

**REPORTE  
AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA  
LM-AT-65-08**

**EVALUACIÓN DE CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA  
EN CALIENTE DE LA PLANTA PRODUCTORA  
CONCRETO ASFÁLTICO NACIONAL, S.A (CONANSA),  
CALLE BLANCOS**

**“PROYECTOS LP-01-2005:  
CONSERVACIÓN VIAL RED NACIONAL PAVIMENTADA, ZONA 1-4  
CONSERVACIÓN VIAL RED NACIONAL PAVIMENTADA, ZONA 1-6  
CONSERVACIÓN VIAL RED NACIONAL PAVIMENTADA, ZONA 1-9”**

**SETIEMBRE 2008**

**REPORTE DE AUDITORÍA TÉCNICA**  
**“EVALUACIÓN DE CALIDAD DE MEZCLA ASFÁLTICA PLANTA PRODUCTORA DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CONCRETO ASFÁLTICO NACIONAL, S.A (CONANSA)”**

**Area auditada:**

- Planta productora de mezcla asfáltica en caliente Concreto Asfáltico Nacional, S.A (Conansa)”

**Auditores:** Ingenieros Ellen Rodríguez y Víctor Cervantes.

**Alcance de la auditoría:**

- Visita a la Planta productora de mezcla asfáltica para tomar muestras de MAC para determinar la composición granulométrica y contenido de asfalto mediante ensayos de laboratorio.

**Referencias:**

Periodo de visitas: 03 al 15 de julio de 2008

**Objetivo de los reportes de auditoria**

Los comentarios que se expresan en los reportes de asesoría que emite la Unidad de Auditoría Técnica tienen como propósito principal aportar aspectos técnicos que puedan ser considerados dentro del proceso de mejora continua que forma parte de los sistemas de gestión de calidad de la Administración.

**Antecedentes**

La planta productora de mezcla asfáltica en caliente Concreto Asfáltico Nacional, S.A (Conansa) proporciona servicios a los proyectos de Conservación Vial de la red nacional pavimentada a las zonas que se detallan en el Cuadro 1:

**Cuadro 1. Zonas a las que la planta de producción CONANSA distribuye Mezcla Asfáltica en Caliente**

<b>Zona</b>	<b>Descripción</b>
ZONA 1-4	Alajuela Sur, Poás y Atenas
ZONA 1-6	San Ramón, Palmares y Alfaro Ruiz
ZONA 1-9	Heredia, Barva, Sto. Domingo, Sta. Bárbara, San Rafael, San Isidro, Belén y Flores

Las actividades llevadas a cabo por el equipo auditoría consistieron en visitar las instalaciones de la planta productora de mezcla asfáltica en caliente Conansa por un periodo de dos semanas, durante las cuales se tomaron ocho muestras de la mezcla asfáltica producida, para ser posteriormente ensayadas en el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR). Los ensayos llevados a cabo consistieron en determinar el contenido de asfalto (ASTM D6307/AASHTO T308) y la composición granulométrica (ASTM D5444) de cada una de las muestras.

También se procedió a tomar muestras de agregados en cada uno de los apilamientos y del ligante asfáltico utilizado en la producción de mezcla asfáltica, con el fin de establecer el factor de corrección tipificado por el ensayo de contenido de asfalto (ASTM D6307/AASHTO T308). Así como, determinar el contenido de humedad (ASTM D95) presente en cada una de las muestras de mezcla asfáltica.

A continuación se presentan los aspectos más relevantes que se evidenciaron del análisis de los resultados de ensayo y de las mediciones realizadas durante la visita a la planta.

### **Sobre la calidad de la mezcla asfáltica producida.**

1. El organismo de inspección de la zona 1-9 envía mediante nota OI(1-9)-0239-2008 el diseño de mezcla asfáltica vigente para la planta de producción Conansa. El diseño de mezcla se encuentra identificado como INFORME N°326-2006 con fecha del 01 de julio de 2006 y fue realizado por el Laboratorio LGC Ingeniería de pavimentos. Dicho diseño se realizó utilizando agregados del Río Chirripó, Guápiles y asfalto AC-30. En el documento se establecen los parámetros generales para la producción de la mezcla asfáltica que se muestran en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Parámetros generales de diseño de mezcla asfáltica**

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Contenido óptimo de asfalto	5,40% (sobre el peso de mezcla) 5,71% (sobre el peso del agregado)
Proporción de agregados	60% (Fracción de polvo de piedra) 20% (Fracción de quintilla) 20% (Fracción de cuartilla)
Granulometría de diseño	Ver Cuadro 3

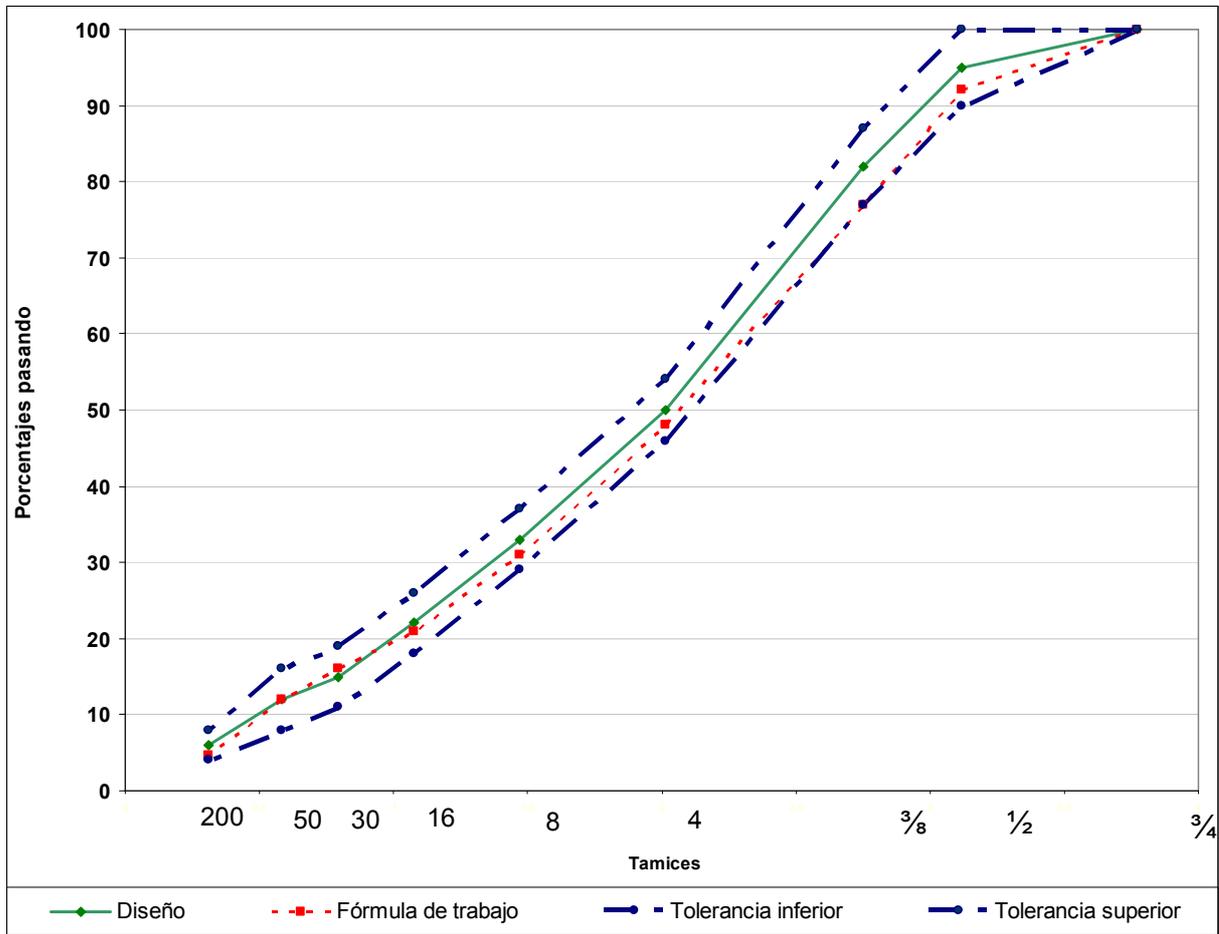
**Cuadro 3. Granulometría del diseño de mezcla asfáltica**

Tamiz	Granulometría de diseño	Tolerancias del diseño
$\frac{3}{4}$ (19.1mm)	100	100
$\frac{1}{2}$ (12.5mm)	95	90 - 100
$\frac{3}{8}$ (9.5mm)	82	77 - 87
4	50	46 - 54
8	33	29 - 37
16	22	18 - 26
30	15	11 - 19
50	12	8 - 16
200	6.0	4.0 - 8.0

2. La fórmula de trabajo definida para la producción de mezcla asfáltica del día 03 de julio de 2008 se muestra en el Cuadro 4. De acuerdo a las necesidades del proceso productivo dicha fórmula puede variar conforme a las características del agregado y del ligante asfáltico, siempre y cuando se cumplan las tolerancias especificadas en el diseño de mezcla.

**Cuadro 4. Granulometría de la fórmula de trabajo**

Tamiz	Fórmula de trabajo (03/07/2008)	Tolerancias del diseño
$\frac{3}{4}$ (19.1mm)	100	100
$\frac{1}{2}$ (12.5mm)	92	90 - 100
$\frac{3}{8}$ (9.5mm)	77	77 - 87
4	48	46 - 54
8	31	29 - 37
16	21	18 - 26
30	16	11 - 19
50	12	8 - 16
200	4.6	4.0 - 8.0



**Figura 1. Gráfico de diseño de mezcla y fórmula de trabajo**

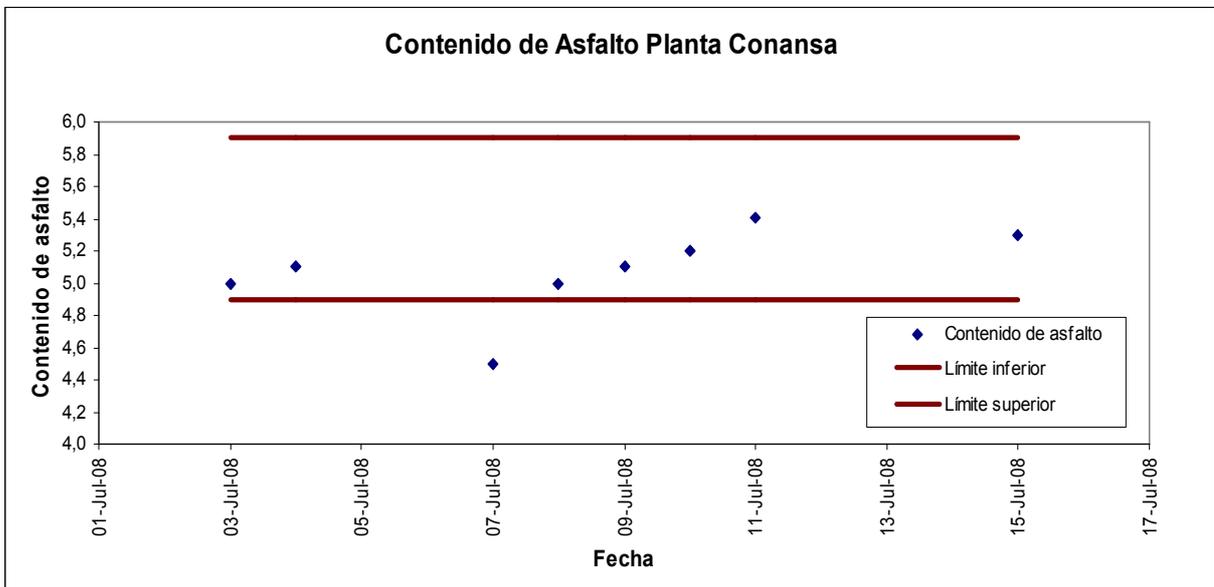
Al examinar la fórmula de trabajo planteada ( - - ■ - - Fórmula de trabajo - ver Figura 1), se puede evidenciar que existe un gran riesgo de incumplir la tolerancia especificada en los tamices de 3/8, N° 4 y N° 200, debido a que los valores de producción establecidos se ubican muy cercanos al límite inferior de tolerancia. Idealmente la fórmula de trabajo debe mantenerse cercana a la curva del diseño de mezcla ( - ◆ - Diseño ).

3. Los resultados de los ensayos de contenido de asfalto y composición granulométrica realizados en el LanammeUCR a cada una de las muestras de mezcla asfáltica, se presentan en el Cuadro 5:

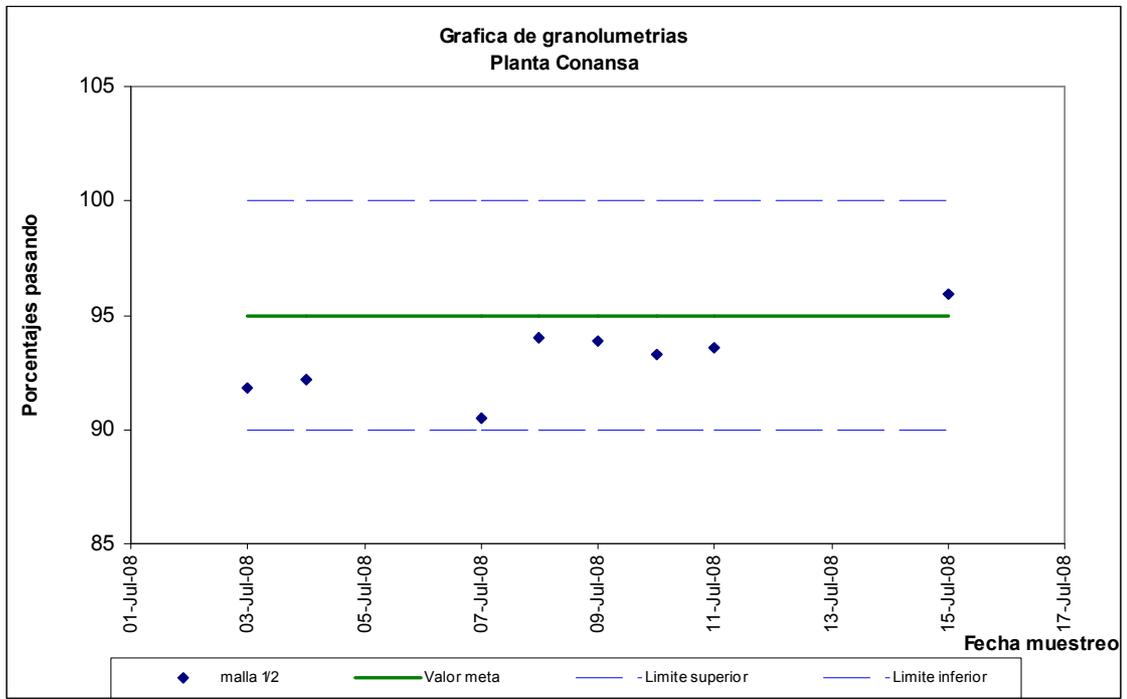
**Cuadro 5. Resultados de los ensayos realizados a la mezcla asfáltica.**

Fecha		03-Jul-08	04-Jul-08	07-Jul-08	08-Jul-08	09-Jul-08	10-Jul-08	11-Jul-08	15-Jul-08	Promedio	Desv Stand	
Muestra		722-08	727-08	729-08	732-08	778-08	779-08	781-08	788-08			
Parámetros	Especificación											
Factor Correc	-- --	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	--	--	
Contenido agua	-- --	0,07	0,06	0,04	0,12	0,18	0,16	0,22	0,17	--	--	
Contenido Asfal	<b>4,9 5,9</b>	5	5,1	<b>4,5</b>	5	5,1	5,2	5,4	5,3	5,08	0,271	
<b>3/4</b>	<b>100 100</b>	100	100	100	100	100	100	100	100	--	--	
<b>1/2</b>	<b>90 100</b>	91,8	92,2	90,5	94	93,9	93,3	93,6	95,9	93,15	1,640	
<b>3/8</b>	<b>77 87</b>	77,5	<b>76,4</b>	<b>72,5</b>	<b>76,5</b>	79,2	79,9	79,3	84,2	78,19	3,385	
<b>4</b>	<b>46 54</b>	50	49,5	46,9	49,1	51	53,7	52	53,3	50,69	2,283	
<b>8</b>	<b>29 37</b>	33,2	33,43	30,9	32,9	34,8	34,5	35,1	35,1	33,74	1,442	
<b>16</b>	<b>18 26</b>	23,47	23,71	21,95	23,34	25,02	23,4	24,84	24,69	23,80	1,019	
<b>30</b>	<b>11 19</b>	17,89	18,14	17,03	18,07	18,8	17,23	18,61	18,94	18,09	0,697	
<b>50</b>	<b>8 16</b>	13,57	13,66	13,02	13,79	13,8	12,82	13,97	14,44	13,63	0,515	
<b>200</b>	<b>4 8</b>	7,4	7,42	6,94	7,28	7,07	7,17	7,57	<b>8,12</b>	7,37	0,364	

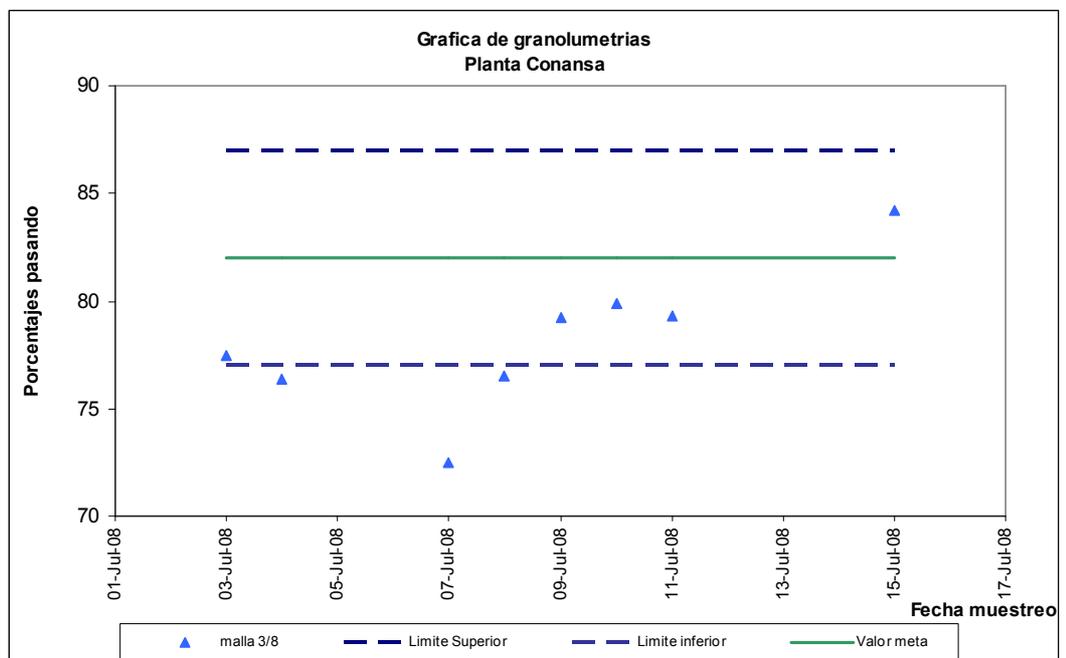
Tal como se observa, tanto en el Cuadro 5, así como en las Figuras 3, 4 y 5, para las ocho muestras de mezcla asfáltica tomadas durante la producción de la planta Conansa, se logra determinar que para el día 07 de julio de 2008, el contenido de asfalto de la mezcla estuvo por debajo de la tolerancia permitida, también se presentaron incumplimientos en la malla 3/8 para los días 04, 07 y 08 de julio de 2008 y en la malla N° 200 para el día 15 de julio de 2008.



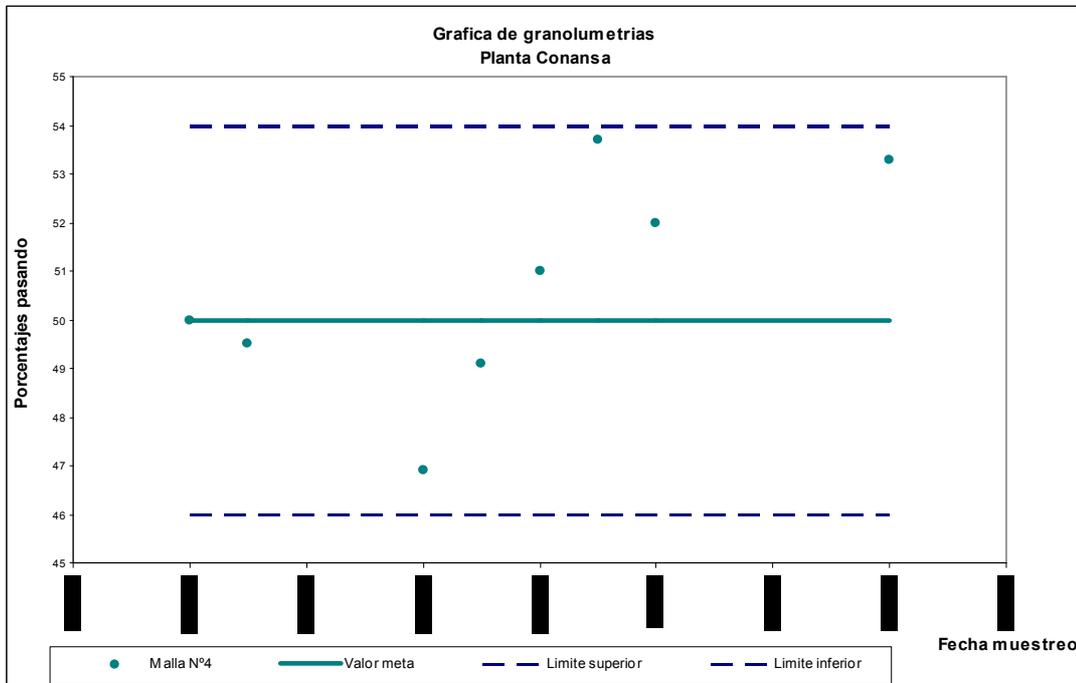
**Figura 2. Resultados de los ensayos de contenido de asfalto**



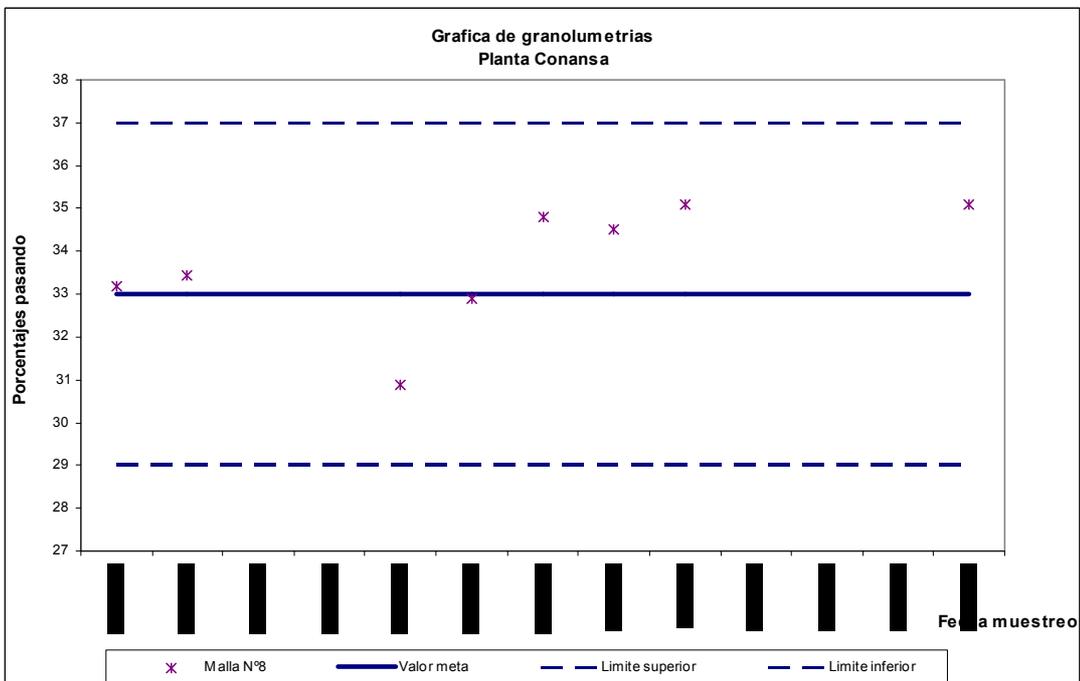
a.



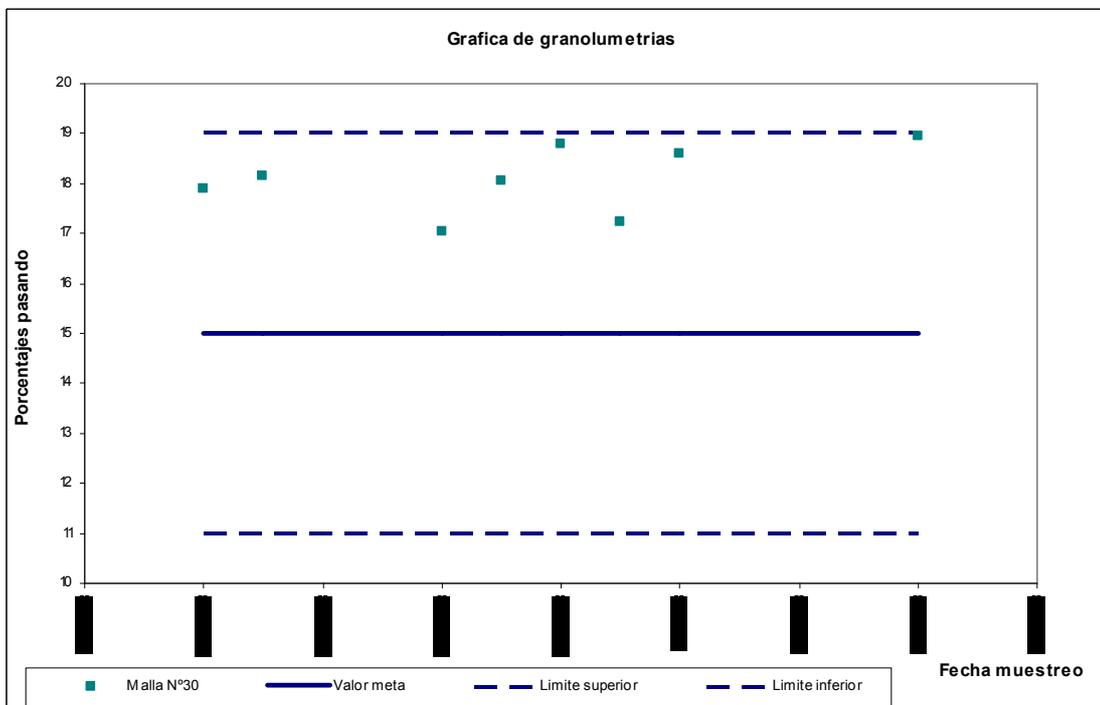
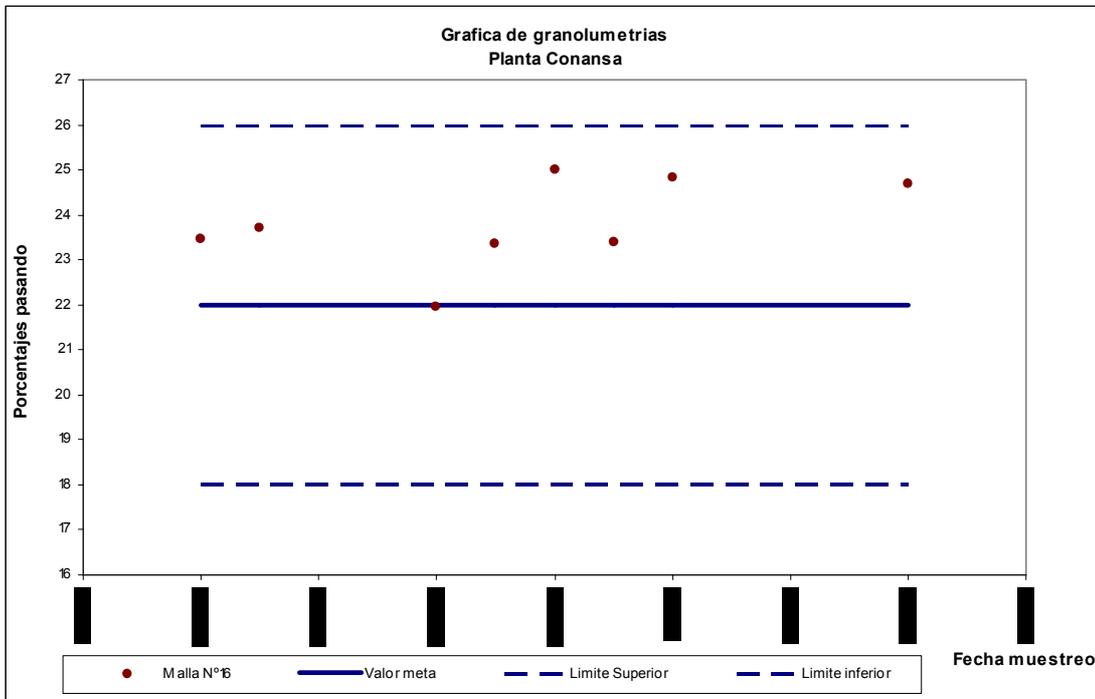
b.

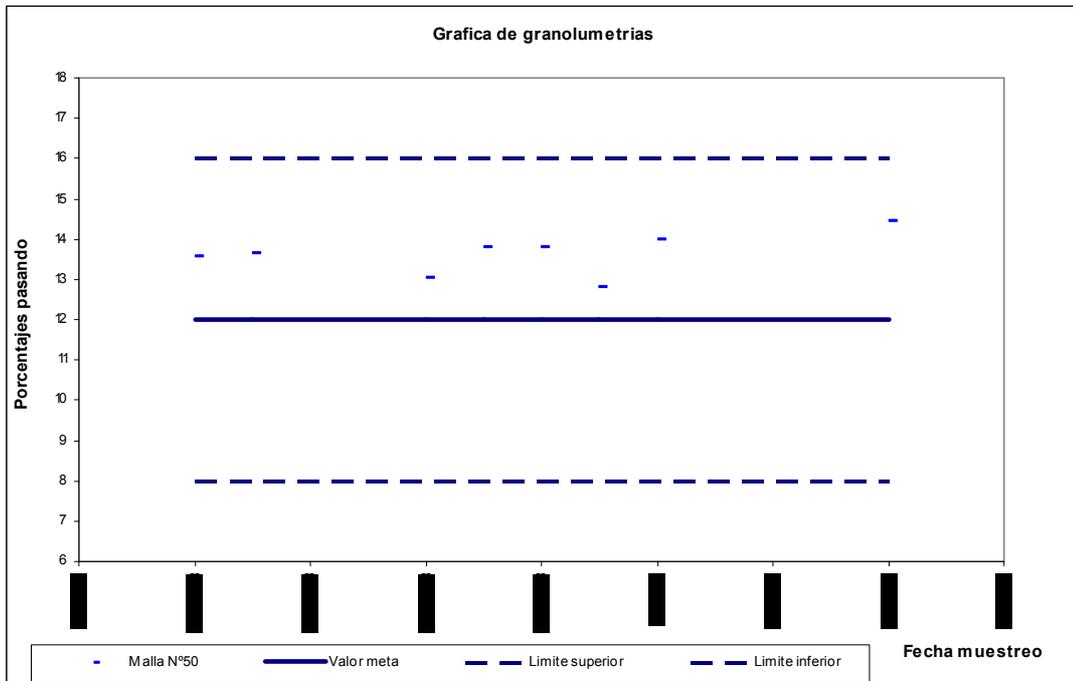


**c.**

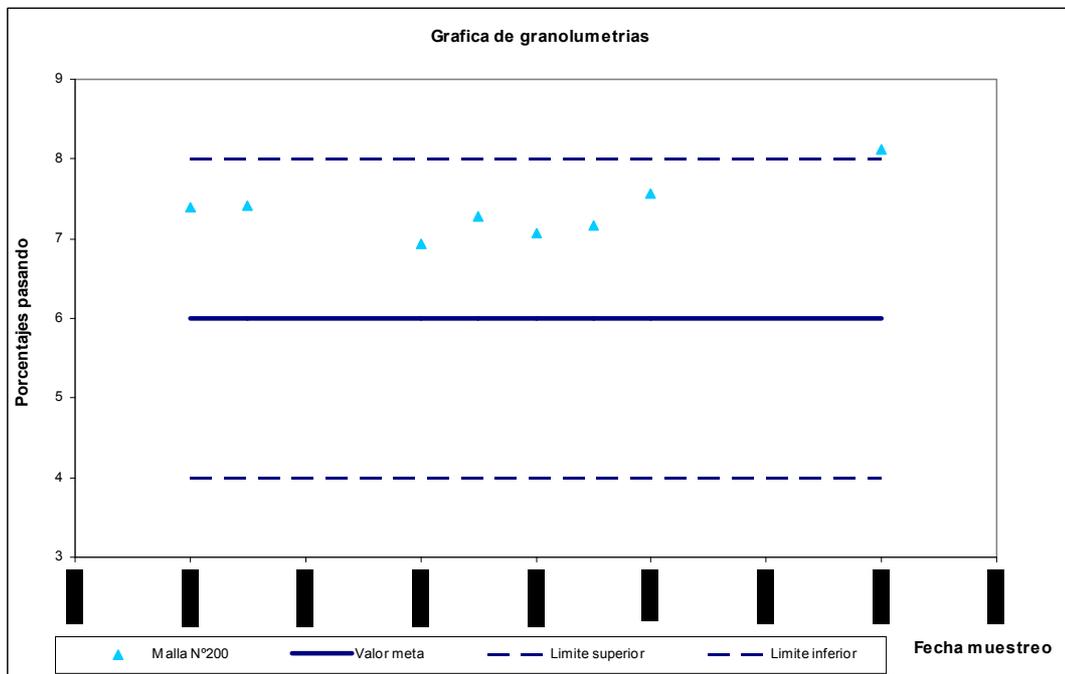


**d.**





g.



h.

**Figura 3. Resultados de los ensayos de granulometría para las mallas: a. 1/2 pulg, b. 3/8 pulg, c. N° 4, d. N° 8, e. N° 16, f. N° 30, g. N° 50 y h. N° 200**

4. Durante las visitas a la planta, para tomar las muestras de mezcla asfáltica, esta auditoría se realizó diferentes mediciones de temperaturas, las cuales se tomaron en la mezcla asfáltica de la góndola de las vagonetas. Un resumen de las mediciones de temperatura se muestra en el siguiente cuadro:

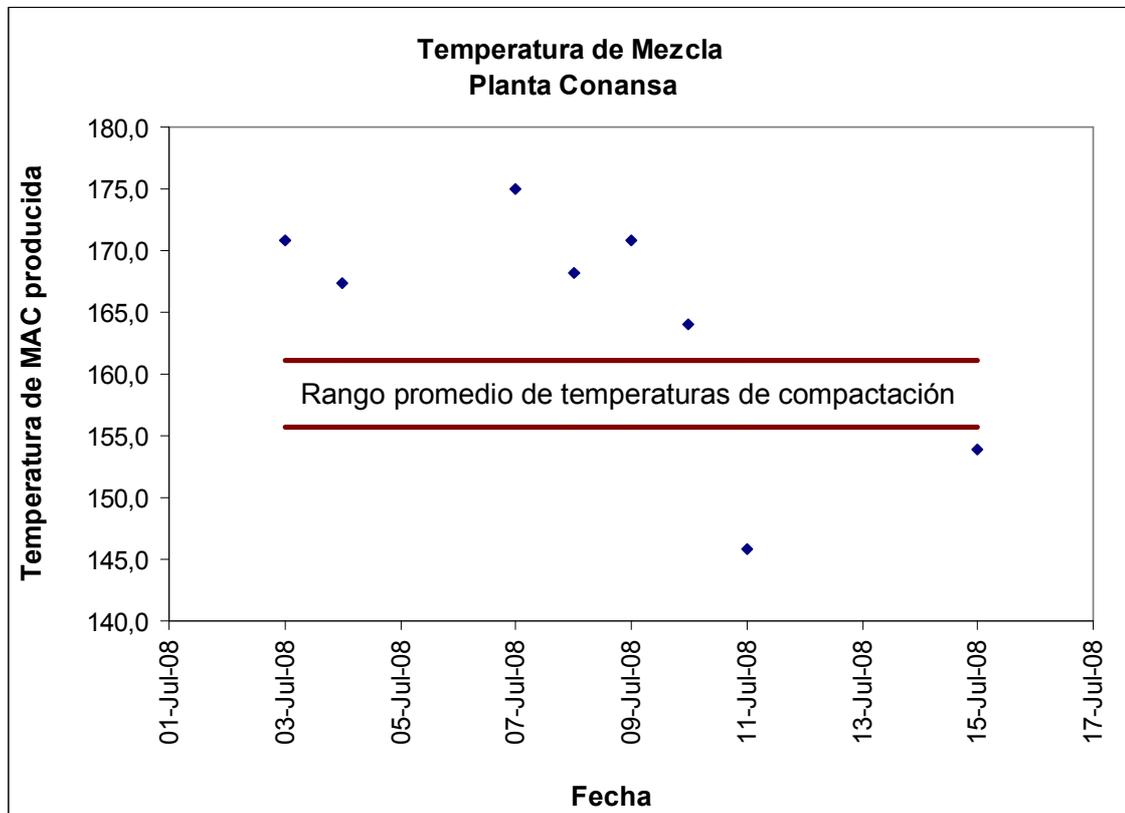
**Cuadro 6. Temperaturas de la mezcla asfáltica medidas en góndola.**

<b>Fecha</b>	<b>Muestra</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
03-Jul-08	722-08	170,8
04-Jul-08	727-08	167,4
07-Jul-08	729-08	175,0
08-Jul-08	732-08	168,2
09-Jul-08	778-08	170,9
10-Jul-08	779-08	164,0
11-Jul-08	781-08	145,8 <sup>‡</sup>
15-Jul-08	788-08	153,9
<b>Promedio</b>		<b>167,2</b>
<b>Desv Stand</b>		<b>6,8</b>

Si se analizan los certificados de calidad del ligante asfáltico correspondientes al mes de julio, se observa que para un asfalto tipo AC-30 la temperatura máxima para producir la mezcla asfáltica es de 162 °C, mientras que la temperatura promedio para producir la mezcla es de 155 °C. Basándose en estos datos se puede concluir que la temperatura de la mezcla asfáltica producida se encuentra, en la mayoría de las muestra tomadas, muy por encima de la temperatura requerida, tal como se observa en la Figura 4.

---

<sup>‡</sup> Cabe destacar que la muestra tomada el día 11 de julio de 2008, fue rechazada por la inspección del Organismo de Inspección en la producción de la planta Conansa, debido a que la mezcla producida tenía muy baja temperatura, además que se reporta que el agregado no se observaba bien recubierto por el ligante asfáltico



**Figura 4. Resultados de las temperaturas de la mezcla asfáltica medidas en la góndola**

Del análisis de las temperaturas de compactación reportadas en los certificados de calidad del asfalto, se puede establecer que la variación máxima entre los límites superior e inferior es de 6 °C. En las temperaturas medidas por esta auditoría se pueden observar variaciones de temperatura que oscilan desde los 175 °C hasta los 145,8 °C, aproximadamente 30 °C de variación en las muestras tomadas durante el periodo del 03 al 15 de julio de 2008.

- En cuanto a la evaluación de calidad de los parámetros ensayados en las muestra de mezcla asfáltica, se deriva del análisis estadístico de los resultados de contenido de asfalto y de la composición granulométrica de la mezcla asfáltica, que los parámetros que muestran mayor variación estadística son el agregado de la malla 3/8 y el contenido de asfalto, tal como se detalla en el Cuadro 7 que se presenta a continuación.

**Cuadro 7. Índices de calidad de la mezcla asfáltica.**

Índice de calidad Parámetro	$Q_i$	$Q_s$	$PWL$	Porcentaje de calidad
Contenido Asfalto <sup>ψ</sup>	0,65	3,04	26	<b>95%</b>
<b>3/4</b>	--	--	--	--
<b>1/2</b>	1,92	4,18	0	100%
<b>3/8</b>	0,35	2,60	36	<b>88%</b>
<b>4 <sup>ψ</sup></b>	2,05	1,45	6	100%
<b>8</b>	3,29	2,26	0	100%
<b>16</b>	5,69	2,16	0	100%
<b>30 <sup>ψ</sup></b>	10,17	1,31	8	100%
<b>50</b>	10,93	4,59	0	100%
<b>200 <sup>ψ</sup></b>	9,25	1,73	1	100%

<sup>ψ</sup> Parámetros valorados dentro del modelo de pago de calidad de los materiales

Dentro de un sistema de gestión es recomendable evaluar la calidad de los parámetros que están incluidos dentro del modelo de pago en función de la calidad, así como los restantes parámetros de análisis y control, ya que a pesar de que éstos últimos no tienen peso económico en las estimaciones de pago, corresponden a un diseño establecido que debe cumplir la mezcla asfáltica producida.

Para ello es conveniente examinar los resultados de control de calidad del contratista, así como los resultados de verificación de calidad de la Administración, y determinar el nivel de calidad de la mezcla asfáltica, tal como está establecido contractualmente.

### **Comentarios sobre la calidad de la mezcla asfáltica producida.**

Las propiedades definidas a partir de un diseño de mezcla tienen como principal objetivo establecer la combinación más económica de los agregados y el asfalto que permita al pavimento en servicio ser durable, tener mayor resistencia a la deformación y que sea impermeable a la presencia de humedad. Mediante este proceso (diseño de mezcla) se establecen los requisitos mínimos y las tolerancias que debe cumplir la mezcla asfáltica.

Los resultados de los ensayos que se ejecutan como parte del control de calidad son comparados con las especificaciones y en caso de presentarse irregularidades y que

los límites de la fórmula de trabajo sean incumplidos, es necesario hacer correcciones o ajustes del proceso productivo, en algunas situaciones podrá ser necesario volver a evaluar y diseñar la mezcla asfáltica utilizada en el proceso de pavimentación.

A partir de los resultados de los ensayos de laboratorio y de las mediciones tomadas en cada uno de los días de producción se pueden citar ciertos comentarios del periodo de producción analizado, con el propósito principal de aportar elementos técnicos a los procesos de mejora continua:

- La cantidad de agregado que corresponde a la malla 3/8 es uno de los parámetros a ser controlado con mayor rigurosidad, ya que es la que aporta el mayor porcentaje de incumplimientos en los días analizados. Aunado al hecho que en la fórmula de trabajo entregada a esta auditoría, del día 03/07/08, la combinación granulométrica de los diferentes agregados de los apilamientos se ubica en el límite inferior de la tolerancia de diseño, no dando margen de variación para esta malla.
- Similar situación se presenta con el material aportado por la malla N° 200, el cual está muy cercano al límite superior de la tolerancia de diseño, lo que puede contribuir a producir incumplimientos de la mezcla asfáltica producida, debido a que en promedio este factor se mantuvo en 7,37 % (porcentaje pasando) tan solo 0,6 % (porcentaje pasando) por debajo del valor superior límite.
- Otro de los factores que hay que tener en consideración, y por ende bajo control, es la temperatura de producción de la mezcla asfáltica, ya que durante las visitas se observaron variaciones de temperatura de la mezcla que oscilan desde 175 °C hasta 145,8 °C (30 °C). Cuando la variación máxima en la temperatura de compactación reportada en los certificados de calidad del asfalto correspondientes al mes de julio, es de 6 °C.
- Es recomendable tener un control estricto sobre el contenido de asfalto en la mezcla asfáltica producida, ya que durante el periodo del 03 al 09 de julio de 2008, las muestras tomadas por esta auditoría, reflejan un contenido de asfalto cercano al límite inferior de tolerancia del diseño de mezcla, incumpliendo dicho límite el día 07 de julio de 2008. Máxime que dicho parámetro es considerado en el modelo de pago en función de la calidad de la mezcla asfáltica.

---

---

**Firmas del equipo auditor**

---

**Inga. Jenny Chaverri Jiménez Msc. Eng.**  
Coordinadora de Auditorías Técnicas  
LanammeUCR

---

**Ing. Víctor Cervantes Calvo**  
Auditor LanammeUCR

---

**Inga. Ellen Rodríguez Castro**  
Auditora LanammeUCR

**ANEXO**  
**INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO**