)
	Julio César Carvajal (Gestión Calidad Conservación Vial)
	Pablo Camacho Salazar (Conservación Vial)
Cacisa (Verificación Calidad)	Alejandra Fallas Siles
	Carlos Solís Molina
	Manuela Elizondo Chinchilla
ITP (Verificación Calidad)	Mariam Vargas Barrantes
	Orlando Castro López
OJM (Verificación Calidad)	Roger Arroyo Acosta
	Greivin Moya Araya
Vieto (Verificación Calidad)	Ezequiel Vieto Solís
	Juan Carlos Vargas Rosas
LanammeUCR (Auditoría Técnica)	Francisco Fonseca Chaves (Auditor Técnico)
	Víctor Hugo Cervantes Calvo (Auditor Técnico)
	Wendy Sequeira Rojas (Coordinadora Auditoría Técnica)

Posteriormente mediante oficio GCSV-92-2018-1673 (264) del 06 de abril de 2018, recibido por esta auditoría el 06 de abril de 2018, los ingenieros Edgar May Cantillano y Alexander Guerra Moran, Gerente a.i. de Conservación Vías y Puentes y Encargado de Auditorías Externas (respectivamente) emiten algunas consideraciones sobre el informe preliminar LM-PI-AT-154B-17, además se incluye un recuento de los antecedentes a los cambios

Informe LM-PI-AT-154-17	abril , 2018	Página 12 de 60
-------------------------	--------------	-----------------



relacionados con la especificación del parámetro polvo asfalto, que se han pretendido incluir en la nueva generación de contratos de conservación de la Red Vial Nacional pavimentada. Con relación a este último punto, esta auditoría no se pronunciará, ya que no es competencia directa de esta unidad los requerimientos señalados.

Por tanto, en cumplimiento de los procedimientos de auditoría técnica, una vez analizado el documento en mención y considerando la evidencia presentada (ver Anexo b), se procede a emitir el informe LM-PI-AT-154-17 en su versión final para ser enviado a las instituciones que indica la ley. En la sección de anexos se adjunta copia del oficio GCSV-92-2018-1673 (264) y el análisis realizado por el equipo auditor en donde se hacen las aclaraciones correspondientes.

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, a la fatiga y a la presencia de humedad. Mediante este proceso (diseño de mezcla) se establecen

Informe LM-PI-AT-154-17	abril , 2018	Página 13 de 60
-------------------------	--------------	-----------------



los requisitos y las tolerancias especificados que debe cumplir la mezcla asfáltica según la metodología que se emplee.

De acuerdo con la normativa prevaleciente en los carteles de licitación y en las contrataciones, se establece en la Disposición Vial AM-01-2001 sección 401.06 los parámetros que la mezcla asfáltica debe cumplir, disponiendo una serie de requisitos que según el método Marshall son los necesarios para proveer a la mezcla asfáltica de espacio suficiente entre partículas, de manera que se recubran adecuadamente y al mismo tiempo brindarle las características físicas y de resistencia adecuadas.

El diseño de mezcla es formulado por el laboratorio de control de calidad del contratista para la producción de mezcla asfáltica en las plantas de producción; en él se definen varios requisitos a ser acatados y el valor de los parámetros requeridos por la normativa contractual, entre ellos el tamaño máximo nominal, proporción de combinación de agregados, contenido óptimo de asfalto, contenido de vacíos y otros parámetros relacionados con la volumetría de la mezcla asfáltica.

Por otro lado, el monitoreo e inspección continuo 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 a evaluar o reformular el diseño de la mezcla asfáltica utilizada en el proceso de pavimentación.

6.1.1. Sobre la granulometría de la mezcla asfáltica producida

HALLAZGO N° 1: LOS RESULTADOS GRANULOMÉTRICOS DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS SE ENCUENTRAN DENTRO DE LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS EN EL CARTEL DE LICITACIÓN.

a. MEZCLA ASFÁLTICA DE TAMAÑO DE 12,5 MM

Para las muestras de mezcla asfáltica provenientes de las diferentes plantas de producción se evalúan los requisitos establecidos en el apartado 3.2.1 "Graduación de la combinación de agregados" de la sección 4 "Especificación Especial de Mezcla Asfáltica en Caliente elaborada por el diseño Marshall" en donde se establecen los rangos granulométricos para la combinación de 12,5 mm.

Informe LM-PI-AT-154-17	abril , 2018	Página 14 de 60
-------------------------	--------------	-----------------



En la **Figura 2** se muestra la representación grafica de los resultados obtenidos para las muestras de ensayo analizadas de todas las plantas asfálticas durante el periodo de muestreo comprendido entre marzo a octubre de 2017. Como se observa la mayoría de los resultados se encuentran dentro de los límites de especificación establecidos, lo cual se evidencia con los valores de porcentaje de cumplimiento para cada uno de los tamaños granulométricos que se muestran en la **Tabla 4**.

Tabla 4. Porcentaje de cumplimiento para cada una de las mallas.

Parámetro	Malla (% pasando)							
	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16	N°30	N°50	N°200
Promedio	93,62	80,43	50,56	32,28	21,53	15,51	11,32	5,87
Desviación estándar	1,77	3,15	2,87	2,48	1,89	1,52	1,13	0,61
% de Cumplimiento	97,08%	99,45%	96,56%	94,22%	98,06%	98,31%	99,97%	99,87%

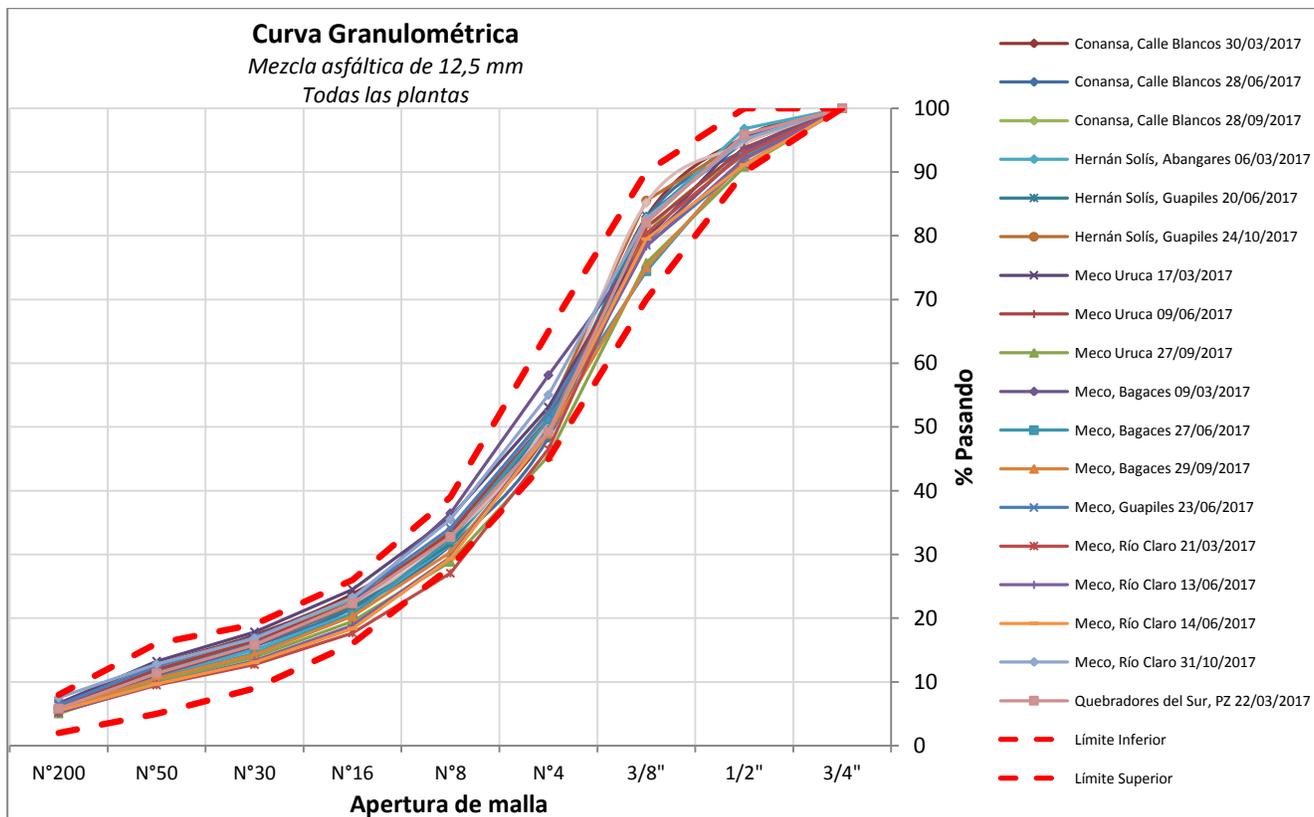


Figura 2. Resultados granulométricos para las mezclas asfálticas analizadas de todas las plantas de producción. Fuente: Auditoría Técnica

Informe LM-PI-AT-154-17	abril , 2018	Página 15 de 60
-------------------------	--------------	-----------------



Con el fin de determinar la tendencia general existente de la granulometría y las variaciones presentes en cada tamaño de malla que conforma la curva granulométrica en las muestras analizadas durante el año 2017 se emplea un método gráfico en donde la granulometría objetivo se representa como el eje horizontal (eje x) y además se trazan los límites de especificación. Luego se realiza la representación grafica de cada una de las curvas granulométricas diarias determinando la magnitud existente entre el valor de % pasando reportado en el ensayo y el valor objetivo de cada tamaño (para cada uno de los tamices en particular) considerando todos los tamaños granulares reportados, tal como se ejemplifica en la **Figura 3**.

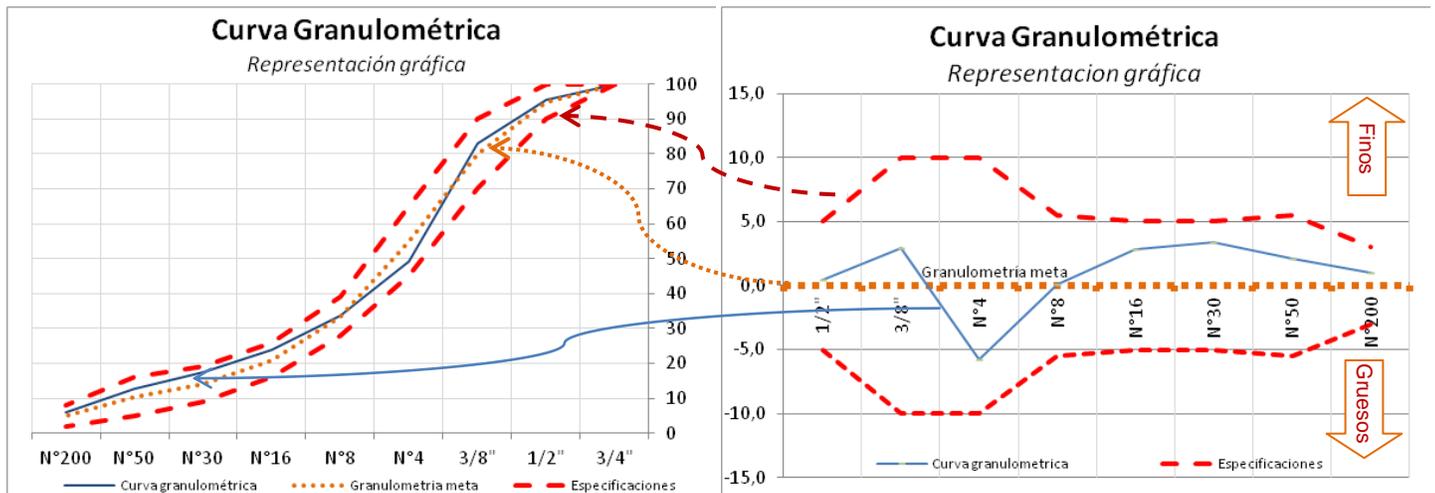


Figura 3. Representación grafica de las curvas granulométricas para las mezclas asfálticas analizadas. Fuente: Auditoría Técnica

En las graficas presentadas en la **Figura 4** se representan las curvas granulométricas para todas las muestras de mezcla asfáltica ensayadas en el periodo comprendido desde marzo a octubre de 2017, para cada uno de los centros de producción.

Del análisis de las graficas se puede determinar que para la fracción gruesa las plantas de producción HSA, HSG, QS y Co se disponen en la parte fina del rango permitido, en tanto que los plantas de producción (MU, MB, MG y MR) de la empresa Mecos se ubican en la parte gruesa del rango.

Por otro lado es posible evidenciar que para todos los centros de producción de mezcla asfáltica los agregados de tamaño intermedio se hallan en el lado grueso de la especificación, siendo un comportamiento similar para la fracción fina, solamente que en este caso se sitúan en la parte fina con relación a la fracción de agregados finos.

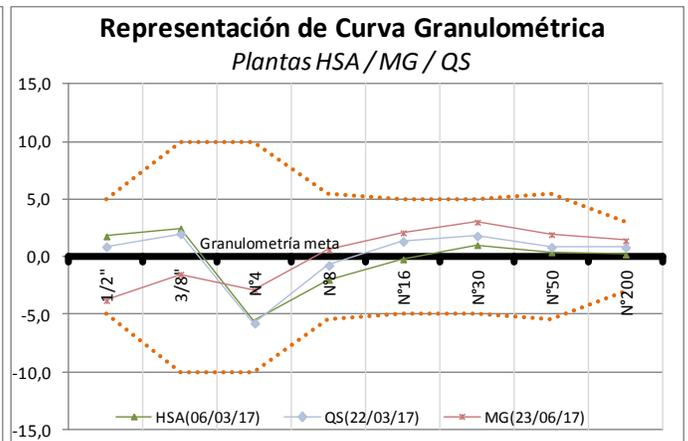
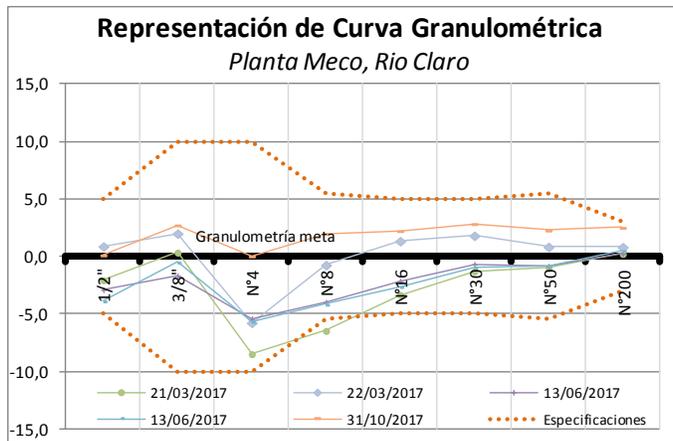
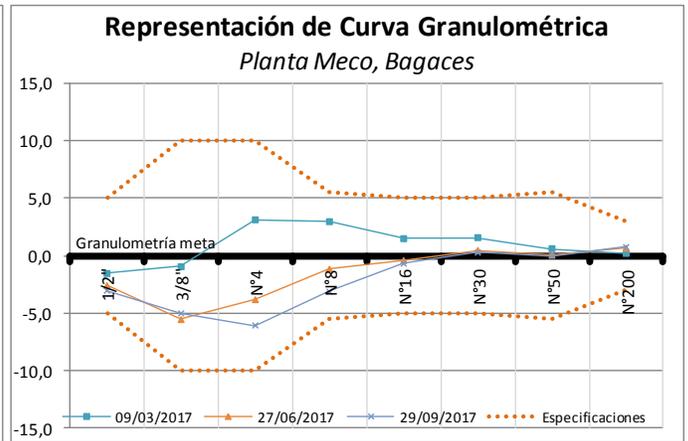
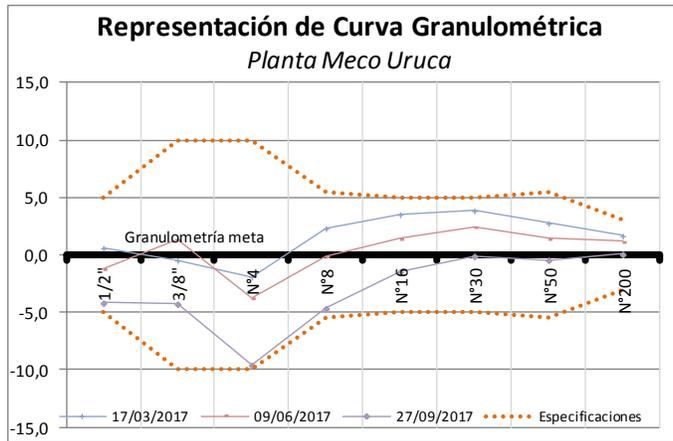
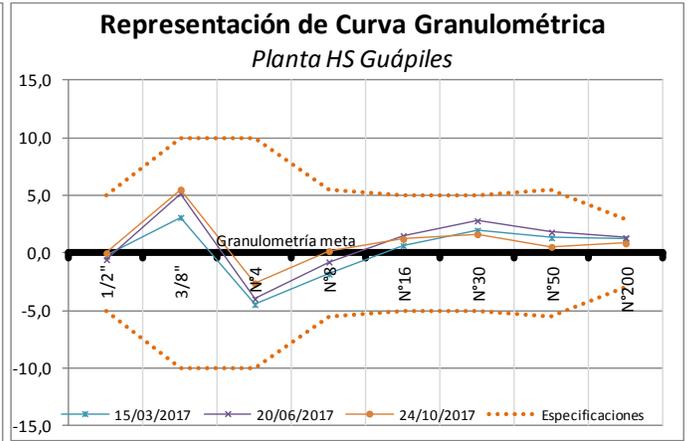
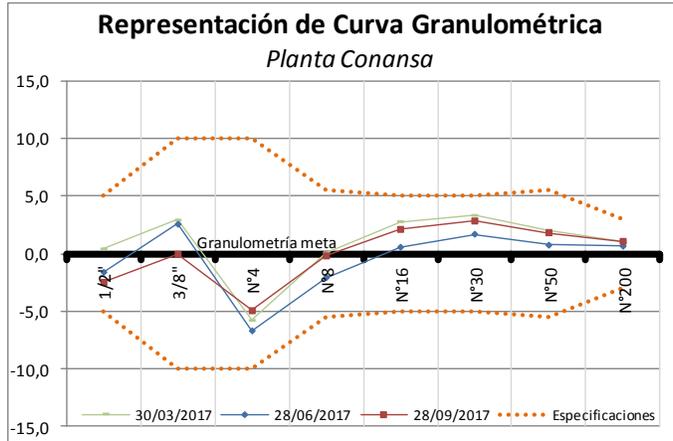


Figura 4. Representación grafica de las curvas granulométricas para las mezclas asfálticas analizadas de todas las plantas de producción. Fuente: Auditoría Técnica



Finalmente, se procede a determinar el valor máximo, el valor mínimo y el percentil (15/85) para los % pasando en cada uno de los tamaños granulométricos con el fin de establecer la variación total de la granulometría y establecer la tendencia.

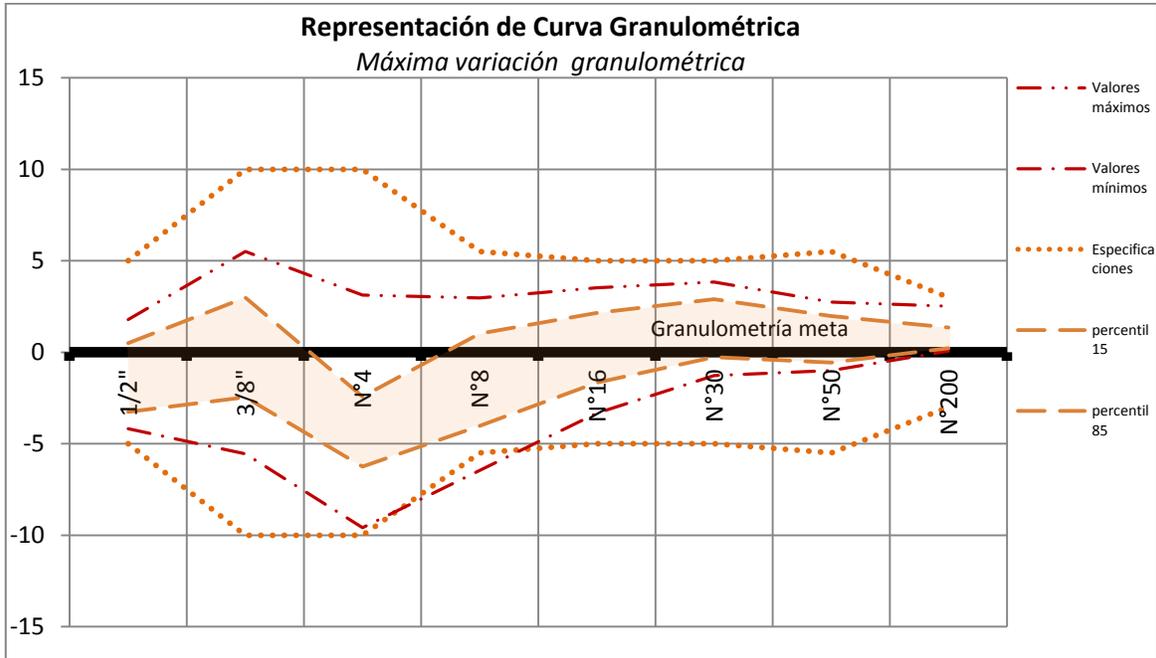


Figura 5. Representación grafica de la variación de las curvas granulométricas de todas las mezclas asfálticas analizadas. Elaborado por: Auditoría Técnica

Por lo tanto de la **Figura 5** se puede colegir que para las curvas granulométricas de las mezclas asfálticas producidas durante el periodo de análisis del año 2017:

- Los materiales de la fracción gruesa, particularmente el material de la malla de $\frac{1}{2}$ pulgada se ubicó durante todo el periodo de análisis en la porción gruesa de la especificación. Mientras que el material de la malla de $\frac{3}{8}$ pulgada se mantiene entre la porción fina y la gruesa, con mayor inclinación hacia esta última.
- En el material intermedio (mallas N°4 a N°8) se denota que:
 - la malla N°4 se ubica durante todo el año 2017 en la porción gruesa de la especificación.
 - mientras que la malla N°8 oscila entre la porción fina y la gruesa, tendiendo a mostrar unos leves incumplimientos con relación al límite inferior.
- En cuanto a la parte de la fracción fina de la curva granulométrica es evidente que a partir de la malla N°16 hasta la malla N°200 existe una marcada tendencia a ubicarse en la ámbito fino de la especificación entre el valor meta y el límite superior. Se observa que la menor variación se obtienen en la malla 200 con una magnitud de 2,4%.



b. MEZCLA ASFÁLTICA DE TAMAÑO DE 19 MM

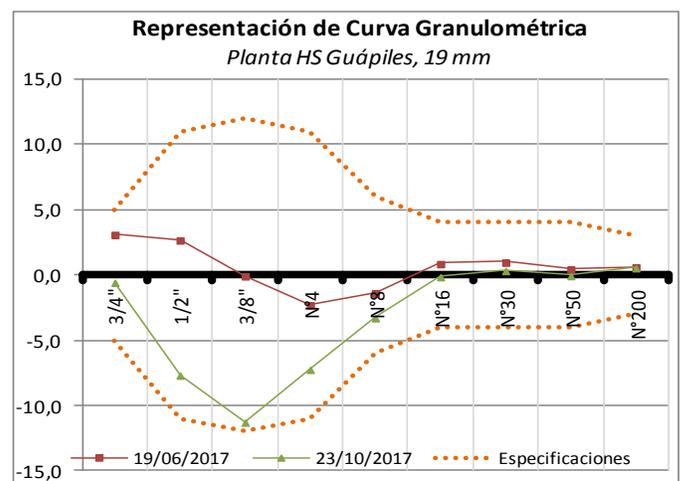
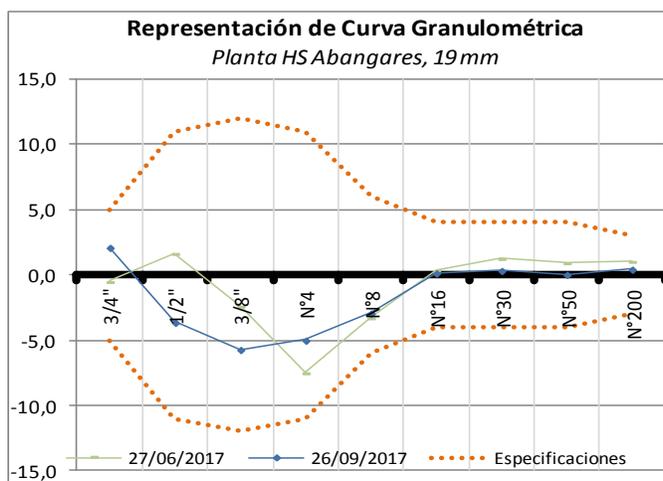
Con relación a las muestras de mezcla asfáltica con tamaño granulométrico de 19mm los requisitos se establecen en el apartado 3.2.1 "Graduación de la combinación de agregados" de la sección 4 "Especificación Especial de Mezcla Asfáltica en Caliente elaborada por el diseño Marshall". Con relación a los rangos granulométricos establecidos se evalúan las granulometrías para la combinación de 19 mm provenientes de las diferentes plantas de producción.

Al determinar los valores de porcentaje de cumplimiento para cada uno de los tamaños granulométricos se determina que la mayoría de los resultados se encuentran dentro de los límites de especificación establecidos, tal como se muestra en la **Tabla 5**.

Tabla 5. Porcentaje de cumplimiento para cada una de las mallas.

Parámetro	Malla (% pasando)								
	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16	N°30	N°50	N°200
Promedio	98,25	82,83	68,02	41,73	27,40	19,09	14,29	10,68	5,75
Desviación estándar	2,37	6,08	6,06	2,21	1,42	1,07	0,93	0,71	0,58
% de Cumplimiento	75,6%	84,4%	91,7%	99,2%	99,2%	98,6%	99,0%	99,9%	99,8%

Para determinar la tendencia general existente en los tamaños granulométricos y las variaciones presentes en las mallas que conforma la curva granulométrica de las muestras de mezcla de tamaño de 19 mm analizadas durante el periodo comprendido desde marzo a octubre de 2017 se aplica el método gráfico, explicado anteriormente.



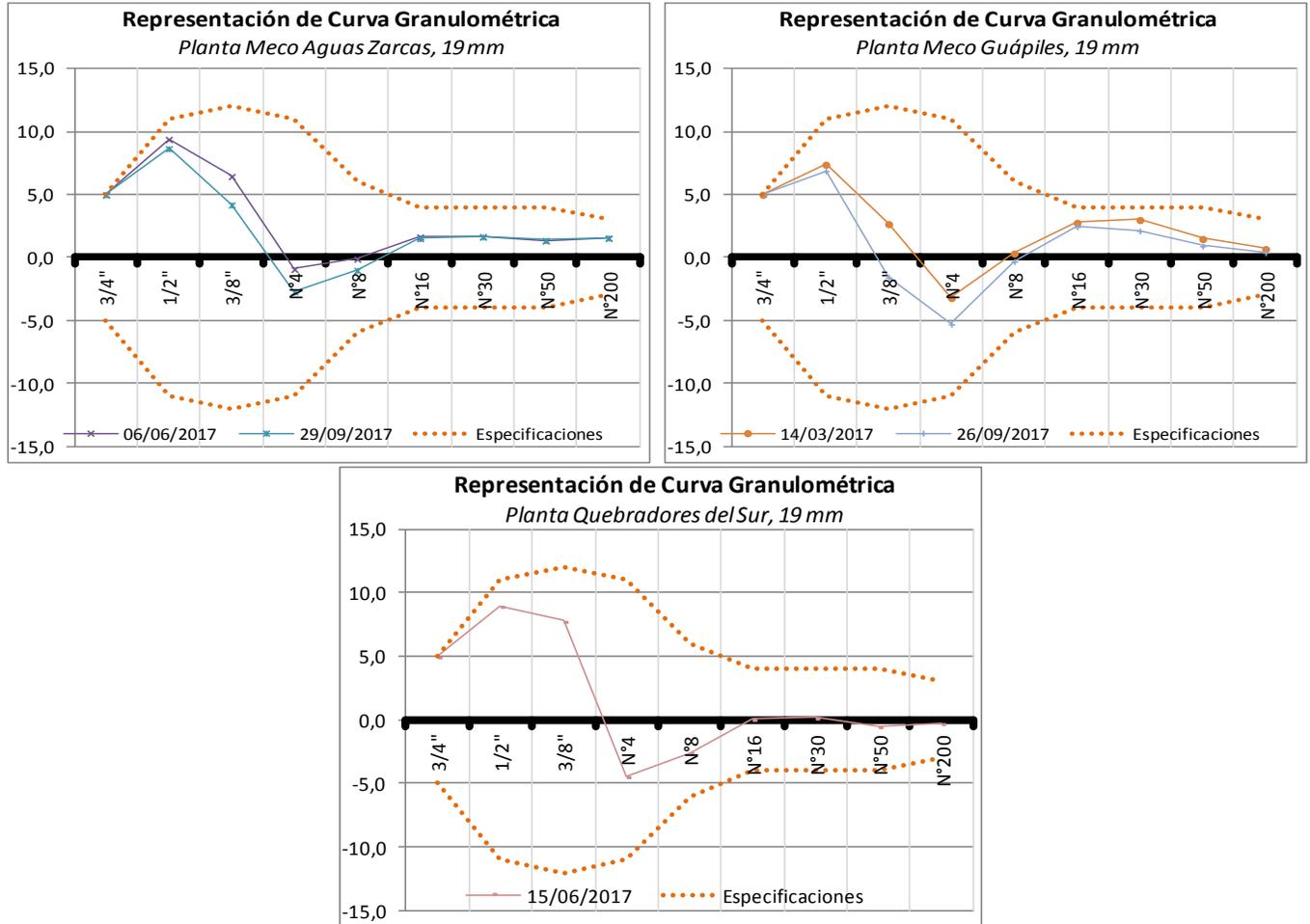


Figura 6. Representación grafica de las curvas granulométricas para las mezclas asfálticas analizadas de todas las plantas de producción. Fuente: Auditoría Técnica

De las graficas de la Figura 6 se observa que para las mallas que componen la fracción gruesa las plantas de producción HSA, HSG, MA, MG y QS se ordenan -en su mayoría- en la parte fina del rango permitido. En cuanto a las mallas de de tamaño intermedio se hallan en el lado grueso de la especificación.

También se observa que para los valores de la fracción fina se ubican en la parte fina de la especificación.

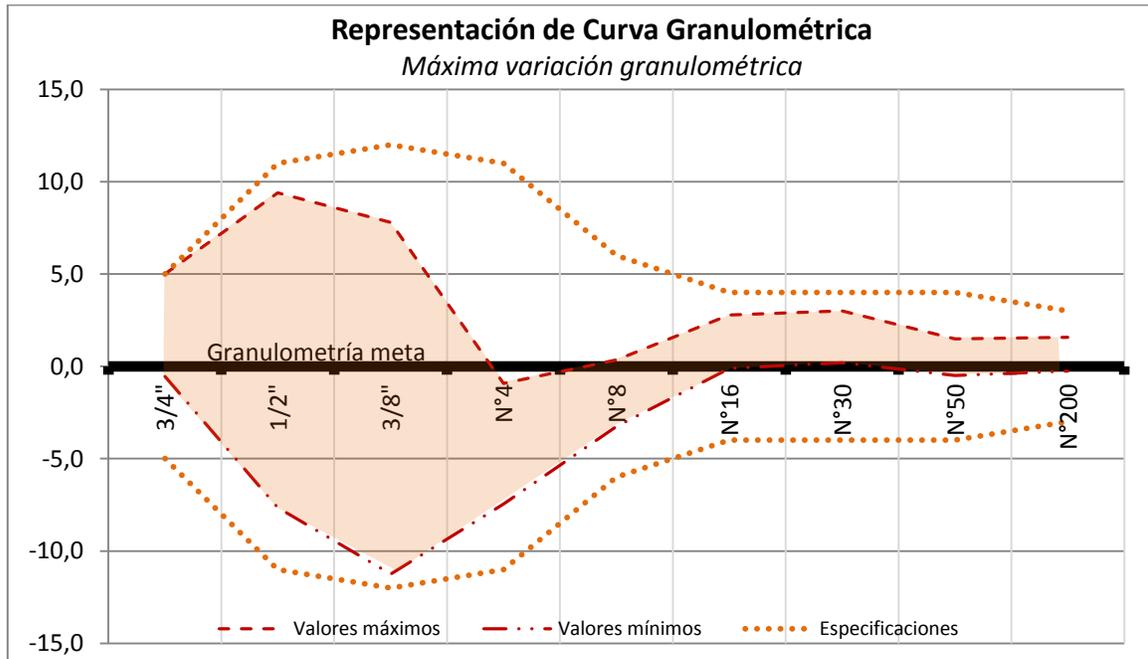


Figura 7. Representación grafica de la variación de las curvas granulométricas de todas las mezclas asfálticas analizadas. Elaborado por: Auditoría Técnica

En consecuencia de la **Figura 7** se puede evidenciar que para las curvas granulométricas de las mezclas asfálticas producidas durante el periodo de análisis del año 2017:

- Los materiales de la fracción gruesa, particularmente el material de la malla de $\frac{3}{4}$ pulgada se ubicó durante todo el periodo de análisis en la porción gruesa de la especificación. Mientras que los materiales de las mallas de $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{8}$ pulgada se mantiene entre la porción fina y la gruesa.
- En el material intermedio (mallas N°4 a N°8) se advierte que durante todo el año 2017 en la porción gruesa de la especificación.
- En cuanto a la parte de la fracción fina de la curva granulométrica es evidente que a partir de la malla N°16 hasta la malla N°200 existe una marcada tendencia a ubicarse en la ámbito fino de la especificación entre el valor meta y el límite superior. Se observa que la menor variación se obtienen en la malla 200 con una magnitud de 1,6%.



6.1.2. Sobre el contenido de asfalto de la mezcla asfáltica producida

HALLAZGO N° 2: SE DETERMINAN ALGUNOS INCUMPLIMIENTOS EN EL PARÁMETRO CONTENIDO DE ASFALTO PARA LAS MUESTRAS DE PLANTAS, YA QUE MUESTRAN VALORES FUERA DEL ÓPTIMO $\pm 0,5\%$ ESTABLECIDO EN EL DISEÑO DE MEZCLA VIGENTE.

c. MEZCLA ASFÁLTICA DE TAMAÑO DE 12,5 MM

De acuerdo con los requisitos establecidos en la sección 4 "Especificación Especial de Mezcla Asfáltica en Caliente elaborada por el diseño Marshall" de la licitación pública 2014LN-000018-0CV00 para la mezcla asfáltica, en donde se establece que el parámetro de contenido de asfalto debe mantenerse en $\pm 0,5\%$ respecto al valor óptimo de asfalto indicado en el diseño de mezcla o en la fórmula de trabajo vigente.

Se observa que para el periodo de estudio comprendido desde marzo a octubre de 2017, el parámetro de contenido de asfalto se mantiene dentro del margen permitido de $\pm 0,5\%$ respecto al valor del óptimo de asfalto indicado en el diseño de mezcla, para la mayoría de las muestras de mezcla asfáltica de tamaño de 12,5 mm tomadas en las respectivas plantas de producción. En la Figura 8 se presentan gráficamente los resultados de los ensayos de las muestras analizadas. Se indica el valor de contenido de asfalto obtenido para cada muestra ensayada; así como los límites del rango óptimo, de acuerdo con los datos del informe de diseño de mezcla vigente.

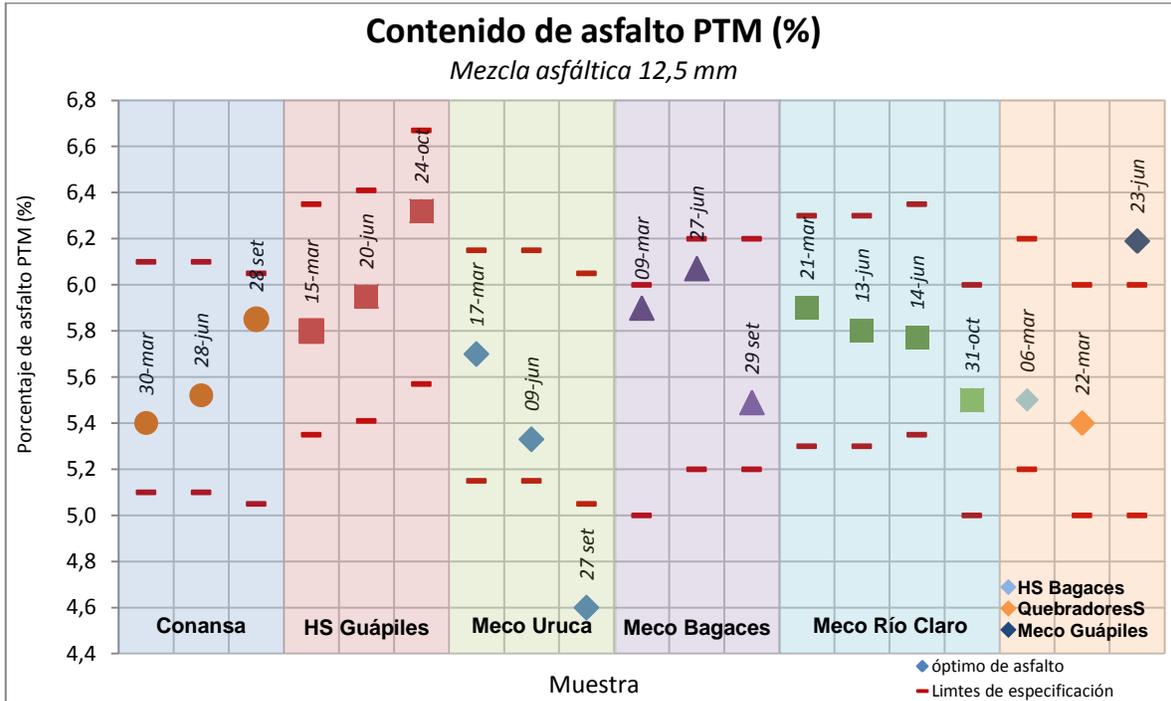


Figura 8. Resultados de contenido de asfalto para todas las plantas de producción de mezcla asfáltica analizadas. Elaborado por: Auditoría Técnica

Tabla 6. Parámetros generales de los diseños de mezcla asfáltica

Planta	Contenido óptimo de asfalto PTM (rango óptimo)		
	I Ronda	II Ronda	III Ronda
Conansa, Calle Blancos (Co)	5,60% (5,10%-6,10%)	5,60% (5,10%-6,10%)	5,55% (5,05%-6,05%)
Hernán Solís, Guápiles (HSG)	5,85% (5,35% - 6,35%)	5,91 % (5,35% - 6,35%)	6,07 % (5,35% - 6,35%)
Meco, Uruca (MUG)	5,65 % (5,15% - 6,15%)	5,65 % (5,15% - 6,15%)	5,55 % (5,05% - 6,05%)
Meco, Bagaces (MB)	5,50% (5,0% - 6,0%)	5,70% (5,2% - 6,2%)	5,70% (5,2% - 6,2%)
Meco, Río Claro (MRC)	5,80% (5,3% - 6,3%)	5,80% (5,3% - 6,3%)	5,50% (5,0% - 6,0%)
Meco, Guápiles (MUG)	sin muestra	5,50% (5,0% - 6,0%)	sin muestra
Hernán Solís, Abangares (HSA)	5,70% (5,2% - 6,2%)	sin muestra	sin muestra
Quebradores del Sur (QS)	5,50% (5,0% - 6,0%)	sin muestra	sin muestra



Del análisis de los resultados mostrados en la Figura 8 se advierte que el 10% (2 de 19) de los valores de asfalto, para todas las plantas, se encuentran fuera de los límites permitidos. Además se evidencia que el 58% (11 de 19) de los resultados se ubican en el ámbito seco del rango de contenido de asfalto (óptimo hacia el límite inferior), encontrándose todos por debajo del 6% de contenido de asfalto. De acuerdo con lo señalado en el informe LM-AT-080-14, contenido de asfalto próximos a 5% a 5,5% podrían ocasionar mezclas asfálticas con mayor susceptibilidad al daño por humedad, mayor desprendimiento de agregados y por ende menos durabilidad.

Seguimiento de la variabilidad de los resultados por parte de la Administración

La Administración mediante los Administradores Viales realiza una estimación de la variabilidad de los resultados de ensayo de contenido de asfalto, entre otros, reportados para cada una de las plantas analizadas en el periodo de estudio del presente informe (marzo a octubre de 2017).

Para este fin se determina el nivel de cumplimiento con relación a los límites de especificación establecidos en la documentación contractual (contenido de asfalto, contenido de vacíos, malla 4 y malla 200), este nivel establece en el "Modelo de pago en función de la calidad" un factor de ajuste del monto a remunerar por concepto de variabilidad (calidad) de los resultados de ensayo.

Un factor de 1 significa que la variabilidad es completamente aceptable en el proceso constructivo de la mezcla asfáltica y por tanto el nivel de incumplimiento (ni) es mínimo, del análisis de las estimaciones de pago aprobadas por la Administración (para el periodo de estudio) en el 91% (259 de 284) se reporta un factor de 1, tal como se muestra en el cuadro.

Tipo	CO	HSA	HSG	MAZ	MB	MG	MRC	MU	QS	Total
Carpeta	2	4	16	6	10	10	6	8	5	67
B.Formal	3	8	25	0	8	11	10	9	5	79
B.Urgencia	5	15	33	7	12	16	10	10	5	113

Por su parte valores de menor magnitud hasta 0,90 representan una variabilidad moderada durante la producción, que se asocia a niveles de incumplimiento apreciables (niveles de incumplimiento entre 25 a 30%). De la revisión se determina que tan solo en 25 estimaciones (9%) se aplica factores menores a uno, 19 de ellos prácticamente con valor a 1 y tan solo 6 (2%) de ellos entre 0,90 y 0,95, tal como se observa en el siguiente cuadro.



Tipo	Mes	Conansa	HSA	HSG	MAZ	MG	MU	MRC	QS
Carpeta	Abril	-	-	-	-	0,98 (Z.6-2)	-	0,90 (Z.4-3)	0,95 (Z.4-1)
	Mayo	-	-	-	-	0,99 (Z.5-2)	-	-	-
	Junio	-	-	-	-	0,99 Z.(1-1, 1-2, 1-9)	-	-	-
	Julio	-	-	-	-	-	-	-	-
	Agosto	-	0,994 (Z.2-1)	-	-	-	-	-	-
	Setiembre	-	0,994 (Z.2-1)	0,99 Z.(1-3, 1-7, 1-8)	0,98 Z.(6-1, 6-2)	0,99 Z.(6-1, 6-2)	-	-	-
B.Formal	Abril	-	-	-	-	-	0,99 (Z.1-1)	0,93 (Z.4-3)	0,95 (Z.4-1)
	Julio	0,994 (Z.1-7)	-	-	-	-	-	-	-
	Setiembre	-	-	0,99 Z.(1-3, 1-7, 1-8)	-	-	-	-	-
B.Urgencia	Abril	-	-	-	-	-	-	0,90 (Z.4-3)	0,93 (Z.4-1)

d. MEZCLA ASFÁLTICA DE TAMAÑO DE 19 MM

Los requisitos para el parámetro de contenido de asfalto se establecen en el apartado 401.06 de la sección 4 "Especificación Especial de Mezcla Asfáltica en Caliente elaborada por el diseño Marshall" de la licitación pública 2014LN-000018-0CV00, en donde se especifica que dicho porcentaje debe mantenerse en $\pm 0,5\%$ respecto al valor óptimo de asfalto indicado en el diseño de mezcla o en la fórmula de trabajo vigente.

En la Figura 9 se representan los resultados de los ensayos de las muestras analizadas de tamaño de agregado de 19 mm para el periodo de estudio comprendido desde junio¹ a octubre de 2017. En la gráfica se indica el valor de contenido de asfalto obtenido para cada muestra ensayada; así como los límites del rango óptimo aplicables, de acuerdo con los datos del informe de diseño de mezcla vigente.

¹ La producción de mezcla asfáltica del tipo de 19 mm se inició en el mes de junio de 2018.

Informe LM-PI-AT-154-17	abril , 2018	Página 25 de 60
-------------------------	--------------	-----------------

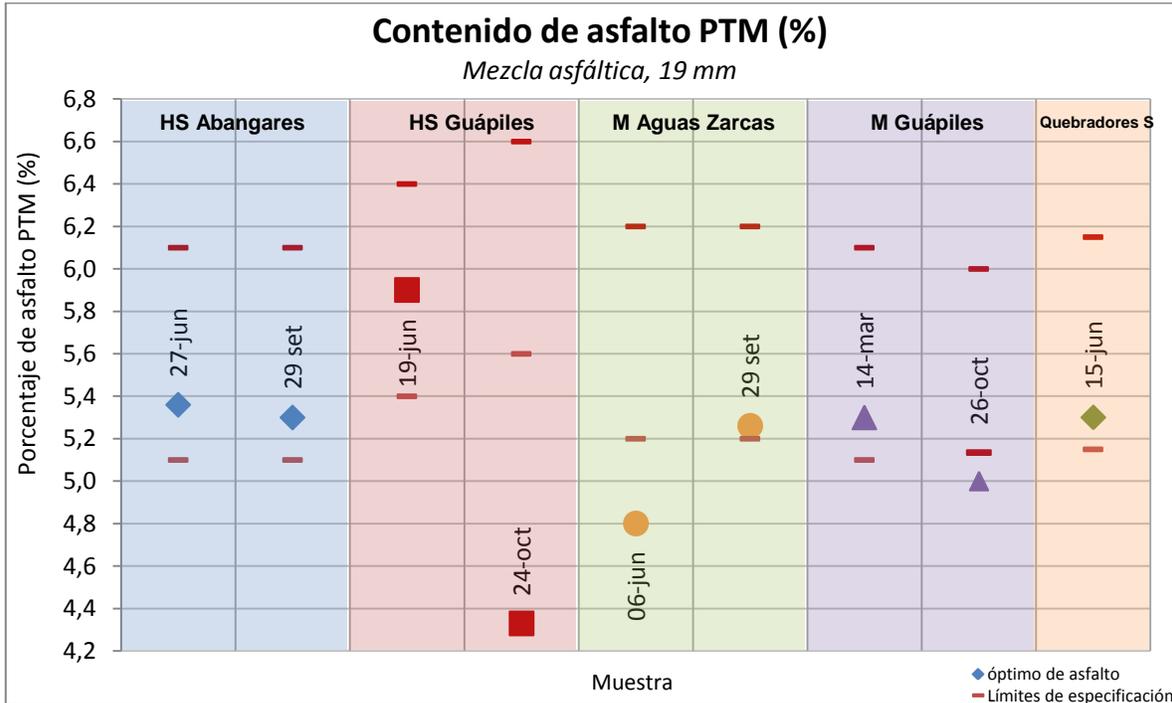


Figura 9. Resultados de contenido de asfalto para todas las plantas de producción de mezcla asfáltica analizadas. Elaborado por: Auditoría Técnica

Se observa que el 67% (6 de 9) de los resultados de contenido de asfalto de las muestras de mezcla asfáltica de tamaño de 19 mm para las plantas de producción HSA, HSG, MAZ, MG y QS se mantienen dentro del margen permitido de $\pm 0,5\%$ respecto al valor del óptimo de asfalto indicado en el diseño de mezcla. Sin embargo se evidencia que 3 (33%) de los resultados se mantienen fuera de los límites permitidos.

Además se evidencia que todos los valores de contenido de asfalto se ubican en el rango de menor cantidad de asfalto (desde óptimo hacia el límite inferior), sin que ninguno sea superior a 6% de contenido de asfalto, incluso 2 de los valores son menores a 5% (HSG=4,3% y MAZ=4,8%).



6.1.3. Sobre el contenido de asfalto de los diseños de mezcla asfáltica

OBSERVACIÓN 1. SE DETERMINAN ALGUNAS DIFERENCIAS ENTRE EL CONTENIDO DE ASFALTO ÓPTIMO $\pm 0,5\%$ ESTABLECIDO EN EL DISEÑO DE MEZCLA VIGENTE, CON RESPECTO AL CONTENIDO DE ASFALTO ÓPTIMO OBTENIDO POR EL LANAMMEUCR.

e. MEZCLA ASFÁLTICA DE TAMAÑO DE 12,5 MM

Los requisitos establecidos en la sección 4 "Especificación Especial de Mezcla Asfáltica en Caliente elaborada por el diseño Marshall" de la licitación pública 2014LN-000018-0CV00 establecen que el contenido óptimo de asfalto debe obtenerse realizando un diseño de mezcla asfáltica en laboratorio, con los materiales que se utilizan en el proyecto. Durante el proceso productivo se permite que dicho valor se mantenga en $\pm 0,5\%$ respecto al óptimo de asfalto obtenido en el diseño.

Con el propósito de corroborar el porcentaje de contenido óptimo de asfalto indicado en el diseño de mezcla utilizado por el contratista, se reproduce el diseño en el laboratorio del LanammeUCR. En la Figura 10 se presentan los resultados obtenidos para el LanammeUCR, en comparación con el contenido óptimo de asfalto del diseño. Se contrasta la diferencia de los valores con el margen permitido de 0,5%.

De dicha figura se puede establecer que solamente en 3 de los diseños presentados se evidencian diferencias considerables para las plantas Conansa, Hernán Solís Abangares y Meco Bagaces, en donde la diferencia de valores del óptimo obtenido por el LanammeUCR y el de Diseño varía entre un 50% hasta un 75% en magnitud.

Para las plantas Hernán Solís Guápiles, Meco Uruca y Quebradores del Sur, desde el punto de vista estadístico, se obtiene prácticamente el mismo porcentaje de contenido óptimo de asfalto. En tanto que, para la planta de Meco Río Claro, no se establece una diferencia concluyente para colegir que existe discrepancia.

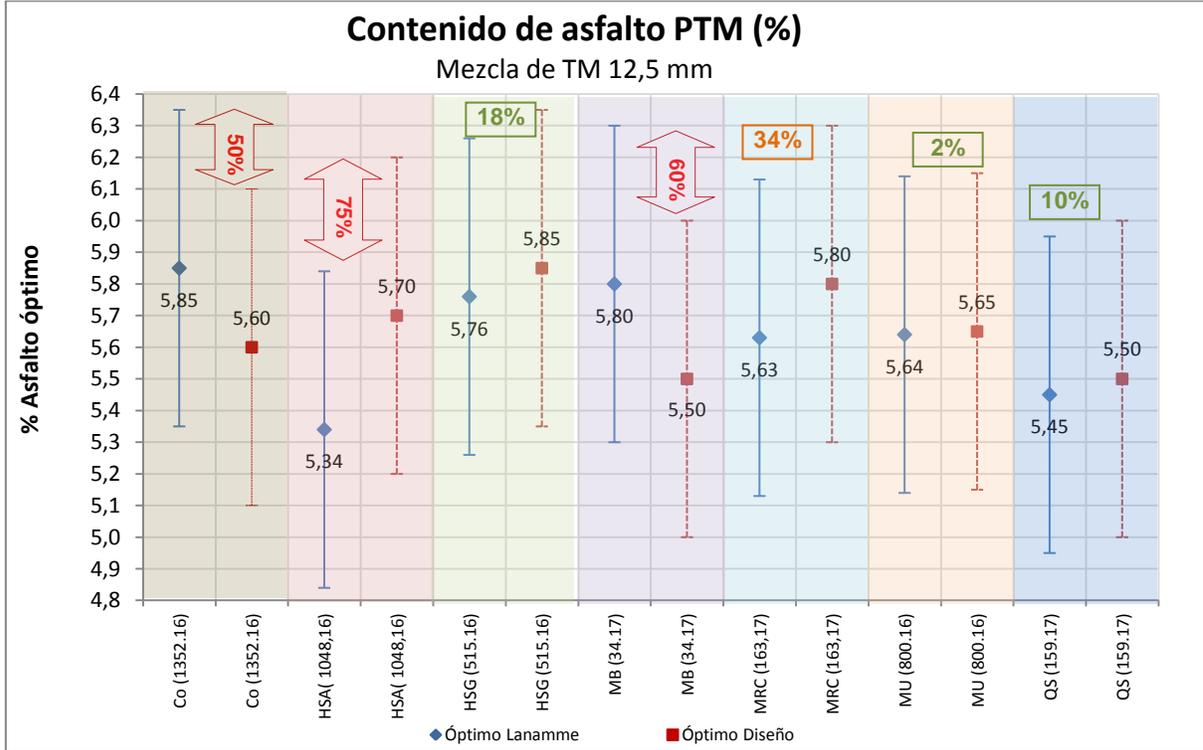


Figura 10. Resultados de contenido de asfalto para todas las plantas de producción de mezcla asfáltica analizadas de TMN de 12,5mm. Elaborado por: Auditoría Técnica

f. MEZCLA ASFÁLTICA DE TAMAÑO DE 19 MM

De igual manera que para el caso anterior, en el LanammeUCR se replican los diseños para la mezcla asfáltica de tamaño de 19 mm y los resultados obtenidos para el contenido óptimo de asfalto se contrastan con el porcentaje óptimo de asfalto indicado en el Diseño de la mezcla. Las diferencias de los valores se contrastan contra el margen permitido de 0,5%.

De la Figura 11 se determina que en dos centros de producción se obtienen diferencias importantes en cuanto al contenido de asfalto establecido, mostrando diferencias de 54% y 98% para las plantas de Hernán Solís Guápiles y Meco Río Claro, respectivamente. Mientras que las plantas de producción de mezcla asfáltica de Meco Aguas Zarcas, Meco Guápiles y Quebradores del Sur muestran un contenido de asfalto óptimo similar para ambos ensayos.

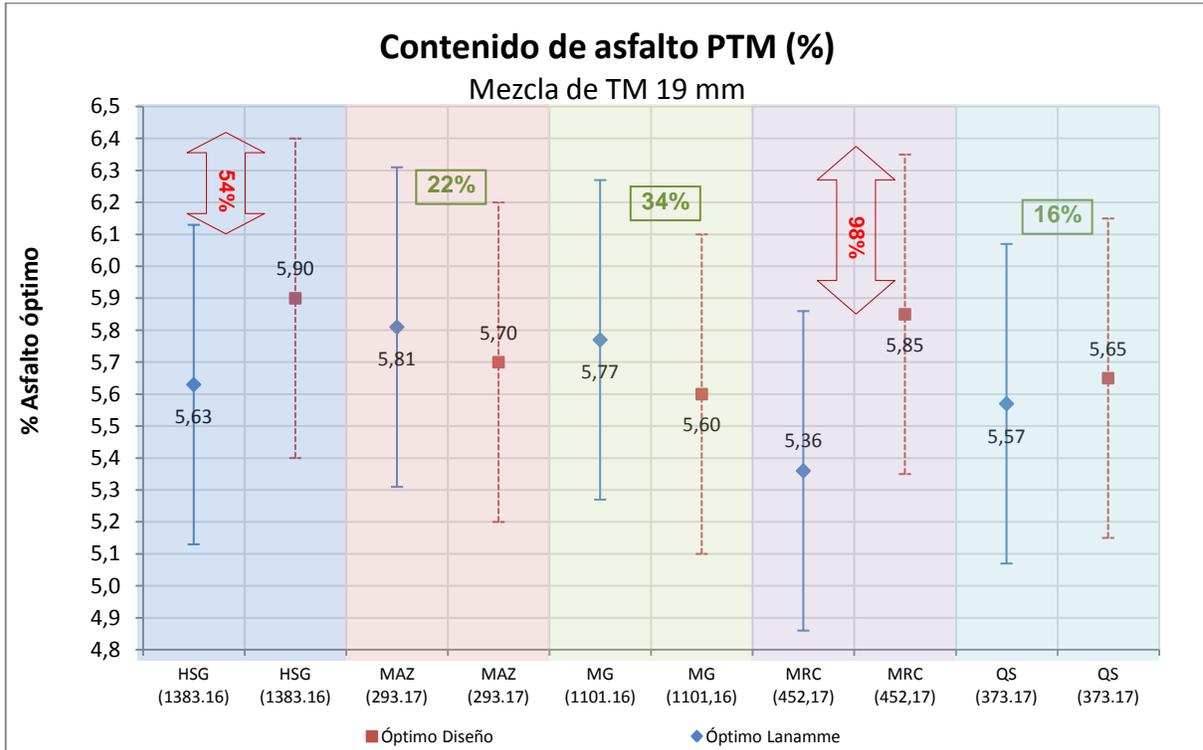


Figura 11. Resultados de contenido de asfalto para todas las plantas de producción de mezcla asfáltica analizadas de TMN de 19 mm. Elaborado por: Auditoría Técnica

Es criterio de esta auditoría que la escogencia del valor óptimo debe incluir, además de solamente determinar el valor específico de asfalto, un análisis donde también se verifique que se cumplan todas las propiedades volumétricas y que quede claramente señalado. Por ejemplo, en el caso de la MAC de 12,5 mm, coincide que Conansa y HSAbangares presentan las mayores diferencias de contenido óptimo y a su vez presentan el rango más reducido en cuanto a cumplimiento de volumetría.

6.1.4. Sobre los parámetros de calidad de la mezcla asfáltica producida

HALLAZGO N° 3: SE EVIDENCIA QUE LA MAYORÍA DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PRODUCIDA POR LAS PLANTAS PRODUCTORAS ANALIZADAS PRESENTAN INCUMPLIMIENTOS EN ALGUNOS DE LOS PARÁMETROS VOLUMÉTRICOS MARSHALL PARA ACEPTACIÓN TALES COMO: VACÍOS, VACÍOS EN EL AGREGADO MINERAL (VMA), VACÍOS LLENOS DE ASFALTO (VFA) Y EN LA RELACIÓN POLVO/ASFALTO ESTABLECIDOS EN EL CARTEL DE LICITACIÓN.



g. MEZCLA ASFÁLTICA DE TAMAÑO DE 12,5 MM

Según los parámetros establecidos en la sección 4 "Especificación Especial de Mezcla Asfáltica en Caliente elaborada por el diseño Marshall" de la licitación pública 2014LN-000018-0CV00 en donde se indica que la mezcla asfáltica debe cumplir con una serie de requisitos de aceptación y de evaluación en apego con lo establecido por el método Marshall. Tales requisitos definen unos valores requeridos, con el fin de proveer a la mezcla asfáltica de características físicas y de resistencia adecuadas, en la **Tabla 7** se presentan los rangos admisibles según la metodología Marshall.

Tabla 7. Especificación de parámetros según el método Marshall

Parámetro	Especificaciones
Estabilidad (*)	Mínimo 800 kg
Flujo (*)	20 a 35 ¹ / ₁₀₀ cm
Vacíos en la mezcla ¹	3% a 5%
Vacíos en agregado mineral (VAM) (*)	Mínimo 14%
Vacíos llenos de asfalto (VFA) (*)	65% a 75%
Relación polvo/asfalto (§)	0,6 a 1,6 %

¹ Requisito de evaluación (valoración de pago), según cartel de licitación.

(*) Parámetros volumétricos de aceptación de la mezcla asfáltica

§ Requisito de aceptación de la mezcla asfáltica basada en directriz del Ministro. Según cartel de licitación es hasta 1,3%.

Con el propósito de corroborar el cumplimiento de estas especificaciones, el LanammeUCR procedió a realizar muestreos en las plantas de producción de mezcla asfáltica que despachan mezcla para los proyectos de conservación vial de acuerdo con las líneas y zonas definidas en la contratación directa 2014LN-000018-0CV00, según el detalle que se muestra en la Tabla 3.

Del análisis general se observa que para los diferentes parámetros de calidad establecidos para la mezcla asfáltica se denotan incumplimientos en los parámetros que definen la volumetría de la mezcla asfáltica, siendo estos: contenido de vacíos de la mezcla, vacíos en el agregado mineral (VMA), vacíos llenos de asfalto (VFA) y la relación polvo/asfalto, los cuales se analizarán individualmente en las secciones subsiguientes.

Contenido de vacíos de la mezcla

En la **Figura 12** se presentan los resultados de vacíos en la mezcla obtenidos por el LanammeUCR, para cada una de las plantas incluidas en el estudio. Se evidencia que 4 de los centros de producción determinan un mayor nivel de incumplimiento en donde los porcentajes de incumplimiento se ubican entre 43% a 68% (CO, MRC, MU y MG). Para la planta de MB los resultados llegan a ubicarse cerca del límite superior.



Valores de vacíos altos podrían producir un envejecimiento prematuro de la mezcla, ya que son más permeables y por tanto más propensos a sufrir los efectos dañinos de la humedad.

Los demás plantas asfálticas (HSG, MB, HSB y QS) demuestran una baja variabilidad del proceso productivo, ya que sus valores promedio de contenido de vacíos se mantienen dentro del rango permitido (3% a 5%).

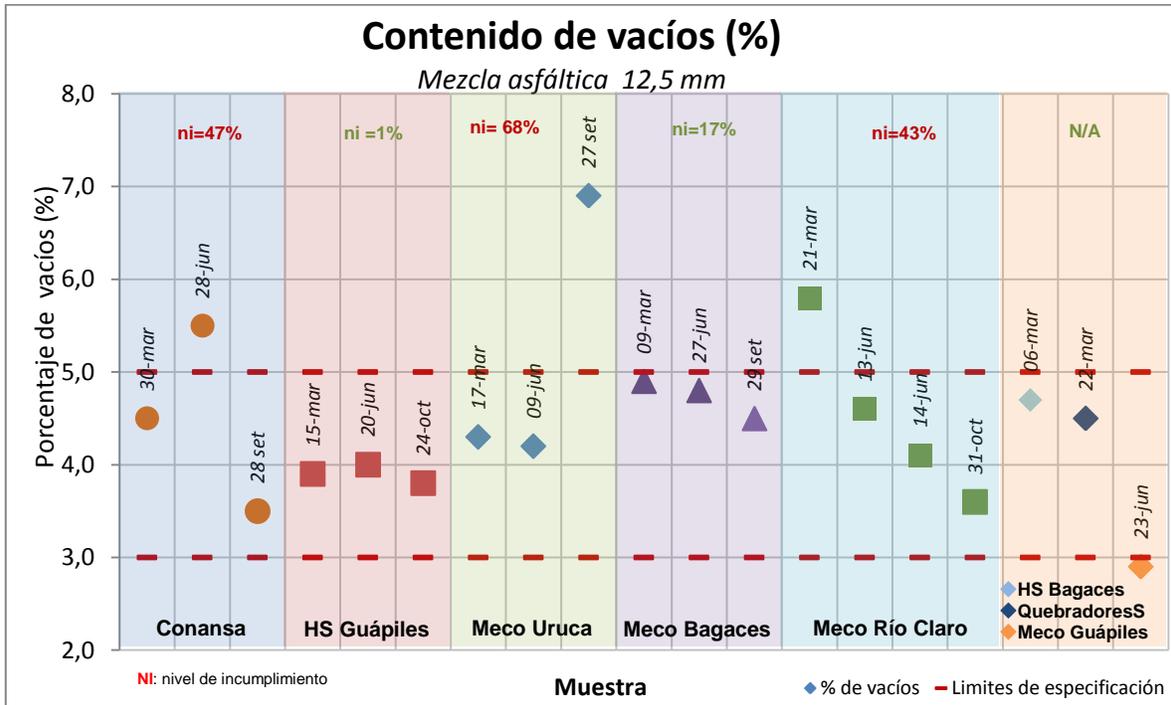


Figura 12. Contenido de vacíos y porcentaje fuera de especificación para las mezclas asfálticas de TMN de 12,5mm de todas las plantas estudiadas. Elaborado por: Auditoría Técnica

Parámetro de vacíos en el agregado mineral (VMA)

En la Figura 13 se presenta de forma gráfica los resultados de vacíos en el agregado mineral (VMA) obtenidos para las plantas analizadas en el periodo de estudio; se determina el nivel de cumplimiento con relación al valor mínimo de 14% requerido por la metodología Marshall. Del análisis se evidencia una variabilidad moderada con un porcentaje fuera de los límites entre 22% y 32% para 4 de las plantas (MB, MRC, HSG y CO). En tres de ellas (HSB, QS y MG) no se determinan muestras fuera del límite permitido. Sin embargo, en una de las plantas (MU) se observa un nivel de incumplimiento del 40%. Se debe tener en cuenta que

valores cercanos al límite o por debajo del mínimo podrían producir problemas de durabilidad de la mezcla producida.

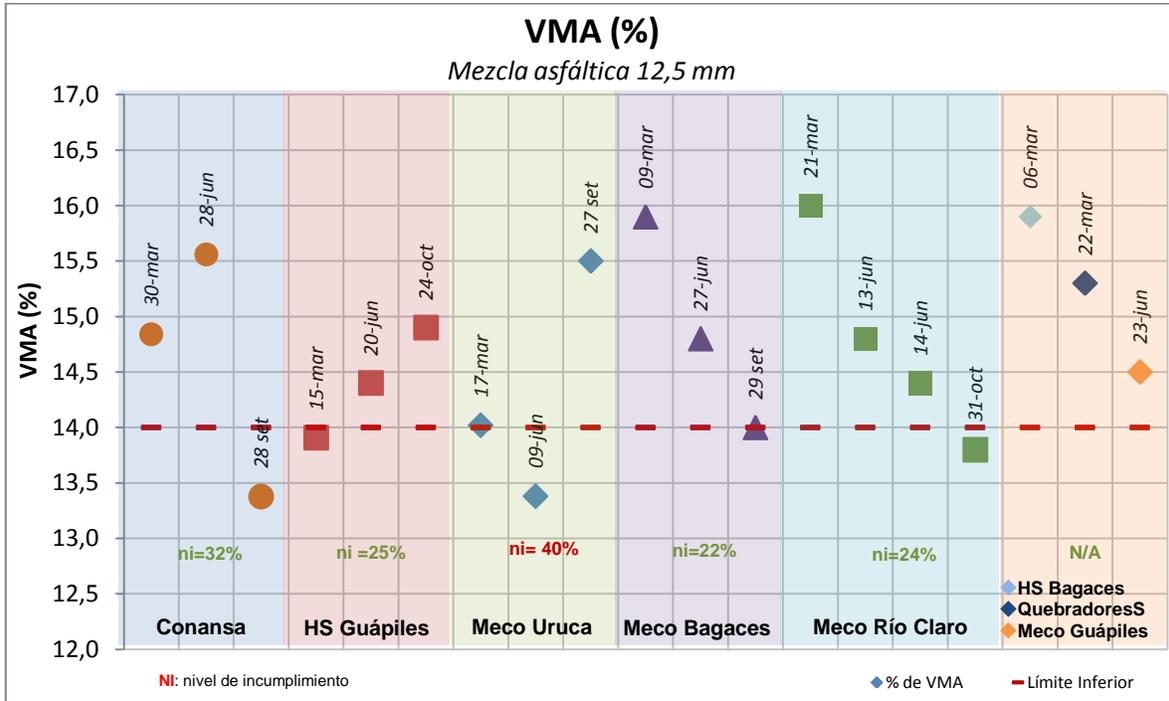


Figura 13. Parámetro VMA y porcentaje fuera de especificación para las mezclas asfálticas de TMN de 12,5mm de todas las plantas estudiadas.

Parámetro de vacíos llenos de asfalto (VFA)

Con relación al parámetro de vacíos llenos con asfalto (los resultados se observan en la Figura 14) la especificación establece que los valores que rigen para condiciones de tránsito alto deben estar entre 65% a 75%, ya que la mayoría de la mezcla asfáltica es destinada para ser colocada en sitios de estas condiciones de tránsito. El nivel incumplimiento es de 35%, 39% y 67% para las plantas MRC, CO y MU, respectivamente. En tanto que la planta de MG reporta un valor de 80%; se debe resaltar que cuando el valor de VFA se encuentra entre 80-85 por ciento la mezcla se vuelve inestable y pueden producirse deformaciones en la carpeta asfáltica (ahuellamiento).

Finalmente dos de las plantas ensayadas (MB y HSG) muestran un porcentaje fuera de los límites aceptable de 3% y 15%.

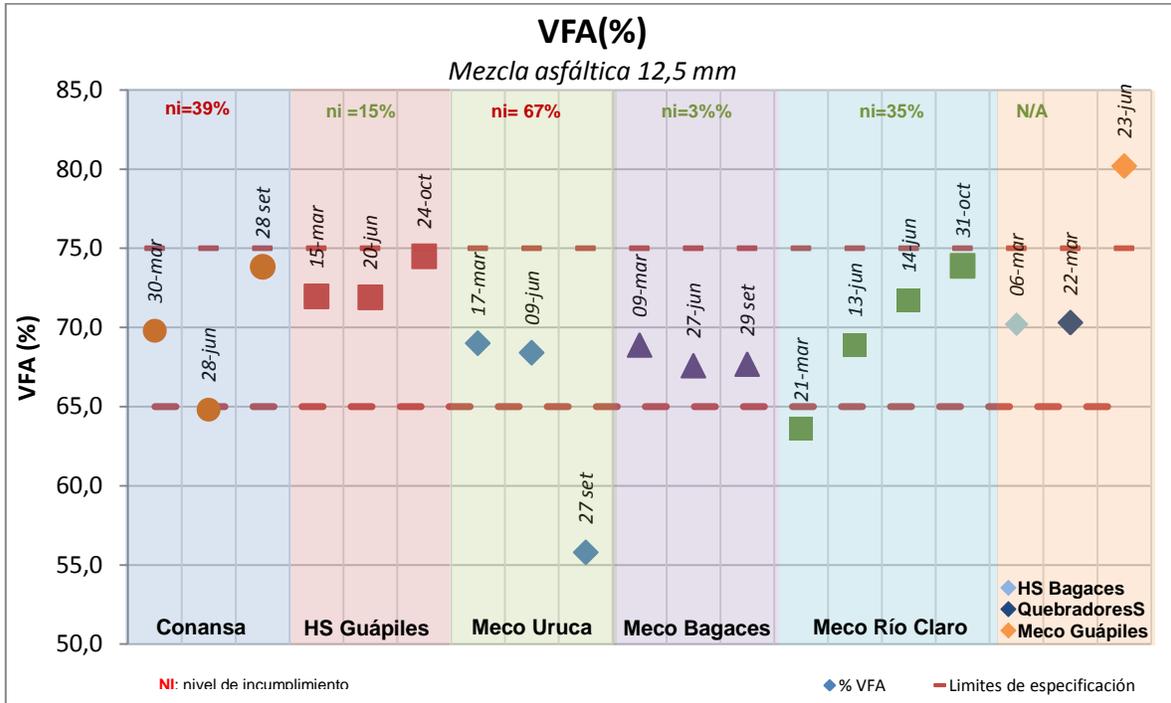


Figura 14. Parámetro VFA y porcentaje fuera de especificación para las mezclas asfálticas de TMN de 12,5mm de todas las plantas estudiadas.

Relación Polvo Asfalto

En la Figura 15 se presentan de forma gráfica los resultados de ensayo, así como el nivel de incumplimiento con relación al parámetro relación polvo-asfalto, cuyo valor permitido por las especificaciones se establece entre 0,6% y 1,3%². Al evaluar estos límites de especificación se logra determinar que en cinco de las mezclas de planta analizadas (CO, HSG, MU, MB y MRC) los valores se ubican por encima del límite superior, estableciendo porcentajes de incumplimiento entre 43% a 85%. Sin embargo al analizar los resultados con relación a la modificación temporal propuesta por el Lanamme, estos porcentajes de incumplimiento se reducen sustancialmente a valores entre 10% a 20%.

Los restantes procesos productivos de mezcla asfáltica (HSB, QS y MG) muestra un nivel de cumplimiento aceptable, sin embargo se puede observar que algunos de estos valores se ubican cercanos al límite superior.

² Basado en directriz del Ministro se aumenta temporalmente el límite de la especificación a 1,6%.

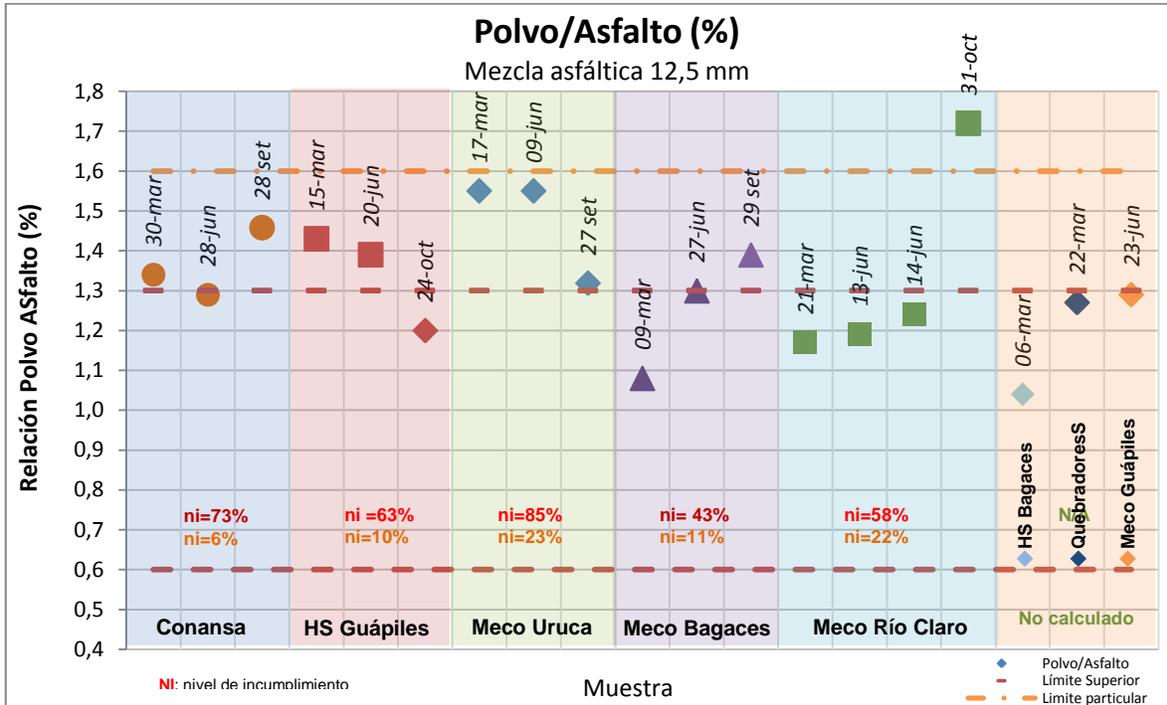


Figura 15. Relación polvo/asfalto y porcentaje fuera de especificación para todas las plantas estudiadas.

Al analizar por separado la influencia de cada uno de los parámetros que conforman la relación polvo asfalto (presentados en la Figura 11), los cuales corresponden al porcentaje pasando la malla 200 en la granulometría de la mezcla asfáltica y el segundo se refiere al contenido de asfalto efectivo, se logra establecer que el porcentaje pasando en la malla 200, para la totalidad de las plantas, es mayor al 5% con valores hasta 7,5% situándolos cerca del máximo valor del rango permitido para dicha malla (2% a 8%).

Con respecto al contenido de asfalto, de la Figura 11 se observa una tendencia hacia la zona de un menor contenido de asfalto durante la producción de mezcla asfáltica, en donde el 63% de los resultados son iguales o mayores a la especificación ordinaria de este parámetro. Incluso, al considerar la modificación temporal propuesta por el Lanamme, se determinan que 3 de los resultados superan este límite particular para la relación polvo-asfalto. Estas mezclas al tener una alta cantidad de material llenante (filler granular) y poco asfalto, producen una argamasa (mastic) que tiende a proporcionar una rigidez excesiva a la mezcla asfáltica.

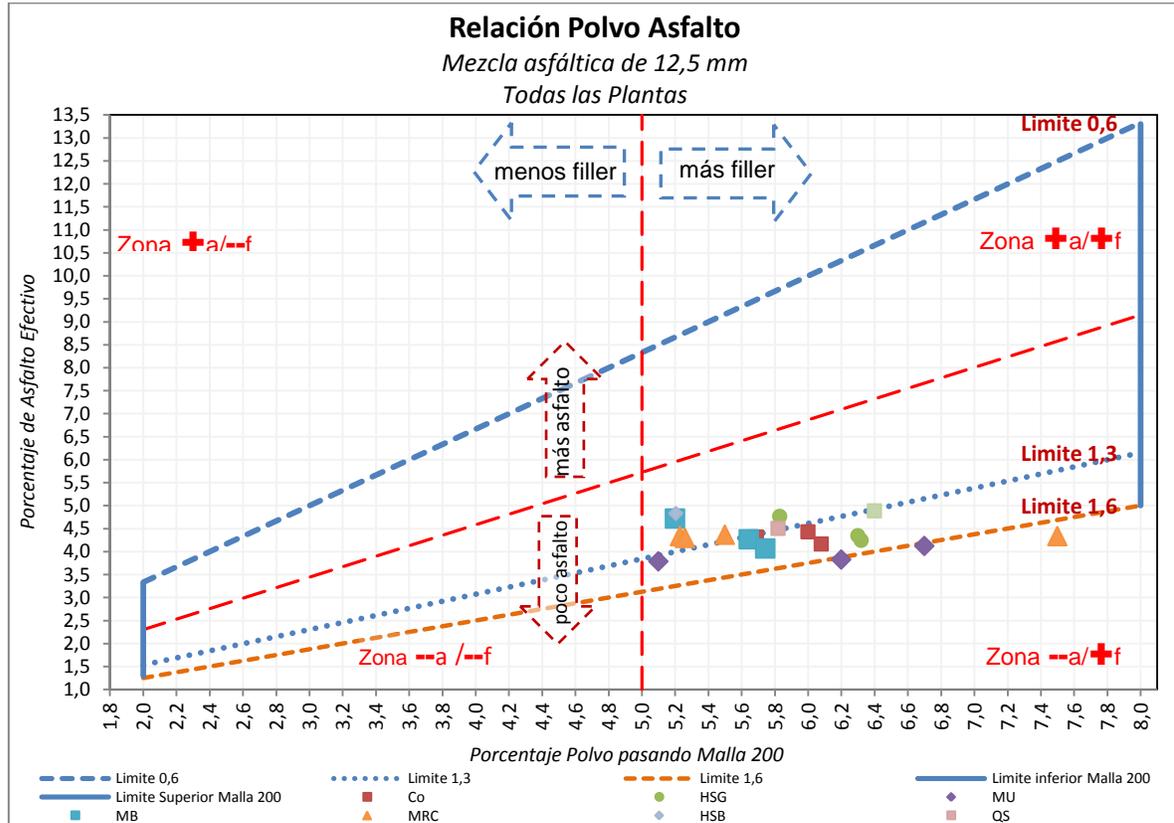


Figura 16. Representación de los parámetros de malla 200 (polvo) y contenido de asfalto efectivo comparado con los límites de especificación para las mezclas asfálticas de TMN de 12,5mm de todas las plantas estudiadas.

h. MEZCLA ASFÁLTICA DE TAMAÑO DE 19 MM

Los requisitos que proveen a la mezcla asfáltica de características físicas y de resistencia adecuadas se definen mediante los parámetros establecidos en la sección 4 "Especificación Especial de Mezcla Asfáltica en Caliente elaborada por el diseño Marshall" de la licitación pública 2014LN-000018-0CV00 en donde se indican los requisitos de aceptación y de evaluación en apego con lo establecido por el método Marshall y se presentan en la Tabla 8.



Tabla 8. Especificación de parámetros según el método Marshall

Parámetro	Especificaciones
Estabilidad (*)	Mínimo 800 kg
Flujo (*)	20 a 35 ¹ / ₁₀₀ cm
Vacíos en la mezcla ¹	3% a 5%
Vacíos en agregado mineral (VAM) (*)	Mínimo 13%
Vacíos llenos de asfalto (VFA) (*)	65% a 75%
Relación polvo/asfalto (§)	0,6 a 1,6 %

¹ Requisito de evaluación (valoración de pago), según cartel de licitación.

(*) Parámetros volumétricos de aceptación de la mezcla asfáltica

§ Requisito de aceptación de la mezcla asfáltica basada en directriz del Ministro. Según cartel de licitación es hasta 1,3.

Con relación a la mezcla asfáltica de tamaño de 19 mm se realizaron muestreos en las plantas de producción establecidas para los proyectos de conservación vial de acuerdo con el detalle que se muestra en la Tabla 3. Del análisis general se evidencia que para algunos de los parámetros de calidad establecidos para la mezcla asfáltica se denotan incumplimientos en los parámetros que definen la volumetría de la mezcla asfáltica, siendo estos: contenido de vacíos de la mezcla, vacíos llenos de asfalto (VFA) y la relación polvo/asfalto, los cuales se analizarán individualmente a continuación.

Contenido de vacíos de la mezcla

De los resultados presentados en la Figura 17 se observa que en varias de las plantas de producción de mezcla asfáltica incluidas en el estudio, los valores de contenido de vacíos se encuentran fuera de los límites de especificación, demostrando que los porcentajes de incumplimiento se ubican entre 61% a 66% (MG, HSG y MAZ). Para la planta de HSA este porcentaje es de 38%, mientras que el resultado de QS se ubica cerca del límite superior.

Valores altos de contenido de vacíos podrían producir un envejecimiento prematuro de la mezcla, ya que son más permeables y por tanto más propensos a sufrir los efectos dañinos de la humedad.

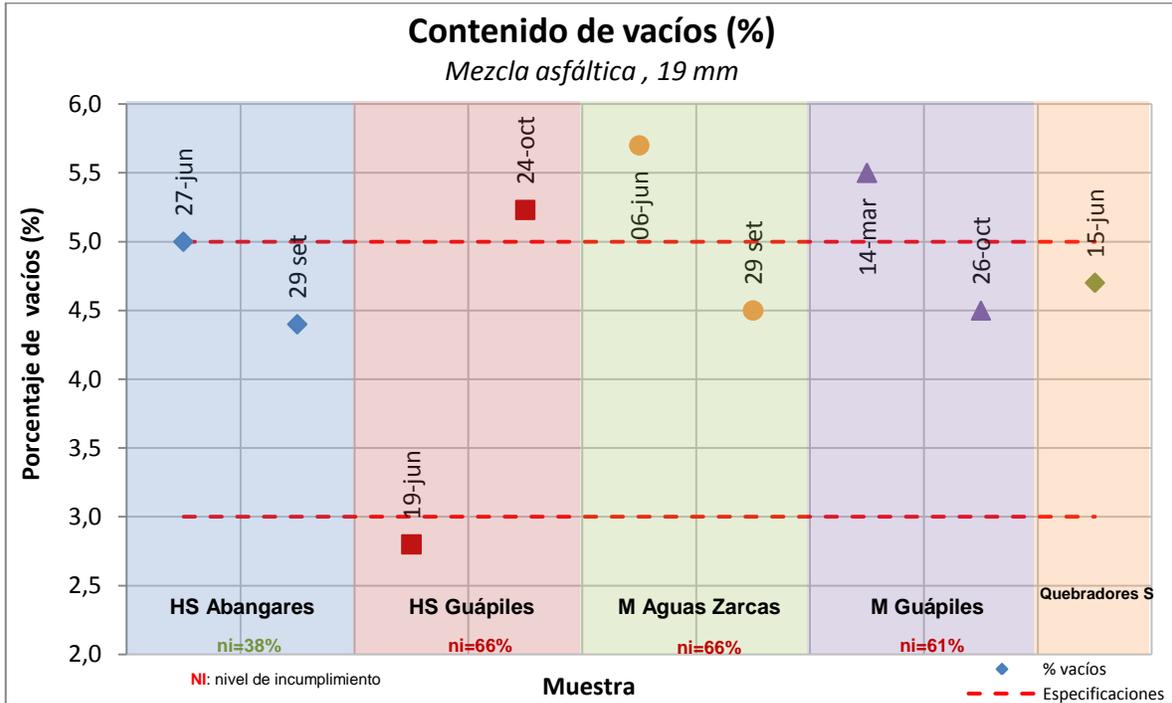


Figura 17. Contenido de vacíos y porcentaje fuera de especificación para las mezclas asfálticas de TMN de 19mm de todas las plantas estudiadas. Elaborado por: Auditoría Técnica

Parámetro de vacíos en el agregado mineral (VMA)

Los resultados de vacíos en el agregado mineral (VMA) obtenidos para las plantas consideradas en el periodo de estudio se presentan de forma gráfica en la Figura 18 mostrándose el nivel de cumplimiento con relación al valor requerido por la metodología Marshall.

Del análisis se evidencia poca variabilidad, constado por los valores de los porcentajes fuera de los límites ya que todos son menores a 27% llegando incluso a 0% para las 5 plantas (MB, HSG, MAZ, MG y QS).

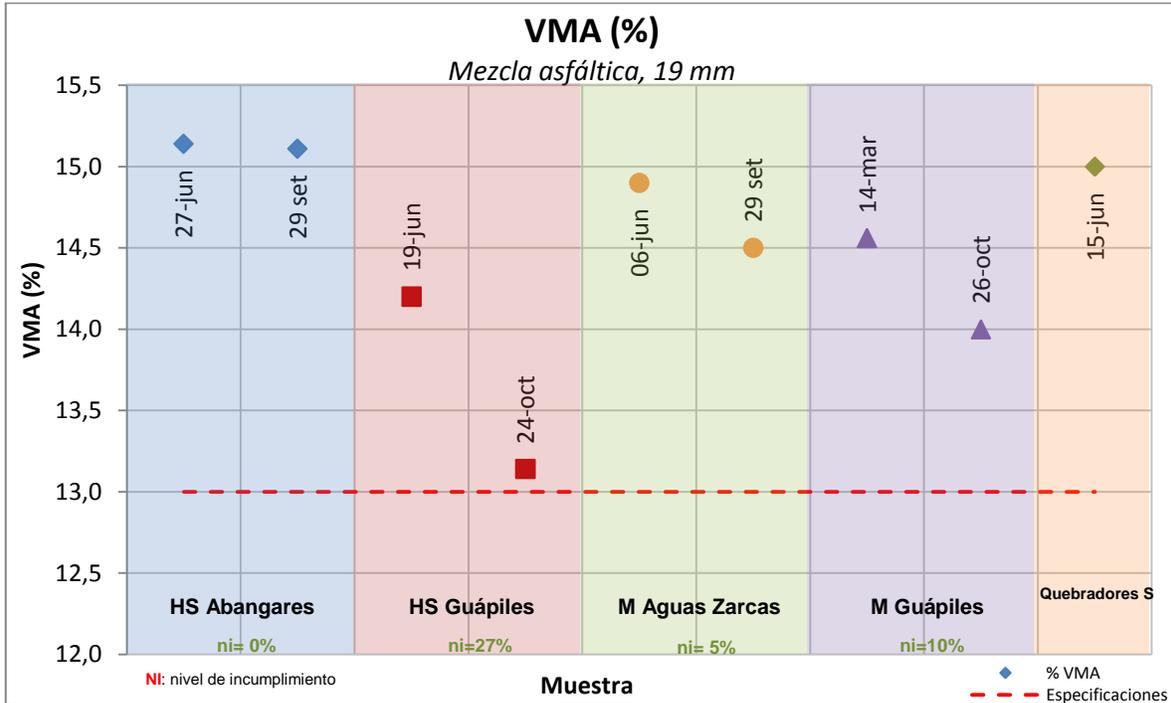


Figura 18. Parámetro VMA y porcentaje fuera de especificación para las mezclas asfálticas de TMN de 19mm de todas las plantas estudiadas.

Parámetro de vacíos llenos de asfalto (VFA)

La especificación del parámetro de vacíos llenos con asfalto establece que los valores deben estar entre 65% a 75% para condiciones de tránsito alto. Se logra determinar un nivel de incumplimiento entre el 63% a 78% en dicho parámetro, tal como se muestra en la Figura 19 para las plantas MG, MAZ y HSG. En tanto que la planta de HSA determina un valor de 32% de incumplimiento para el parámetro en cuestión, que en conjunto con la planta de QS, advertirían una variabilidad moderada.

Cabe resaltar que la muestra del mes de junio de la planta HSG determina un valor de 80%, lo cual es riesgoso, ya que valores entre 80% a 85% provocan que la mezcla se vuelve inestable y pueden producirse deformaciones en la carpeta asfáltica (ahuellamiento).

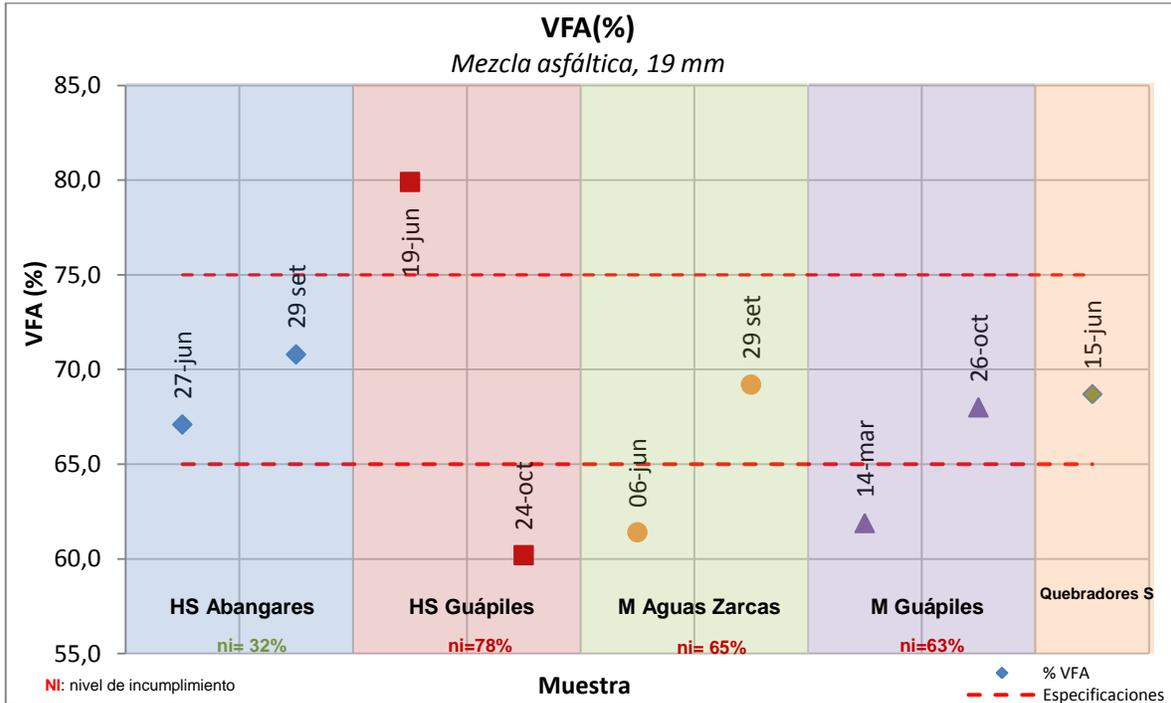


Figura 19. Parámetro VFA y porcentaje fuera de especificación para las mezclas asfálticas de TMN de 19mm de todas las plantas estudiadas.

Relación Polvo Asfalto

En la Figura 20 se presentan de forma gráfica los resultados de ensayo, así como el nivel de incumplimiento con relación al parámetro relación polvo-asfalto, cuyo valor permitido por las especificaciones se establece entre 0,6% y 1,3%³. Al evaluar estos límites de especificación se logra determinar que en cuatro de las mezclas de planta analizadas (HSA, HSG, MAZ y MG) los valores se ubican por encima del límite superior, estableciendo porcentajes de incumplimiento entre 50% a 95%.

No obstante al considerar los resultados con relación a la modificación temporal propuesta por el Lanamme, estos porcentajes de incumplimiento se reducen sustancialmente a valores entre 14% y 20% para las plantas de HSA y MG. Sin embargo el proceso productivo de las plantas HSG y MAZ no evidencian una mejora con relación a los límites de especificación.

³ Basado en directriz del Ministro se aumenta temporalmente el límite de la especificación a 1,6%.

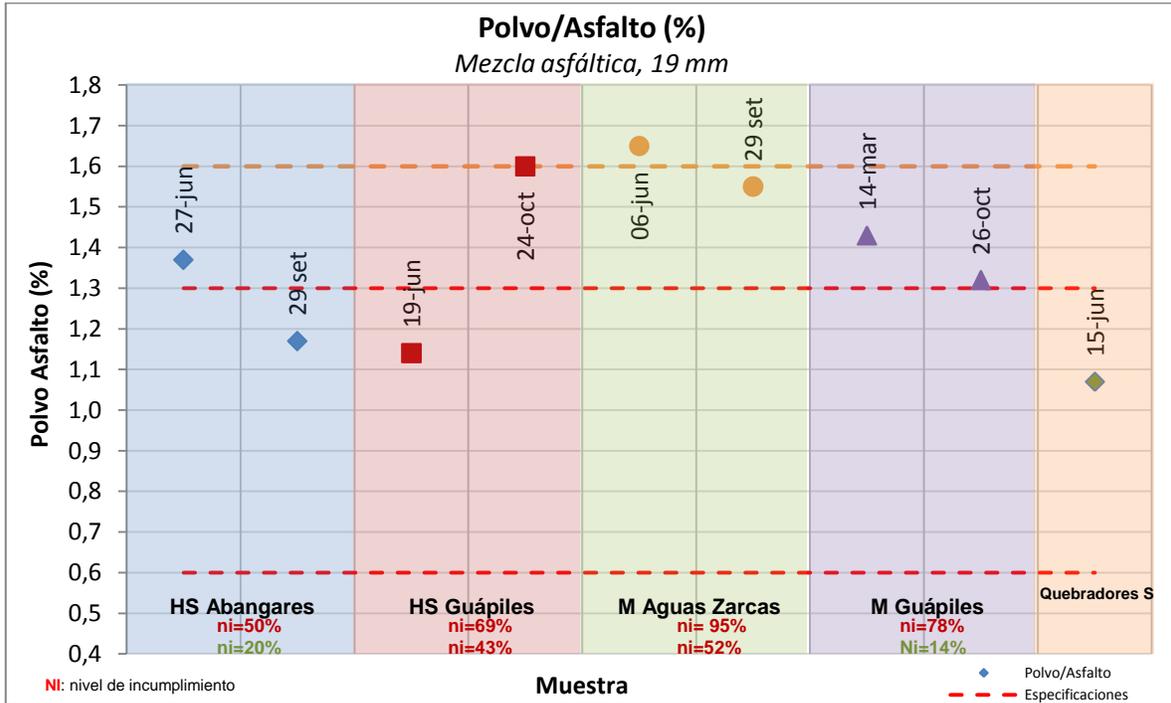


Figura 20. Relación polvo/asfalto y porcentaje fuera de especificación para las mezclas asfálticas de TMN de 19mm de todas las plantas estudiadas.

Al analizar por separado la influencia de cada uno de los parámetros que conforman la relación polvo asfalto (presentados en la Figura 21), los cuales corresponden al porcentaje pasando la malla 200 en la granulometría de la mezcla asfáltica y el segundo se refiere al contenido de asfalto efectivo, se logra establecer que el porcentaje pasando en la malla 200, para la mayoría de las plantas (8 de 9), es mayor al 5% con valores hasta 6,6% ubicándolos en el porción alta de la especificación de filler.

Con respecto a los resultados de contenido de asfalto efectivo, presentados en la Figura 19, se observa una tendencia hacia la zona de menor contenido de asfalto, en donde el 75% de los resultados son iguales o mayores a la especificación ordinaria de la relación entre polvo y asfalto. Incluso, al considerar la modificación temporal propuesta por el Lanamme, se determinan que 2 de los resultados superan este límite particular para la relación polvo-asfalto. Por otra parte el resultado de la planta QS se mantiene dentro de los límites de especificación, utilizando una cantidad de polvo menor que el valor promedio de la especificación.

Estas mezclas al tener una alta cantidad de material llenante (filler granular) y poco asfalto, producen una argamasa (mastic) que tiende a proporcionar una rigidez excesiva a la mezcla asfáltica.

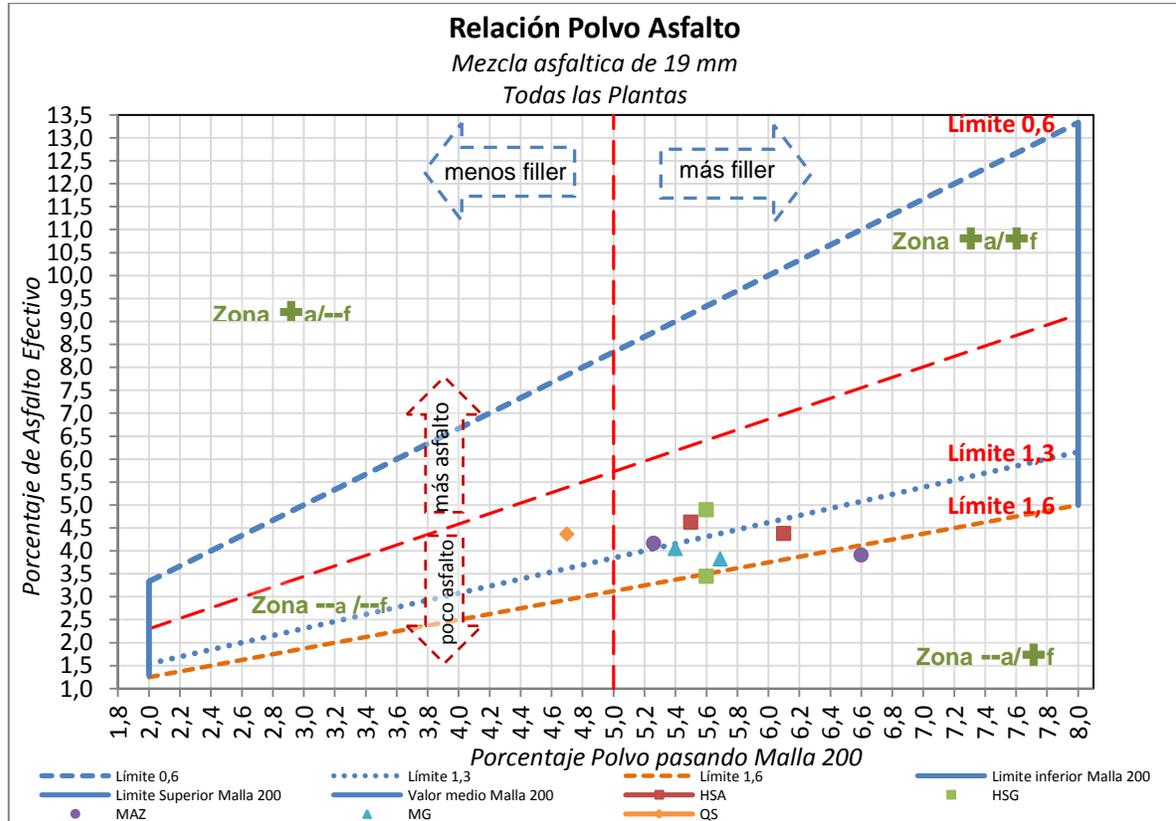


Figura 21. Representación de los parámetros de malla 200 (polvo) y contenido de asfalto efectivo comparados con los límites de especificación para todas las plantas estudiadas.



6.1.5. Sobre la consistencia de los diseños de mezcla vigente durante el periodo de estudio

HALLAZGO 4. LOS DISEÑOS DE MEZCLA UTILIZADOS EN LA PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA, PARA EL PERIODO DE ESTUDIO, TIENDEN A MOSTRAR ALGÚN INCUMPLIMIENTO DE LOS PARÁMETROS VOLUMÉTRICOS DE DISEÑO (% VACÍOS, VFA Y RELACIÓN P/A) EN EL RANGO DE CONTENIDO DE ASFALTO (% ÓPTIMO ± 0,5%) PROPUESTO PARA LA PRODUCCIÓN.

La metodología de diseño de mezcla asfáltica 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 sección 4 "Especificación Especial de Mezcla Asfáltica en Caliente elaborada por el diseño Marshall" de la licitación pública 2014LN-000018-0CV00 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 asfalto⁴ (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.

i. MEZCLA ASFÁLTICA DE TAMAÑO DE 12,5 MM

En la Tabla 9 se resume el análisis realizado para cada uno de los diseños de mezcla vigentes para un tamaño de agregado de 12,5 mm, durante el periodo de estudio, que se habían presentado para cada una de las plantas incluidas en el mismo.

En la información se indica el cumplimiento de cada uno de los parámetros, así como el incumplimiento con relación a alguno de los límites del rango especificado. Además, se indica la restricción máxima del rango de contenido de asfalto, el porcentaje de variación para el óptimo y el nuevo rango de contenido de asfalto disponible que garantizaría el cumplimiento de la totalidad de los parámetros establecidos con los valores indicados en las especificaciones contractuales.

⁴ Se analiza el rango de especificación definido para un nivel de tránsito mayor a 3 millones de ejes equivalente de 65% a 75%.

Informe LM-PI-AT-154-17	abril , 2018	Página 42 de 60
-------------------------	--------------	-----------------



Tabla 9. Análisis del rango efectivo de contenido de asfalto para mezcla de 12,5 mm de los informes de cada una de las plantas de estudio

Planta	Óptimo±0.5%	Parámetro						Disminución del rango efectivo			Óptimo ajustado	Rango Centrado
	Rango Diseño	Estab	Flujo	Vacios	VMA	VFA	P/A	Rango	% disminuido	% disponible		
Conansa (LGC-1352-16)	5,05% a 6,05% (5,55±0.5%)	✓	✓	↔(i,s)	✓	* (s)	↔(s)	5,20% a 5,60%	40%	60%	5,55±0.05%	5,4±0,2%
Hernán Solís, Abangares (LGC-1048-16)	5,20% a 6,20% (5,70±0.5%)	✓	✓	↔(i,s)	✓	* (s)	↔(s)	5,30% a 5,74%	44%	56%	5,70±0.04%	5,5±0,2%
Hernán Solís, Guápiles (OJM 8.515.2016)	5,35% a 6,35% (5,85±0.5%)	✓	✓	✓	✓	↔(s)	* (s)	5,73% a 6,11%	38%	62%	5,85±0.12%	5,9±0,2%
Meco, Bagaces (ITP 034.2017)	5,0% a 6,0% (5,5±0.5%)	✓	✓	↔(i,s)	✓	* (i,s)	✓	5,13% a 5,65%	52%	48%	5,50±0.15%	5,4±0,26%
Meco, Guápiles (ITP 520.2017)	5,0% a 6,0% (5,50±0.5%)	✓	✓	* (i,s)	✓	* (i,s)	↔(s)	5,21% a 5,64%	56%	44%	5,50±0.14%	5,4±0,22%
Meco, Río Claro (ITP 163.2017)	5,3% a 6,3% (5,80±0.5%)	✓	✓	↔(i,s)	✓	* (s)	✓	5,04% a 5,90%	50%	50%	5,80±0.1%	5,65±0,25%
Meco, Uruca (ITP 800.2016)	5,0% a 6,0% (5,50±0.5%)	✓	✓	↔(i,s)	✓	* (s)	↔(s)	5,08% a 5,57%	49%	51%	5,50±0.07%	5,4±0,25%
Quebradores del Sur (LIM 159.2017)	5,0% a 6,0% (5,50±0.5%)	✓	✓	↔(s)	✓	* (s)	↔(s)	5,28% a 5,61%	33%	67%	5,50±0.11%	5,44±0,16%
Porcentaje de casos		0%	0%	88%	0%	100%	63%	-	46%	54%	38%	-

✓ Cumple en el rango de diseño.

↔(i, s) Reduce el rango de diseño, en el límite inferior(i) o superior(s), para cumplimiento de este parámetro.

* Parámetro que tiene mayor afectación en la reducción del rango de diseño.

Los números en color rojo evidencian que aún en el contenido óptimo de asfalto existe un alto riesgo de incumplimiento.

j. MEZCLA ASFÁLTICA DE TAMAÑO DE 19 MM

En cuanto al análisis realizado para cada uno de los diseños de mezcla vigentes, de la mezcla de tamaño de 19 mm, para el periodo de estudio, que se habían presentado para cada una de las plantas incluidas en el muestreo, se tabulan en la Tabla 10.

De manera similar se indica el cumplimiento de cada uno de los parámetros, así como el incumplimiento con relación a alguno de los límites del rango especificado. Además, se indica la restricción máxima del rango de contenido de asfalto, el porcentaje de variación para el óptimo y el nuevo rango de contenido de asfalto disponible que garantizaría el cumplimiento de la totalidad de los parámetros establecidos con los valores indicados en las especificaciones contractuales.



Tabla 10. Análisis del rango efectivo de contenido de asfalto para mezcla de 19 mm de los informes de cada una de las plantas de estudio

Planta	Óptimo \pm 0.5% Rango Diseño	Parámetro						Disminución del rango efectivo			Óptimo ajustado	Rango Centrado
		Estab	Flujo	Vacíos	VMA	VFA	P/A	Rango	% disminuido	% disponible		
Hernán Solís, Abangares (LGC-01-610-17)	5,10% a 6,10% (5,60 \pm 0.5%)	✓	✓	⇄(i,s)	✓	* (s)	⇄(s)	5,22% a 5,61%	39%	61%	5,60 \pm 0,01%	5,4 \pm 0,3%
Hernán Solís, Guápiles (OJM 1383.2016)	5,40% a 6,40% (5,90 \pm 0.5%)	✓	✓	⇄(i,s)	✓	* (s)	* (s)	5,46% a 6,0%	54%	46%	5,90 \pm 0,10%	5,7 \pm 0,27%
Meco, Guápiles (ITP 1101.2016)	5,1% a 6,1% (5,60 \pm 0.5%)	✓	✓	⇄(i)	✓	* (s)	✓	5,10% a 5,74%	64%	36%	5,60 \pm 0,14%	5,4 \pm 0,3%
Meco, Río Claro (ITP 452.2017)	5,35% a 6,35% (5,85 \pm 0.5%)	✓	✓	⇄(i)	✓	* (s)	✓	5,35% a 5,90%	55%	45%	5,85 \pm 0,05%	5,6 \pm 0,27%
Meco, Aguas Zarcas (ITP 293.2017)	5,2% a 6,2% (5,70 \pm 0.5%)	✓	✓	⇄(i,s)	✓	* (s)	✓	5,26% a 5,75%	49%	51%	5,70 \pm 0,05%	5,5 \pm 0,24%
Quebradores del Sur (LIM 373.2017)	5,15% a 6,15% (5,65 \pm 0.5%)	✓	✓	* (s)	✓	* (s)	⇄(s)	5,35% a 5,74%	39%	61%	5,65 \pm 0,09%	5,54 \pm 0,2%
Porcentaje de casos		0%	0%	100%	0%	100%	60%	Promedio	47%	53%	80%	-

✓ Cumple en el rango de diseño.

⇄(i, s) Reduce el rango de diseño, en el límite inferior(i) o superior(s), para cumplimiento de este parámetro.

* Parámetro que tiene mayor afectación en la reducción del rango de diseño.

Los números en color rojo evidencian que aún en el contenido óptimo de asfalto existe un alto riesgo de incumplimiento.

k. ANÁLISIS GENERAL DE LOS DISEÑOS DE MEZCLA ASFÁLTICA

Del análisis del comportamiento individual de cada parámetro de los informes de Diseño de Mezcla indicado en la sección 4 "Especificación Especial de Mezcla Asfáltica en Caliente elaborada por el diseño Marshall" de la licitación pública 2014LN-000018-0CV00 dentro del rango óptimo de contenido de asfalto se determina que:

- Los parámetros que muestran un mayor incumplimiento en el rango permitido por la normativa contractual (óptimo \pm 0,5%) indicado en el diseño de mezcla Marshall, son:
 - vacíos llenos de asfalto (VFA), ocurre en el 100% de los diseños de ambos tipos de mezcla, para la categoría mayor a 3 millones de ejes equivalentes. Es el parámetro que restringe en mayor magnitud el rango efectivo de contenido de asfalto (óptimo de diseño \pm 0,5%).
 - contenido de vacíos, acontece en el 88% de los casos para la mezcla de 12,5 mm y en todos los casos para la mezcla de 19 mm.
 - relación polvo asfalto: sucede en menor frecuencia, ya que afecta en el 63% y 60% de los casos, para las mezclas de 12 mm y 19 mm, respectivamente. Es el



parámetro influyente en la restricción de la magnitud el rango efectivo de contenido de asfalto (óptimo de diseño $\pm 0,5\%$).

- Para los dos últimos parámetros, la magnitud de los incumplimientos desde el Diseño de Mezcla representa un alto riesgo de establecer un pago reducido por calidad, ya que ambos parámetros forman parte del modelo de pago en función de la calidad. La reducción del pago se prevendría si se logra mantener los procesos de producción en control estadístico con un riguroso control de la variación del contenido óptimo de asfalto en $\pm 0,20\%$ para la mezcla de 12,5 mm y $\pm 0,30\%$ para el tamaño de 19 mm.
- Se evidencia que, al producir mezcla asfáltica, propiamente en el valor óptimo de asfalto, para el diseño de 12,5 mm existe el riesgo de incumplir el parámetro de VFA en el 38% de los casos analizados. Mientras que para los diseños de mezcla de 19 mm existe la posibilidad de incumplir en el 80% de los casos el parámetro de VFA al producir en el contenido óptimo de asfalto.

Como resultado general de este análisis se puede afirmar y advertir que la producción de mezcla asfáltica evidencia un importante nivel de riesgo potencial de incumplimiento en el rango de contenido óptimo de asfalto para algunos de los parámetros de calidad indicados anteriormente

Por lo tanto, es criterio del equipo auditor, y teniendo a la vista los niveles de incumplimiento reflejados en los hallazgos anteriores se evidencia que se está materializando el riesgo manifiesto desde la propuesta del diseño de mezcla. Desde esta etapa se pudo haber identificado aquellas mezclas que mostraban un alto potencial de incumplimiento en los parámetros de calidad, tales como las que mostraban incumplimiento considerable en el rango óptimo de asfalto. Se puede afirmar que los incumplimientos determinados en las secciones anteriores son producto, en gran medida, consecuencia de este diseño inadecuado.

Por otra parte, a pesar de que el Departamento de Verificación de la Calidad de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes ha solicitado cambios en la presentación de los Diseños de Mezcla emitidos por los Organismos de Ensayo para cada uno de los contratistas, con el fin de aprobar dicho documento previo al inicio de la producción de mezcla asfáltica (Sección 4 "Especificación Especial de Mezcla Asfáltica en Caliente elaborada por el diseño Marshall" de la licitación pública 2014LN-000018-0CV00) esta auditoría logró observar que si bien se incluye la tabla resumen y la sensibilidad en el rango permitido por la normativa (óptimo de diseño $\pm 0,5\%$), pareciera que este mecanismo aún no es suficiente para detectar los riesgos latentes que el diseño contiene con relación a los incumplimientos de los parámetros exigidos por la metodología Marshall en todo el ámbito del contenido de asfalto.

Informe LM-PI-AT-154-17	abril , 2018	Página 45 de 60
-------------------------	--------------	-----------------



7. CONCLUSIONES

A partir del análisis de los resultados de ensayo obtenidos por el LanammeUCR para las plantas de estudio, y del estudio del diseño de la mezcla asfáltica manufacturada en las diversas plantas de producción asfáltica, se emiten las siguientes conclusiones, con el propósito principal de aportar elementos técnicos a los procesos de mejora continua:

- a. Se denota que si bien las granulometrías de ambos tipos de mezcla (Tm:12,5mm y Tm:19 mm) cumplen satisfactoriamente con las especificaciones establecidas. Sin embargo, se advierte que tienen un comportamiento característico:
 - En cuanto a la fracción fina se observa (para ambos tamaños de mezcla) que las curvas granulométricas tienden hacia la porción fina a partir de la malla N°16 hasta la malla N°200.
 - Por su parte la fracción intermedia (N°4 a N°8) se ubica en la porción gruesa para ambos casos.
 - La fracción gruesa ($\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{8}$ ") del agregado denota un comportamiento variable entre la porción gruesa y fina, para ambos tamaños de mezcla.
- b. Con respecto a los resultados de contenido de asfalto se observa que el 10% y el 33% de los resultados, para 12,5 y 19 mm respectivamente, se encuentran fuera de la tolerancia de la sección 4 "Especificación Especial de Mezcla Asfáltica en Caliente elaborada por el diseño Marshall" de la licitación pública 2014LN-000018-0CV00 (óptimo de asfalto $\pm 0,5\%$). También se evidencia una tendencia hacia el ámbito "seco" en los resultados del parámetro de contenido de asfalto para ambos tipos de mezclas.
- c. Se evidencia que las mezclas asfálticas de los tamaños de 12,5 mm y 19 mm, producidas en las plantas productoras analizadas, presentan incumplimientos en los parámetros volumétricos establecidos en la sección 4 "Especificación Especial de Mezcla Asfáltica en Caliente elaborada por el diseño Marshall" de la licitación pública 2014LN-000018-0CV00 para aceptación obteniendo que: entre 50%-60% para vacíos, que el 63% para vacíos en el agregado mineral (VMA), entre 50%-60% para vacíos llenos de asfalto (VFA) y el 75% a 80% en la relación polvo/asfalto.
- d. En términos generales se determina una tendencia a producir con cantidades notables de material fino pasando la malla 200 (polvo), influyendo significativamente en el comportamiento y cumplimiento de los parámetros volumétricos de la mezcla (vacíos, VFA y relación polvo-asfalto).

Informe LM-PI-AT-154-17	abril , 2018	Página 46 de 60
-------------------------	--------------	-----------------



- e. Según los resultados de la mezcla asfáltica producida lo cual presenta bajos contenidos de asfalto, altos contenidos de vacíos y altos contenidos de finos, pueden resultar en menoscabo de la durabilidad y resistencia al agrietamiento por fatiga, así como un posible envejecimiento del asfalto por un aumento en la permeabilidad.
- f. Los diseños de mezcla asfáltica siguen mostrando riesgos latentes en el cumplimiento de los parámetros exigidos por la metodología Marshall en todo el ámbito del contenido de asfalto (óptimo de diseño $\pm 0,5\%$), particularmente en los vacíos llenos de asfalto y contenido de vacíos los cuales reducirían el ámbito total entre un 33% a 64% para establecer un rango efectivo en donde no se presenten incumplimientos.
- g. Del análisis realizado se evidencia que existe un riesgo de incumplir el parámetro de VFA al producir propiamente en el valor óptimo de asfalto en el 38% de los diseños de 12 mm y en el 80% de los diseños de 19mm.

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. De acuerdo con lo establecido en el cartel de licitación, todos los parámetros volumétricos deben ser valorados como parte de la aceptación de la mezcla asfáltica producida, situación que de acuerdo con los resultados presentados es absolutamente recomendable. Especificaciones técnicas internacionales sugieren que los parámetros de aceptación de la mezcla asfáltica sean valorados estadísticamente y se determine el porcentaje de los resultados que se encuentran fuera de los límites de especificación para cada uno de ellos, sin que esto conlleve necesariamente a una determinación de un pago reducido por calidad por calidad, contribuyendo a un control de procesos.
- b. A partir de análisis estadísticos se puede determinar el porcentaje tolerable de incumplimiento para cada uno de estos parámetros, considerándose como aceptable, a nivel internacional, el correspondiente a una variabilidad de un 10% (máximo tolerable internacionalmente para un lote de tamaño de 30 muestras, sin incurrir en ajustes económicos por calidad).

Informe LM-PI-AT-154-17	abril , 2018	Página 47 de 60
-------------------------	--------------	-----------------



- c. Solicitar que en el informe de diseño de mezcla asfáltica se presente el análisis de variación de todos los parámetros volumétricos y los considerados en la metodología Marshall, en todo el rango de contenido de asfalto propuesto (óptimo $\pm 0,5\%$) y se establezca claramente los valores de contenido de asfalto en donde se presentan incumplimientos de manera tal que se identifique el rango de trabajo probable para el diseño en estudio y establecer un criterio máximo de variación o disminución del rango de trabajo a partir del cual dicho diseño sea considerado que tiene un riesgo potencial significativo para ser producido en planta, de modo que se acepte un diseño confiable para la Administración.

9.

10. REFERENCIAS

Cervantes Calvo, V., & Fonseca Chaves, F. (2014). *EVALUACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PRODUCIDA EN COSTA RICA PARA LOS PROYECTOS VIALES DE CONSERVACION VIAL*. San José: PITRA.

CONAVI. (2014). Cartel de Licitación Pública No. 2014LN-000018-OCV00 MP Y R: Mantenimiento periódico y rehabilitación del pavimento de la red vial nacional pavimentada. San José.

CONAVI. (2007). *Reglamento para la Contratación Especial de Organismos*. San José.

CONAVI. (2015). Reglamento para la contratación especial de organismos de ensayo, para la obtención de los servicios de verificación de la calidad de los proyectos de conservación vial de la red vial nacional. San José.

MOPT. (2010). *Especificaciones Generales para la construcción de Caminos, Carreteras y Puentes*. San José.

PIARC. (2014). Curso "Experto profesional en pavimentos de obra civil". *Capítulo Ligantes Bituminosos*.



EQUIPO AUDITOR

Preparado por:
Ing. Víctor Cervantes Calvo.
Auditor Técnico

Preparado por:
Ing. Francisco Fonseca Chaves.
Auditor Técnico

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

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

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



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Anexos

Informe LM-PI-AT-154-17	abril , 2018	Página 50 de 60
-------------------------	--------------	-----------------



a. Respuesta del Auditado Oficio GCSV-92-2018-1673 (264)



GERENCIA DE
CONSERVACION DE VIAS Y PUENTES

alexander.guerra@conavi.go.cr

06 de abril de 2018
GCSV-92-2018-1673 (264)

Wendy Sequeira Rojas
Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica
LanammeUCR

Referencia: LM-AT-33-18. Informe preliminar de auditoría técnica No. LM-PI-154B-17 "Evaluación de Mezcla Asfáltica Producida en Diferentes Centros de Producción para los Proyectos Viales de Conservación Vial".

Estimada señora:

En atención a su oficio LM-AT-33-18, mediante el cual se hizo de conocimiento de este Gerencia el informe de referencia, remitimos para su valoración algunas consideraciones sobre lo indicado en el informe con respecto al accionar de esta Gerencia, así como sobre aspectos discutidos en la reunión de presentación de la versión preliminar.

Tal y como se comentó en dicha reunión, valoramos el punto de vista externo que brinda a la Administración una perspectiva que complementa la experiencia interna de la institución. En ese marco de respeto, también discrepamos en algunos criterios que se detallan más adelante.

Específicamente nos referiremos a los hallazgos del informe, pues las observaciones por lo general se refieren a sugerencias del equipo auditor.

Adicionalmente a lo que se indica para cada apartado, es relevante hacer notar lo indicado en el oficio No. GCSV-70-2017-3540, fechado el 18 de agosto del 2017, dirigido a Alejandro Navas Carro, quien funge como Director del LanammeUCR. El cual realiza un recuento de los antecedentes a los cambios que se han pretendido incluir en la nueva generación de contratos de conservación de la Red Vial Nacional pavimentada.

Consejo Nacional de Vialidad. 100 metros Este de la Rotonda de Betania, Montes de Oca.
Tel: (506) 2202-5469 Fax: (506) 2225-4254 Apartado Postal 616-2010 San José, Costa Rica
www.conavi.go.cr



Informe LM-PI-AT-154-17	abril , 2018	Página 51 de 60
-------------------------	--------------	-----------------



GERENCIA DE CONSERVACION DE VIAS Y PUENTES

alexander.guerra@conavi.go.cr

06 de abril de 2018
GCSV-92-2018-1673 (264)
Página 2

En agosto de 2009, se realizó un informe de auditoría técnica (LM-AT-41-09) referido a los diseños de mezcla asfáltica en caliente utilizados en los proyectos de conservación vial, y más adelante, a partir de octubre de 2010, se emitieron múltiples informes con respecto a la calidad de la mezcla asfáltica, los cuales se referían, entre otros parámetros, a la relación polvo-asfalto.

Por ejemplo, en el informe LM-AT-115-10 de octubre de 2010, se señalaba:

La Disposición Vial AM-01-2001 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 8 se detallan los valores establecidos en las especificaciones contractuales para cada uno de los parámetros señalados.

Tabla 8. Valores definidos para los parámetros de calidad en la Disposición Vial AM-01-2001.

Parámetro		Especificaciones
Estabilidad		Mínimo 800 kg
Flujo		20 a 40 $\frac{1}{100}$ 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%

Y más adelante en el mismo informe, se recomendaba:

"...Aplicar herramientas estadísticas para monitorear y controlar la variabilidad de los parámetros de calidad que se detallan en este informe y de los parámetros de aceptación de la mezcla asfáltica que influyen en la calidad de la mezcla que se produce y se utiliza en las labores de conservación vial."

(El subrayado no corresponde al original)

En forma complementaria a los informes LM-AT-41-09 y LM-AT-115-10 antes mencionados, la Auditoría Técnica de ese laboratorio emitió múltiples documentos en los años posteriores, por ejemplo,



GERENCIA DE CONSERVACION DE VIAS Y PUENTES

alexander.guerra@conavi.go.cr

06 de abril de 2018
GCSV-92-2018-1673 (264)
Página 3

los informes N° LM-PI-AT-059-12, LM-PI-AT-088-12, LM-PI-AT-122-12, LM-PI-AT-040-13, LM-PI-AT-048-13, LM-PI-AT-084-13, LM-PI-AT-090-13, LM-PI-AT-021-14.

Al respecto, en oficio GCSV-56-2013-5801 del 27 de noviembre de 2013, esta gerencia se refirió a la intención de incluir las diversas recomendaciones del LanammeUCR en las disposiciones cartelarias para la nueva generación de contratos de conservación de la Red Vial Nacional. En ese oficio se indicaba:

"Respecto a las recomendaciones del informe, tanto la recomendación a) que implica el control de la variabilidad del proceso productivo para reducir el riesgo de incumplimiento, como la recomendación b), de realizar una revisión integral a los diseños de mezcla, ambas fueron comentadas anteriormente en las observaciones de los hallazgos; a este respecto también procuraremos establecer disposiciones cartelarias que efectivamente lleven a una reducción del riesgo potencial de incumplimiento de las especificaciones técnicas, para esa labor pediremos también el criterio del mismo LANAMME en cuanto a los parámetros a incluir en especificaciones técnicas para el nuevo cartel de conservación de la red vial asfaltada..."

(El subrayado no corresponde al original)

Más adelante, en el informe LM-PI-AT-021-14 respecto a la calidad de la mezcla asfáltica, se resaltaba la importancia de la evaluación estadística de los parámetros de aceptación para este material, con base en especificaciones técnicas internacionales, y complementariamente, sugería considerar la aplicación del modelo de pago en función de la calidad para la mezcla asfáltica en los proyectos de conservación vial.

Con este contexto, en las especificaciones técnicas especiales originales para la Licitación Pública 2014LN-000018-0CV00 "MP Y R: Mantenimiento periódico y rehabilitación del pavimento de la Red Vial Nacional pavimentada", se consideraba la inclusión de la evaluación estadística del parámetro polvo-asfalto como parte de los parámetros de pago de la mezcla asfáltica en caliente.

Sin embargo, en julio de 2016 -con la Licitación Pública 2014LN-000018-0CV00 próxima a iniciar-, se hizo de conocimiento del entonces director ejecutivo de CONAVI, mediante oficio LM-IC-D-0455-16,



Informe LM-PI-AT-154-17	abril , 2018	Página 53 de 60
-------------------------	--------------	-----------------



GERENCIA DE CONSERVACION DE VIAS Y PUENTES

alexander.guerra@conavi.go.cr

06 de abril de 2018
GCSV-92-2018-1673 (264)
Página 4

que el LanammeUCR consideraba que existía una "incertidumbre técnica" respecto a los rangos de aceptación definidos desde el 20011 para el parámetro relación polvo-asfalto

En estas circunstancias, se dio un proceso apremiante de revisión de especificaciones técnicas especiales para la contratación indicada, que derivó en el establecimiento de una moratoria a la evaluación estadística del comportamiento de la relación polvo-asfalto, la cual se ajusta a la recomendación del oficio LM-PI-152-2016 del 13 de octubre de 2016, donde se valoraba lo siguiente:

"...debemos indicar que, eventualmente, la Administración podría también eliminar este parámetro dentro de los empleados en pago en función de la calidad, y dejarlo solamente como un parámetro de aceptación."

Específicamente la administración tomó la medida que se cita:

"Hasta tanto se cuente con criterio del LanammeUCR, producto de la investigación a desarrollar sobre el rango de especificación adecuado para la evaluación de la relación polvo/asfalto, se omite este parámetro de la evaluación de la mezcla asfáltica por el método estadístico, sin embargo, se mantendrá el control de calidad por parte del contratista y la verificación de calidad por parte de la Administración, quien se reserva el derecho de advertir al Contratista cuando se detecten tendencias en la producción que puedan afectar negativamente el desempeño de la mezcla asfáltica. Una vez que la Administración comunique al Contratista el resultado de la investigación del LanammeUCR sobre los límites de especificación para la relación polvo/asfalto, dicho parámetro será incorporado a la evaluación de la mezcla asfáltica por el método estadístico en la estimación del mes siguiente al mes en que fue realizada la comunicación de los nuevos límites de especificación."

(El subrayado no corresponde al original)

Por este motivo, es de gran importancia contar con los resultados de las investigaciones que el LanammeUCR realiza en este sentido, máxime que esta gerencia invierte cerca de dos mil ochocientos millones de colones por mes en actividades relacionadas con la colocación de mezcla asfáltica en caliente.

¹ Disposición Vial AM-01-2001 Requisitos para Mezcla Asfáltica en Caliente: "La mezcla asfáltica debe cumplir con los siguientes requisitos: ...e) Una relación polvo / asfalto con un valor mínimo de 0.6 y un valor máximo de 1.3 definida como el porcentaje de agregado que pasa el tamiz No. 200 dividido por el contenido de asfalto efectivo por peso total de la mezcla."



GERENCIA DE CONSERVACION DE VIAS Y PUENTES

alexander.guerra@conavi.go.cr

06 de abril de 2018
GCSV-92-2018-1673 (264)
Página 5

Si bien ya conocemos que el Lanamme está realizando una investigación en este sentido, la variada información que tenemos el respecto, genera algún tipo de preocupación sobre la posibilidad de contar con resultados palpables que puedan aplicarse como parte de la Licitación Pública 2014LN-000018-0CV00.

Por ejemplo, en el oficio LM-PI-130-2016, se informó al entonces Ministro de Obras Públicas y Transportes lo siguiente:

"...en el oficio LM-IC-D-0455-16 enviado al Conavi por parte del Ingeniero Alejandro Navas Carro se sugiere a la Administración el estudiar los límites de la relación polvo-asfalto, en particular en su límite superior. Para tal efecto el LanammeUCR está realizando una exhaustiva investigación de desempeño de varias mezclas asfálticas costarricenses.

Esto no quiere decir que la relación polvo-asfalto deba desecharse "ad portas", pero indica que los límites establecidos en la especificación - 0,6 a 1,3 - deben estudiarse mediante ensayos de desempeño a fatiga, deformación permanente y daño por humedad para un número representativo de mezclas asfálticas costarricenses. En este momento el LanammeUCR no puede asegurar con certeza que los valores establecidos sean adecuados para valorar la calidad de nuestros materiales. Una vez terminados los estudios en proceso, se podrían re-establecer o incluso mantener los límites actuales, con base en los ensayos de desempeño mecanicistas mencionados. Por lo tanto, tal y como se le solicitó al señor Ministro en el oficio LM-IC-D-0455-16, reiteramos la importancia de valorar la conveniencia de utilizar los límites de dicha especificación cartelaria en los nuevos contratos. Tal como se indicó anteriormente, el uso de una especificación que no ha sido sujeto de un proceso científico de "tropicalización" crea un falso sentido de control y más bien genera costos adicionales e innecesarios en los procesos de ensayo y control de calidad."

Por otra parte, con oficio LM-PI-148-2016 se nos hizo saber que:

"...tal y como recalcamos en el oficio indicado (LM-PI-130-2016), que hay dudas razonables en algunas de las especificaciones contenidas en los carteles de conservación, que requieren de estudio, pero que tampoco debieran ser motivo para demorar la ejecución de los contratos mientras se aclaran los cuestionamientos o se hacen las investigaciones científicas del caso. En este tema, el LanammeUCR tiene experiencia de sobra como para poder ayudar en la definición de criterios técnicos más idóneos."

Si bien en agosto 2016 (oficio LM-PI-130-2016) se indicaba que se estaba realizando una exhaustiva investigación al respecto, y se recalcó el 05 de octubre del mismo año (oficio LM-PI-148-2016) que ese laboratorio cuenta con experiencia de sobra para la definición de criterios técnicos, más adelante,

Consejo Nacional de Vialidad. 100 metros Este de la Rotonda de Betania, Montes de Oca.
Tel: (506) 2202-5469 Fax: (506) 2225-4254 Apartado Postal 616-2010 San José, Costa Rica
www.conavi.go.cr





GERENCIA DE CONSERVACION DE VIAS Y PUENTES

alexander.guerra@conavi.go.cr

06 de abril de 2018
GCSV-92-2018-1673 (264)
Página 6

el 13 de octubre (oficio LM-PI-152-2016), se informó que dicha investigación no estaba incluida en el plan quinquenal de investigación, que el proceso tardaría al menos 3 años y que requeriría de la colaboración de múltiples actores del sector. A continuación, se transcribe un extracto de este último oficio:

"Para el desarrollo de esta investigación, esperamos contar con el necesario apoyo de la Administración, de los Contratistas, de los Administradores Viales, de los Laboratorios de Control/verificación y de los Consultores-. El tiempo que puede tardar el estudio de marras no lo hemos determinado aún con exactitud, pero requeriría de un periodo no menor a los 3 años. Así las cosas, en las próximas semanas vamos a convocar a los grupos citados anteriormente al LanammeUCR, con el fin de establecer los pormenores del proyecto: Número de investigadores, tesis de licenciatura/maestría necesarias, dedicación de horas investigador, cantidad de ensayos de desempeño, variabilidad y representatividad estadística, provisión de materiales, costos de los ensayos por realizar, presupuesto general del proyecto, entre otros aspectos.

Si bien es cierto, el LanammeUCR recibe fondos de ley 8114 para la realización de investigación aplicada, el tema de la relación polvo-asfalto, no estaba incluido dentro de nuestro plan quinquenal de investigación y dada la trascendencia del tema, requerirá de un gran esfuerzo adicional en el que no dudamos, la Administración, los laboratorios privados, los consultores y los contratistas, estarán deseosos de aportar los recursos que se requieran para que esta investigación llegue a buen puerto."

(El subrayado no corresponde al original)

Es por esto que, si bien en el informe LM-PI-UMP-R-001-2017 se mencionan los avances en cuanto a la investigación que se está llevando a cabo, la cual tiene como objetivo "Cuantificar la influencia de realizar cambios en la granulometría y contenido de asfalto en la relación polvo/asfalto y establecer su correlación con el desempeño medido en daño por humedad, deformación permanente y fisuramiento por fatiga, para establecer criterios de restricción para ese parámetro"; se mantiene la preocupación de que tales resultados requieran un periodo que impida aplicarlos en el contrato vigente, o incluso que sea imposible incluirlos en los siguientes contratos que se promuevan.

Por este motivo, esta gerencia reitera la disponibilidad de suministrar insumos para enriquecer o acelerar la obtención de resultados como parte de esta investigación.





GERENCIA DE CONSERVACION DE VIAS Y PUENTES

alexander.guerra@conavi.go.cr

06 de abril de 2018
GCSV-92-2018-1673 (264)
Página 7

Lo anterior reviste especial importancia al considerar que las especificaciones vigentes para el diseño de mezcla asfáltica se vienen utilizando desde 2001, y que desde 2009 se ha venido investigando el cumplimiento de estas disposiciones por parte de la auditoría técnica de ese laboratorio, lo cual ha generado un impulso que no debería perderse en cuanto a la continua mejora que buscamos aplicar en el mantenimiento de pavimentos flexibles.

De acuerdo a lo expuesto líneas arriba, los hallazgos que componen el informe, citados a continuación:

- Hallazgo 1: Los resultados granulométricos de las muestras analizadas se encuentran dentro de los requisitos establecidos en el cartel de licitación.
- Hallazgo 2: Se determinan algunos incumplimientos en el parámetro contenido de asfalto, para las muestras de plantas ya que muestran valores fuera del óptimo.
- Hallazgo 4: Se evidencia que la mayoría de la mezcla asfáltica producida por las plantas productoras analizadas presentan incumplimientos en algunos parámetros volumétricos Marshall, para la aceptación y pago tales como: contenido de vacíos, vacíos en el agregado mineral (VMA), vacíos llenos de asfalto (VFA) y en la relación polvo/asfalto, establecidos en el cartel de licitación.

De acuerdo con lo supracitado, dado no se cuenta con el criterio del LanammeUCR, producto a la investigación a desarrollar, sobre el rango de especificación adecuado, para la evaluación de la relación polvo/asfalto y basado en el criterio del LanammeUCR, se decide omitir mediante Ordenes de Modificación se eliminar el parámetro polvo/asfalto, en el cálculo de factor de pago en mezcla asfáltica en caliente.

Es razonamiento de esta Gerencia que el criterio (en términos de auditoría), la cual ha sido el elegido para medir o comparar la condición de auditoría encontrada, no fue trasgredida u omitida por esta

Consejo Nacional de Vialidad. 100 metros Este de la Rotonda de Betania, Montes de Oca.
Tel: (506) 2202-5469 Fax: (506) 2225-4254 Apartado Postal 616-2010 San José, Costa Rica
www.conavi.go.cr





GERENCIA DE CONSERVACION DE VIAS Y PUENTES

alexander.guerra@conavi.go.cr

06 de abril de 2018
GCSV-92-2018-1673 (264)
Página 8

Gerencia dado que no hay un rango adecuado para su medición. Así bien se considera necesario valorar si estos puntos en concreto deberían ser redactados como observación.

De esto deriva la importancia de cuantificar la influencia de realizar cambios en la granulometría y contenido de asfalto en la relación polvo/asfalto y establecer su correlación con el desempeño medido en daño por humedad, deformación permanente y fisuramiento por fatiga, para establecer criterios de restricción para ese parámetro, así como también la susceptibilidad de esta variable en función de la granulometría, contenido de asfalto y contenido de vacíos.

En aras que la respuesta que enriquezca de la mejor manera posible el proceso de auditoría, nos vemos en la necesidad de solicitar que dicho documento con sus anexos, sea incorporado al informe final realizado.

Sin más por el momento se despiden;

Cordialmente;

**EDGAR MAY
CANTILLANO
(FIRMA)**

Firmado digitalmente
por EDGAR MAY
CANTILLANO (FIRMA)
Fecha: 2018.04.06
17:11:41 -06'00'

Ing. Edgar May Cantillano
Gerente a.i. de Conservación de Vías y Puentes

EMC /AGM

**BILLY ALEXANDER
GUERRA MORAN
(FIRMA)**

Firmado digitalmente por BILLY
ALEXANDER GUERRA MORAN
(FIRMA)
Fecha: 2018.04.06 17:00:35
-06'00'

Ing. Alexander Guerra Morán
Encargado Auditorías Externas
Gerencia de Conservación de Vías y Puentes

- C. Pablo Camacho Salazar, Coordinador Región Central, CONAVI (digital)
- Reynaldo Mata Carranza, Director Regional Chorotega, CONAVI (digital)
- Alexis Montoya Sosa, Director Regional Pacifico Central, CONAVI (digital)
- Javier González Murillo, Director Región Brunca, CONAVI (digital)
- Eddy Balltodano Araya, Director Región Huetar Atlántico, CONAVI (digital)
- José Antonio Araya Álvarez, Director Región Huetar Norte, CONAVI (digital)
- Julio Carvajal Saborío, Encargado Gestión de la Calidad, CONAVI (digital)
- Archivo.
- Copiador.

Consejo Nacional de Vialidad. 100 metros Este de la Rotonda de Betania, Montes de Oca.
Tel: (506) 2202-5469 Fax: (506) 2225-4254 Apartado Postal 616-2010 San José, Costa Rica
www.conavi.go.cr





b. Análisis del Equipo Auditor del Oficio GCSV-92-2018-1673 (264)

De acuerdo con los procedimientos establecidos en la Unidad de Auditoría Técnica del PITRA - LanammeUCR, el oficio GCSV-92-2018-1673 (264) remitido por los ingenieros Edgar May Cantillano y Alexander Guerra Moran, como se indicó en la sección 5, es analizado por el equipo auditor y considerado para realizar aclaraciones y mejoras al informe con el fin de que sea de mayor claridad para la Administración.

A continuación se detalla el análisis correspondiente:

- i. En las páginas 1 a la 7 se hace una reseña de las acciones y esfuerzos que se han realizado por parte del Conavi, así como del Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA) para promover y generar cambios relacionados con la especificación del parámetro polvo asfalto. Estableciéndose que hasta la fecha no se han definido criterios para la limitación de dicho parámetro.

Debido a que este tema es competencia del PITRA, y no de la Unidad de Auditoría Técnica, no abordaremos el tema en el presente análisis.

- ii. Posteriormente la Administración indica que:

De acuerdo a lo expuesto líneas arriba, los hallazgos que componen el informe, citados a continuación:

- *Hallazgo 1: Los resultados granulométricos de las muestras analizadas se encuentran dentro de los requisitos establecidos en el cartel de licitación.*
- *Hallazgo 2: Se determinan algunos incumplimientos en el parámetro contenido de asfalto, para las muestras de plantas ya que muestran valores fuera del óptimo.*
- *Hallazgo 4: Se evidencia que la mayoría de la mezcla asfáltica producida por las plantas productoras analizadas presentan incumplimientos en algunos parámetros volumétricos Marshall, para la aceptación y pago tales como: contenido de vacíos, vacíos en el agregado mineral (VMA), vacíos llenos de asfalto (VFA) y en la relación polvo/asfalto, establecidos en el cartel de licitación.*

De acuerdo con lo supracitado, dado no se cuenta con el criterio del LanammeUCR, producto a la investigación a desarrollar, sobre el rango de especificación adecuado, para la evaluación de la relación polvo/asfalto y basado en el criterio del LanammeUCR, se decide omitir mediante Ordenes de Modificación se eliminar el parámetro polvo/asfalto, en el cálculo de factor de pago en mezcla asfáltica en caliente.

Es razonamiento de esta Gerencia que el criterio (en términos de auditoría), la cual ha sido el elegido para medir o comparar la condición de auditoría encontrada, no fue trasgredida u omitida por esta Gerencia dado que no hay un rango adecuado para su medición. Así bien se considera necesario valorar si estos puntos en concreto deberían ser redactados como observación.



De esto deriva la importancia de cuantificar la influencia de realizar cambios en la granulometría y contenido de asfalto en la relación polvo/asfalto y establecer su correlación con el desempeño medido en daño por humedad, deformación permanente y fisuramiento por fatiga, para establecer criterios de restricción para ese parámetro, así como también la susceptibilidad de esta variable en función de la granulometría, contenido de asfalto y contenido de vacíos.

Con relación a lo manifestado en el oficio de marras, esta auditoría comprende que mediante orden de modificación (GCSV-01-2016-4105) la "relación polvo-asfalto" se excluyó de la metodología de pago en función de la calidad, retomando la anterior clasificación de "Parámetro de Aceptación de la Mezcla Asfáltica". Esta acción no supone que dicho parámetro deje automáticamente de ser evaluado en el rango propuesto en la Orden de Modificación N°1 como un parámetro de aceptación; tal como la Administración lo ha venido evaluado desde el 2001 en las especificaciones vigentes.

Aunque aún no se hayan definido las recomendaciones para el parámetro mencionado, es criterio de esta auditoría que debe ser monitoreada, controlada y evaluada su variabilidad mediante herramientas estadísticas durante el proceso de producción de la mezcla asfáltica. Especialmente si se consideran las repercusiones, que aluden publicaciones internacionales, en el comportamiento de la mezcla asfáltica, cuando se suscitan valores cercanos o mayores a 1,6.

Además es criterio del equipo auditor que debe practicarse un control (monitoreo y evaluación estadística) cabal de todos aquellos parámetros que están relacionados con la volumetría de la mezcla asfáltica los cuales siguen vigentes hoy en día con la metodología Superpave, tal como el contenido de asfalto, el contenido de vacíos, los vacíos en el agregado mineral (VMA), los vacíos rellenos de asfalto (VFA) y especificaciones granulométricas.

Por tanto, esta auditora determina, que las acotaciones descritas en los hallazgos 1, 2 y 4 al ser requisitos de cumplimiento obligatorio y parte integral de la documentación contractual vigente, se mantienen en su naturaleza original de Hallazgos.