



**Seguimiento al proceso de pavimentación acorde al sistema de gestión de  
calidad de Tecnopavimentos S.A**

Silvia Daniela Navas Beltrán.

Universidad Pontificia Bolivariana

Seccional Bucaramanga

Escuela de Ingenierías

Facultad de Ingeniería Civil

2017

Seguimiento al proceso de pavimentación acorde al Sistema de Gestión de Calidad de  
Tecnopavimentos S.A.

Silvia Daniela Navas Beltrán

Trabajo de grado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil

Supervisor:

MSc. Norma Cristina Solarte Vanegas

Universidad Pontificia Bolivariana

Seccional Bucaramanga

Escuela de Ingenierías

Facultad de Ingeniería Civil

2017

**Nota de aceptación:**

El trabajo de grado titulado: “SEGUIMIENTO AL PROCESO DE PAVIMENTACIÓN ACORDE AL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD DE TECNOPAVIMENTOS S.A” de la autora SILVIA DANIELA NAVAS BELTRÁN cumple con los requisitos para optar al título de Ingeniera Civil.

---

Ing. MSc. Norma Cristina Solarte Vanegas

Docente Supervisor

---

Ing. Milton Villarreal Murillo

Supervisor Práctica

Bucaramanga, Agosto de 2017

**Dedicatoria**

A Dios, a quien le debo todo lo que soy,  
a mis padres quienes con su ejemplo me guían por el camino de la integridad,  
a todos mis profesores quienes me transmitieron sus conocimientos a lo largo de mi carrera  
universitaria y a mis amigos quienes me acompañaron en esta etapa.

## **Agradecimientos**

A la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, y a la Ingeniera Norma Cristina Solarte, por ser mi supervisora y por dirigirme y aconsejarme en la realización de este informe.

A Tecnopavimentos S.A. y al Ingeniero Milton Villarreal, quienes me abrieron las puertas de la empresa para darme una oportunidad en el campo laboral, brindándome los recursos necesarios para que pudiera hacer la práctica en el mejor ambiente posible.

Al Ingeniero Alberto López y a Luz Mary Ribero, quienes me apoyaron, brindándome todo el conocimiento posible tanto en lo profesional como en lo humano y a todo el personal de Tecnopavimentos S.A. que me acogió, haciéndome sentir parte de la empresa.

## Tabla de Contenidos

Capítulo 1 Introducción .....	1
Capítulo 2 Objetivos .....	3
Objetivo General .....	3
Objetivos específicos .....	3
Capítulo 3 Marco teórico .....	4
Pavimento .....	4
Pavimento flexible .....	4
Capa de rodadura .....	5
Cemento asfáltico.....	5
Cemento asfáltico modificado .....	9
Emulsiones asfálticas .....	10
Riego de imprimación.....	10
Riego de liga. ....	11
Mezclas asfálticas .....	11
Concreto asfáltico. ....	11
Propiedades de mezclas de asfalto y agregado .....	13
Fresado.....	15
Capítulo 4 Desarrollo del plan de trabajo .....	16
Control diario de mezclas asfálticas en caliente .....	17
Actas de corte de obra.....	18
Mediciones en campo .....	19
Seguimiento y control de obra .....	20
Consortio Vías Girón. ....	21
Tercer Carril.....	32
Incomesa. ....	42
Capítulo 5 Recomendaciones.....	55
Aseo y limpieza.....	59
Extensión de riegos .....	60
Transporte de la mezcla. ....	62
Vertido de la mezcla en la tolva de la pavimentadora .....	63
Extensión de la mezcla.....	64
Extensión manual de la mezcla.....	66
Compactación de la mezcla. ....	67
Fresado de pavimento asfáltico.....	71
Capítulo 6 Aporte a la empresa.....	75
Capítulo 7 Conclusiones .....	77
Lista de referencias .....	79
Apéndice A .....	83
Apéndice B.....	85
Apéndice C.....	87

**Lista de tablas**

Tabla 1. Requisitos mínimos de calidad del cemento asfáltico. ....	7
Tabla 2. Requisitos mínimos de calidad del cemento asfáltico modificado. ....	10
Tabla 3. Granulometría de mezclas de concreto asfáltico. ....	12
Tabla 4. Criterios de diseño para concreto asfáltico (ensayo Marshall) .....	13
Tabla 5. Precios unitarios y cantidades aproximadas de las objeto del contrato con Consorcio Vías Girón .....	22
Tabla 6. Especificaciones dadas por el contratante (Consorcio Vías Girón).....	23
Tabla 7. Términos de la cotización dada por Tecnopavimentos S.A. a Constructora Valderrama .....	33
Tabla 8. Especificaciones dadas por el contratante (Constructora Valderrama) .....	34
Tabla 10. Control de temperatura de llegada de mezcla a la obra .....	46

## Lista de figuras

Figura 1. Perfil típico de una estructura de pavimento flexible. Por Rondón y Reyes (2015) .....	5
Figura 2. Evolución de viscosidad con la temperatura. Por Rondón y Reyes (2015).....	8
Figura 3. Localización Obra San Jorge (Google Maps, 2017) .....	24
Figura 4. Limpieza (San Jorge). Elaboración propia. ....	27
Figura 5. Soplado (San Jorge). Elaboración propia. ....	27
Figura 6. Riego de imprimación asfáltica (San Jorge). Elaboración propia. ....	28
Figura 7. Superficie imprimada (San Jorge). Elaboración propia. ....	29
Figura 8. Extensión de la mezcla tipo MDC-10 (San Jorge). Elaboración propia.....	30
Figura 9. Evidencia de base por re nivelar (San Jorge). Elaboración propia.....	31
Figura 10. Compactación (San Jorge). Elaboración propia. ....	31
Figura 11. Superficie pavimentada (San Jorge). Elaboración propia. ....	32
Figura 12. Superficie imprimada en Autopista Bucaramanga-Floridablanca (Tercer Carril). Elaboración propia. ....	37
Figura 13. Extensión de la mezcla MDC-2 con asfalto modificado en Autopista Bucaramanga- Floridablanca (Tercer Carril). Elaboración propia.....	38
Figura 14. Compactación de la mezcla en Autopista Bucaramanga-Floridablanca (Tercer Carril). Elaboración propia. ....	38
Figura 15. Superficie pavimentada en Autopista Bucaramanga-Floridablanca (Tercer Carril). Elaboración propia. ....	39
Figura 16. Superficie con riego de liga en deprimido (Tercer Carril). Elaboración propia.....	40
Figura 17. Extensión de la mezcla tipo MDC-2 con asfalto modificado en deprimido (Tercer Carril). Elaboración propia. ....	41
Figura 18. Compactación en deprimido (Tercer Carril). Elaboración propia.....	41
Figura 19. Visita al Condominio Mesa de los Santos. Elaboración propia. ....	43
Figura 20. Evidencia de toma de temperatura de mezcla en la tolva. Elaboración propia. ....	49
Figura 21. Marcación de la superficie (Incomesa). Elaboración propia. ....	50
Figura 22. Superficie imprimada (Incomesa). Elaboración propia. ....	51
Figura 23. Extensión de la mezcla tipo MDC-2 (Incomesa). Elaboración propia. ....	51
Figura 24. Junta transversal (Incomesa). Elaboración propia.....	52
Figura 25. Compactación de la mezcla (Incomesa). Elaboración propia. ....	53
Figura 26. Calle pavimentada (Incomesa). Elaboración propia.....	53
Figura 27. Vista de la segunda etapa del Condominio (Incomesa). Elaboración propia. ....	54
Figura 28. Derrame de aceite y limpieza. Elaboración propia.....	56
Figura 29. Extensión de la mezcla bajo lluvia. Elaboración propia.....	57
Figura 30. Secado de superficie mojada. Elaboración propia.....	58
Figura 31. Lavado de las ruedas de volqueta. Elaboración propia .....	59
Figura 32. Limpieza de la superficie. Elaboración propia. ....	60
Figura 33. Riego de liga. Elaboración propia. ....	61
Figura 34. Riego de imprimación. Elaboración propia.....	62
Figura 35. Vertido de mezcla en la tolva pavimentadora. Elaboración propia.....	64
Figura 36. Extensión de la mezcla. Elaboración propia.....	65
Figura 37. Función del tornillo en la extensión de la mezcla. Elaboración propia.....	66
Figura 38. Extensión manual de la mezcla. Elaboración propia.....	67

Figura 39. Mezcla desplazada por el compactador vibratorio. Elaboración propia.....	68
Figura 40. Compactación de junta transversal con compactador vibratorio. Elaboración propia.	69
Figura 41. Compactación con compactador de neumáticos. Elaboración propia. ....	70
Figura 42. Compactación con “rana”. Elaboración propia. ....	71
Figura 43. Fresado de pavimento asfáltico. Elaboración propia.....	72
Figura 44. Superficie de fresado. Elaboración propia.....	73
Figura 45. Medición de espesores de fresado. Elaboración propia.....	74

## RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

**TITULO:** Seguimiento al proceso de pavimentación acorde al sistema de gestión de calidad de Tecnopavimentos S.A.

**AUTOR(ES):** Silvia Daniela Navas Beltrán

**FACULTAD:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR(A):** Norma Cristina Solarte Vanegas

### RESUMEN

Este informe presenta el trabajo desarrollado por la estudiante como auxiliar de obra durante los cuatro (4) meses de práctica realizada en Tecnopavimentos S.A., empresa que ofrece los servicios de construcción, rehabilitación, operación y mantenimiento en obras de infraestructura vial; refiriéndose a los aspectos técnicos y administrativos que conlleva la ejecución de un contrato de obra civil. Mediante la presencia constante en tres (3) obras que ejecutaba la empresa ubicadas en el municipio de Girón, en el Tercer Carril de Bucaramanga y en la Mesa de los Santos, se identifican las actividades necesarias en el proceso de construcción de pavimento flexible para posteriormente hacer el seguimiento y control de cada obra y apoyar las actividades del residente en la elaboración de actas con las memorias de cantidades de obra ejecutadas, gestionar documentación requerida por la empresa o por el cliente y rendir informes que se requieran. Agrupando la información necesaria con el propósito de mostrar todo lo relacionado con la construcción de la capa de rodadura en concreto asfáltico, se elabora un procedimiento constructivo con recomendaciones, para que sea una herramienta que sirva como medio inmediato de consulta para el estudiante, con el fin de reforzar los conocimientos aprendidos en la clase y verlos reflejados en la práctica. Se concluye que es imprescindible conocer la normativa de INVIAS porque el cumplimiento de los parámetros de las especificaciones generales de construcción es clave para garantizar la calidad de los trabajos y evitar incurrir en malas prácticas constructivas y afectar la durabilidad de los pavimentos. De igual forma, es importante tener en cuenta la experiencia de los especialistas para detectar causas que puedan originar un pavimento defectuoso y efectuar correcciones si es el caso.

### PALABRAS CLAVES:

Pavimento flexible, capa de rodadura, concreto asfáltico.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

**GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE**

**TITLE:** Step by step of the paving process according to the quality management system of Tecnopavimentos S.A.

**AUTHOR(S):** Silvia Daniela Navas Beltrán

**FACULTY:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR:** Norma Cristina Solarte Vanegas

**ABSTRACT**

This report presents the work developed by the student as a work assistant during the four (4) months of internship done at Tecnopavimentos SA, a company that offers construction, rehabilitation, operation and maintenance services in road infrastructure works; Referring to the technical and administrative aspects related in the execution of a civil works contract. Through the presence that was done in three (3) works executed by the company located in the municipality of Giron, in the Third Lane of Bucaramanga and in La Mesa de los Santos, it was possible to identify the necessary duties in the process of construction of roads in flexible pavement later to make the follow up and control of each work and support the activities of the resident in the production of records with the reports of quantities of work executed, the management of documents required by the company or the client, and other reports that were required. Grouping the necessary information with the purpose of showing everything related with the activities for the construction of asphalt wearing course, a constructive procedure is elaborated with recommendations, which is a tool that serves as an immediate means of consultation for the student, in order to reinforce the knowledge learned in the class and check their results reflected in the internship. It is concluded that it is essential to know the INVIAS regulations because the compliance with the parameters of the general construction specifications is the key to ensuring the quality of the work and avoid incurring in bad constructive practices and affect the durability of the pavements. Similarly, it is important to keep in mind the experience of specialists in detecting causes that could constitute a defective pavement and make corrections if is necessary.

**KEYWORDS:**

Flexible pavement, asphalt wearing pavement, hot mix asphalt (HMA).

**V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK**

## **Capítulo 1**

### **Introducción**

En obras de pavimentación, la aparición de fallas que no han sido previstas y que se presentan durante su vida útil, es una de las dificultades más frecuentes. Esto puede ser debido a: proceso constructivo, diseño de la estructura, aumento inesperado del tráfico, razones económicas, entre otras.

La mayoría de los factores (materiales, equipo y maquinaria, clima, métodos de construcción, personal utilizado en la obra) en el proceso constructivo, pueden ser llevados a parámetros aceptables mediante la realización de un buen control de calidad, hoy en día, un aspecto tan importante como la producción de la mezcla asfáltica en caliente, en nuestro caso, por tratarse de pavimento flexible; y de esta forma, no produzca resultados no deseados. El control de calidad se basa en la información referente a las especificaciones y normas INVIAS 2007.

En el siguiente informe se presenta el seguimiento a tres contratos de obra civil de pavimentación acorde con el plan de calidad de Tecnopavimentos S.A. El primero consiste en el mantenimiento, mejoramiento y rehabilitación de la malla vial urbana zona III sector oriente del municipio de Girón, Santander; el segundo en la construcción para la aplicación de mezcla densa en caliente para el proyecto ampliación de estructura vial autopista Floridablanca – Bucaramanga o tercer carril; y el tercero en suministro e instalación de riego de liga con emulsión asfáltica CRR-1 y mezcla densa en caliente tipo MDC-2, para las obras localizadas en el Condominio Mesa de los Santos.

Este documento está organizado en los siguientes capítulos:

En el Capítulo 2 se presentan los objetivos de la práctica como auxiliar de obra realizada por la estudiante de la facultad de Ingeniería Civil.

El Capítulo 3 presenta el marco teórico que contiene todos los conceptos relacionados con la construcción de pavimentos flexibles.

El Capítulo 4 está dedicado a mostrar las actividades realizadas tanto administrativas como técnicas dentro de las cuales está el seguimiento a las obras anteriormente mencionadas.

El Capítulo 5 contiene recomendaciones acerca de aspectos vistos que se deben tener en cuenta en el proceso constructivo de pavimento flexible.

El Capítulo 6 presenta el aporte que hace la estudiante a la empresa.

Por último, en el Capítulo 7 presenta las conclusiones observadas por la estudiante a lo largo del periodo de práctica empresarial.

## **Capítulo 2**

### **Objetivos**

#### **Objetivo General**

Hacer seguimiento y control a los procesos aplicables a las obras de pavimentación de tres contratos de obra civil en el departamento de Santander, acorde al Sistema de Gestión de Calidad de Tecnopavimentos S.A.

#### **Objetivos específicos**

- Conocer las especificaciones y normas que establecen parámetros y procedimientos para la construcción de pavimento asfáltico y su respectivo control de calidad.
- Realizar el seguimiento de las obras acorde al proceso de construcción de obras civiles de Tecnopavimentos S.A. en todas las etapas necesarias para ejecutar los contratos dentro de los términos establecidos por el cliente y alcanzar la satisfacción del mismo.
- Desarrollar el registro de evidencias de las actividades relacionadas con la ejecución de las obras para verificar el cumplimiento de los requisitos legales y contractuales.

## Capítulo 3

### Marco teórico

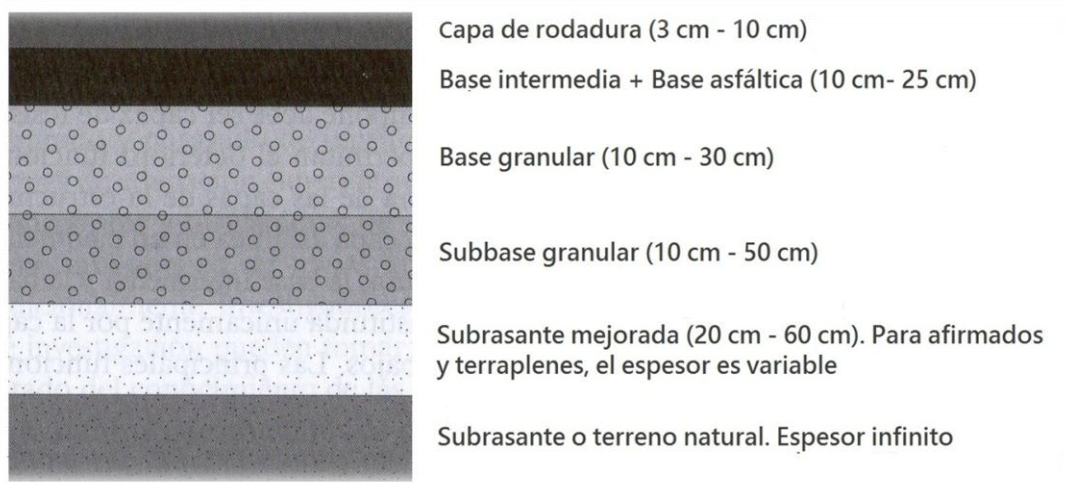
#### **Pavimento**

Los pavimentos son estructuras viales construidas por un conjunto de capas superpuestas relativamente horizontales compuestas por materiales seleccionados. Las cargas dinámicas de los vehículos que transitan por estas estructuras producen esfuerzos cíclicos y deformaciones verticales, horizontales y de corte en las interfaces de las capas. Por lo tanto, estas estructuras son diseñadas para soportar las cargas impuestas por el tránsito y por las condiciones ambientales (función estructural). Asimismo, cumple un objetivo funcional al diseñarse con el fin de dar un paso seguro, cómodo y confortable al parque automotor que se imponga en determinado periodo de tiempo sobre su superficie. (Rondón & Reyes, 2015)

#### **Pavimento flexible**

Las estructuras de pavimento del tipo flexible pueden ser definidas como estructuras viales conformadas por una capa asfáltica apoyada sobre capas de menor rigidez, compuestas por materiales granulares no tratados o ligados (base, subbase, afirmado y en algunos subrasante mejorada o material de conformación), que a su vez se soportan sobre la subrasante o terreno natural. La capa asfáltica de un pavimento flexible está conformada por la carpeta de rodadura, la base intermedia y la base asfáltica; sin embargo, cuando los niveles de tránsito son bajos, esta capa puede estar constituida únicamente por la capa de rodadura. A través de cada una de las capas de la estructura se disipan los esfuerzos que generan las cargas vehiculares, de tal forma que, al llegar a la

subrasante, la resistencia mecánica del suelo que la compone debe ser capaz de resistir dicho esfuerzo sin generar deformaciones que permitan el deterioro estructural o funcional de la vía. Así mismo, cada una de las capas de la estructura debe resistir la influencia del medio ambiente. (Rondón & Reyes, 2015)



*Figura 1.* Perfil típico de una estructura de pavimento flexible. Por Rondón y Reyes (2015)

### **Capa de rodadura**

La capa de rodadura o carpeta conforma la estructura de pavimento flexible y proporciona una superficie de rodadura estable y uniforme al tránsito, de textura y color conveniente y resistir los efectos abrasivos del tránsito; impermeabilidad hasta donde sea posible para impedir el paso del agua al interior del pavimento y complementa la capacidad estructural del pavimento con su resistencia a la tensión. (Fonseca, 2002)

### **Cemento asfáltico**

El asfalto es un material empleado principalmente para pavimentación, aunque tiene otros usos como agente estabilizador, impermeabilizante, en fabricación de pinturas, entre otros.

En la práctica, hay cuatro categorías de productos asfálticos que se usan en pavimentos, estos son:

- Cementos asfálticos, cuyo grado se mide por la penetración o por la viscosidad a 60°.
- Emulsiones asfálticas.
- Asfalto espumado o espuma de asfalto.
- Asfaltos líquidos y aceites de carreteras.

El cemento asfáltico es la materia prima, que imparte estabilidad y cohesión al pavimento.

Con el fin de lograr una mezcla entre el asfalto y los agregados, es necesario licuar el asfalto temporalmente para llevarlo a un grado de viscosidad o fluidez que lo haga trabajable. Esto se consigue mediante calentamiento, dilución y emulsión con agua. (Morales, 2015)

Se denominan mezclas en caliente a las mezclas que se fabrican por el método de calentamiento, es decir calentando cemento asfáltico a altas temperaturas (entre 135 y 160° por lo general) para poder adherirlo al agregado pétreo.

En Colombia, se exige la producción industrial de tres tipos de cemento asfáltico: 40-50 (mínimo PG 64-22), 60-70 (mínimo PG 64-22) y 80-100 (mínimo PG 58-22). Los 40-50 y 60-70 como ligante de mezclas asfálticas en caliente son utilizados generalmente para temperaturas superiores a 24°C y el 80-100 en zonas con temperaturas medias anuales promedio inferiores a los 24°C. Con respecto al nivel de tránsito que deben soportar las mezclas en el pavimento, por lo general se recomienda utilizar 60-70 o 40-50

para fabricar mezclas densas en caliente, para el caso de altos volúmenes de tránsito, independientemente de la temperatura de la zona. (Rondón & Reyes, 2015)

Los requisitos mínimos de calidad que deben cumplir los cementos asfálticos en Colombia, con el fin de ser utilizados como materiales para conformar mezclas asfálticas se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. *Requisitos mínimos de calidad del cemento asfáltico.*

Ensayo	Método	Unidad	40-50	60-70	80-100
<b>Ensayos sobre el asfalto original (sin someter a procesos de envejecimiento)</b>					
Penetración (25 °C, 100 g, 5 s)	INV E-706	0.1 mm	40 - 50	60 - 70	80 - 100
Punto de ablandamiento	INV E-712	°C	52 - 58	48 - 54	45 - 52
Índice de penetración	INV E-724	-	-1.2 a -0.6	-1.2 a -0.6	-1.2 a -0.6
Viscosidad absoluta (60 °C)	INV E-716	P	200 mín.	150 mín.	100 mín.
Ductilidad (25 °C, 5 cm/min)	INV E-702	Cm	80 mín.	100 mín.	100 mín.
Solubilidad en tricloroetileno	INV E-713	%	99 mín.	99 mín.	99 mín.
Contenido de agua	INV E-704	%	0.2 máx.	0.2 máx.	0.2 máx.
Punto de inflamación	INV E-709	°C	240 mín.	230 mín.	230 mín.
Contenido de parafinas	INV E-718	%	3 máx.	3 máx.	3 máx.
<b>Pruebas sobre el residuo después de ensayo de película delgada en horno rotatorio (RTFOT)</b>					
Pérdida de masa	INV E-720	%	0.8 máx.	0.8 máx.	1.0 máx.
Penetración al residuo luego de RTFOT en % de penetración original	INV E-706	%	55 mín.	50 mín.	46 mín.

Incremento en el punto

de ablandamiento INVE-712 °C 8 máx. 9 máx. 9 máx.  
después de RTFOT

Nota. Adaptada de Invias. Art.410. Especificaciones del cemento asfáltico

El asfalto es un material termoplástico que al crecer la temperatura decrece en viscosidad. Para el caso de los pavimentos, la viscosidad es un parámetro físico utilizado para determinar las temperaturas de fabricación de mezclas asfálticas (temperatura de mezclado entre el agregado pétreo y el cemento asfáltico en la planta de asfalto) y de extensión y compactación de dichas mezclas en el laboratorio, de manera aproximada. En la figura 2 se presenta una curva típica de evolución de la viscosidad con la temperatura. De acuerdo con la norma ASTM D 6925, la viscosidad de laboratorio requerida para obtener la temperatura de fabricación y de compactación para mezclas asfálticas de tipo denso es de  $85 \pm 15$  SSF = 170 cp y  $140 \pm 15$  SSF = 280 cp respectivamente (para el caso de la figura 2 estas temperaturas son de 142°C y 133°C respectivamente).

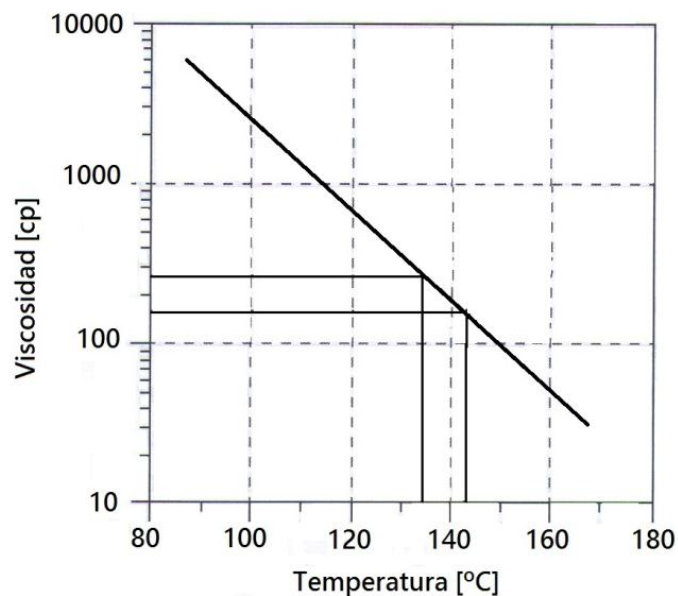


Figura 2. Evolución de viscosidad con la temperatura. Por Rondón y Reyes (2015)

Es importante resaltar que la temperatura de compactación en obra no puede determinarse de la misma forma como se hace en laboratorio, ya que se hace necesario realizar tramos de prueba en donde se evalúe el efecto del equipo de compactación (tipo, magnitud de carga, número de pasadas, entre otros) y de las condiciones propias de la obra (condiciones climáticas y de humedad, entre otras).

### **Cemento asfáltico modificado**

Las propiedades físico-mecánicas, químicas y reológicas de las mezclas asfálticas se modifican con la adición de polímeros u otros productos al asfalto. Cuando se utiliza esta metodología se pretende mejorar el comportamiento que experimentan las mezclas tradicionales cuando son sometidas a diferentes condiciones de carga y del medio ambiente. Las propiedades que se intentan mejorar, por lo general, son la rigidez y la resistencia bajo carga monotónica, el ahuellamiento, a la fatiga y al envejecimiento, así como disminuir la susceptibilidad térmica y el daño por humedad. Cuando es necesario que la superficie de la carretera posea una vida útil más larga de lo normal o en aplicaciones especializadas que permiten espesores más delgados de capas asfálticas o disminuir dichos espesores es frecuente el uso de esta tecnología.

Los requisitos mínimos de calidad que deben cumplir los cementos asfálticos modificados en Colombia se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. *Requisitos mínimos de calidad del cemento asfáltico modificado.*

Ensayo	Método	Unidad	Tipo I		Tipo IIa		Tipo IIb		Tipo III		Tipo IV		Tipo V	
			Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Penetración (25 °C, 100 g, 5 s)	INV E-706	0.1 mm	55	70	55	70	55	70	55	70	80	130	15	40
Punto de ablandamiento	INV E-712	°C	58	.	58	-	58	.	65	-	60	.	65	-
Ductilidad (25 °C, 5 cm/min)	INV E-702	Cm	-	-	15	-	15	-	15	-	30	-	-	-
Recuperación elástica por torsión a 25°C	INV E-727	%	15	-	40	-	40	-	70	-	70	-	15	-
Estabilidad al almacenamiento	INV E-726	No se exigirá este requisito cuando los elementos de transporte y almacenamiento estén provistos de un sistema de homogeneización adecuado, aprobado por el interventor												
Diferencia en el punto de ablandamiento	INV E-712	%	-	5	-	5	-	5	-	5	-	5	-	5
Contenido de agua	INV E-704	%	-	0.2	-	0.2	-	0.2	-	0.2	-	0.2	-	0.2
Punto de ignición	INV E-709	°C	230	-	230	-	230	-	230	-	230	-	230	-
<b>Residuo del ensayo de pérdida por calentamiento en película delgada en movimiento (INV E-720-13)</b>														
Pérdida de masa	INV E-720	%	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	0.8
Penetración al residuo en % de la penetración original	INV E-706	%	65	-	50	-	65	-	65	-	60	-	70	-
Incremento en el punto de ablandamiento	INV E-712	°C	-	10	-	10	-	10	-	10	-	10	-	10
Ductilidad al residuo (25 °C, 5cm/min)	INV E-702	Cm	-	-	8	-	8	-	8	-	15	-	-	-

Nota. Adaptada de Invias. Art.414. Especificaciones del asfalto modificado con polímeros

### **Emulsiones asfálticas**

**Riego de imprimación.** Consiste en la aplicación de un ligante asfáltico (CRL-0, CRL-1, o asfalto líquido MC-30) sobre una superficie no bituminosa, con el objeto de prepararla para recibir cualquier otro tratamiento asfáltico. Su función principal es adherir la base granular a la carpeta asfáltica e impermeabilizar.

**Riego de liga.** Se define como la aplicación de un ligante asfáltico (CRR-1, CRR-2, CRR-1m, CRR-2m) sobre una capa bituminosa, con el objeto de lograr buena adherencia con otra capa de mezcla asfáltica que se construya encima, para evitar que trabajen en forma independiente y se presenten desplazamientos de la capa superior sobre la inferior.

### **Mezclas asfálticas**

Las mezclas asfálticas son la combinación de agregados pétreos y un ligante asfáltico. Se elaboran normalmente en plantas mezcladoras, pero en algunos casos puede fabricarse in situ.

**Concreto asfáltico.** En Colombia estas mezclas son conocidas como MDC (mezclas densas en caliente), MSC (mezclas semidensas en caliente), MGC (mezclas gruesas en caliente) y MAM (mezclas de alto modulo) (Invias, 2013, artículo 450-13). Presentan agregados pétreos con granulometría bien gradada y con tamaños de partículas sólidas diferentes (gravas, arenas, finos, llenante mineral), mezcladas con cemento asfáltico. Estas mezclas deben fabricarse, extenderse y compactarse a alta temperatura (fabricarse entre 140 y 180 °C aproximadamente, dependiendo de la viscosidad del asfalto). Se caracterizan por presentar un bajo contenido de vacíos con aire en volumen (entre 3% a 9% por lo general). El agregado pétreo debe satisfacer los requisitos de granulometría presentado en la Tabla 3.

Tabla 3. *Granulometría de mezclas de concreto asfáltico.*

Tamiz		Porcentaje que pasa							MAM-25
Normal	Alternativo	MDC-25	MDC-19	MDC-10	MSC-25	MSC-19	MGC-38	MGC-25	
37.5 mm	1 1/2"	-	-	-	-	-	100	-	-
25.0 mm	1 "	100	-	-	100	-	75-95	100	100
19.0 mm	3/4"	80-95	100	-	80-95	100	65-85	75-95	80-95
12.5 mm	1/2"	67-85	80-95	-	65-80	80-95	47-67	55-75	65-80
9.5 mm	3/8"	60-77	70-88	100	55-70	65-80	40-60	40-60	55-70
4.75 mm	No.4	43-59	49-65	65-87	40-55	40-55	28-46	28-46	40-55
2.00 mm	No.10	29-45	29-45	43-61	24-38	24-38	17-32	17-32	24-38
425 µm	No.40	14-25	14-25	16-29	9-20	9-20	7-17	7-17	10-20
180 µm	N0.80	8-17	8-17	9-19	6-12	6-12	4-11	4-11	8-14
75 µm	No.200	4-8	4-8	5-10	3-7	3-7	2-6	2-6	6-9

Nota. Adaptada de Invias. Art.450. Franjas granulométricas para mezclas asfálticas en caliente de gradación continua

El diseño de este material, cuando el tamaño máximo de partícula del agregado pétreo es 1", se realiza por medio del ensayo Marshall (INV E-148-13), teniendo en cuenta los criterios que se presentan en la Tabla 4. En este ensayo se mide la composición volumétrica y la resistencia de la mezcla bajo carga monotónica a través de la relación estabilidad y flujo, con el fin de determinar el porcentaje óptimo de asfalto que debe presentar la mezcla para desarrollar en teoría su mejor comportamiento. La estabilidad puede ser entendida como la máxima carga monotónica que es capaz de resistir una briqueta de 1200 g de masa y dimensiones de 4" de diámetro y 2.5" de altura a altas temperaturas de servicio (60 °C) en el aparato Marshall, mientras que el flujo es el desplazamiento que experimenta en el momento de la falla (cuando en el ensayo se alcanza el valor de la estabilidad).

Tabla 4. *Criterios de diseño para concreto asfáltico (ensayo Marshall)*

Características	Norma de ensayo INV.	MDC, MSC, MGC			MAM	
		NT1	NT2	NT3		
Compactación (golpes/cara)	E-748	50	75	75	75	
Estabilidad mínima [N]	E-748	5000	7500	9000	15000	
Flujo [mm]	E-748	2-4	2-4	2-3.5	2-3	
Estabilidad/flujo [kN/mm]	E-748	2-4	3-5	3-6	-	
Vacíos con aire (Va) [%]	Rodadura	3-5	3-5	4-6	-	
	Intermedia	E-736, 799	4-8	4-8	4-7	4-6
	Base	-	5-8	5-8	4-6	
Vacíos en los agregados (VAM) [%]	Mezclas 38 mm		≥ 13	≥ 13	≥ 13	-
	Mezclas 25 mm	E-799	≥ 14	≥ 14	≥ 14	≥ 14
	Mezclas 19 mm		≥ 15	≥ 15	≥ 15	-
	Mezclas 10 mm		≥ 16	≥ 16	≥ 16	-
Vacíos llenos de asfalto (VFA) [%] para rodadura e intermedia	E-799	65-80	65-78	65-75	63-75	
Relación llenante/asfalto efectivo en peso	E-799		0.8-1.2		1.2-1.4	
Concentración de llenante, valor máximo	E-745		Valor crítico			
Espesor promedio de película de asfalto, mínimo μm	E-741	7.5	7.5	7.5	7.5	

Nota. Adaptada de Invias. Art.450. Criterios para el diseño preliminar de la mezcla asfáltica en caliente de gradación continua por el método Marshall

### Propiedades de mezclas de asfalto y agregado

El asfalto se puede combinar con una amplia variedad de agregados para producir económicamente carpetas adecuadas para cada una de las capas de la estructura de pavimento flexible.

Algunas de las propiedades de asfalto que afectan las mezclas son:

- Es un material impermeable, que previene la pérdida de estabilidad en la mezcla en condiciones adversas de humedad.

- Es dúctil, por lo que le da resiliencia y flexibilidad controlable a la capa asfáltica, permitiendo el paso de las ruedas cargadas sin fractura y exponiéndose a rangos amplios de temperatura sin agrietarse. Por esta característica, los pavimentos asfálticos se denominan pavimentos flexibles.

- Es un pegante fuerte que liga firmemente la mezcla compactada, haciéndola una estructura estable.

- No se deja atacar por la mayor parte de los ácidos ni por la sal.

Estas propiedades del asfalto y la disponibilidad de equipos de construcción eficientes hacen posible la construcción de mezclas asfálticas de las siguientes características:

- El tipo y espesor pueden variarse para cumplir con los requisitos de diseño. La mezcla puede colocarse y extenderse en una serie de capas para lograr el espesor deseado.

- Por el uso de agregados aceptables, fáciles de conseguir localmente, la mezcla puede producirse en una amplia variedad de tipos y gradaciones del agregado, lográndose así una gran economía.

- Puede controlarse de manera detallada la producción de la mezcla para obtener cualquier gradación y contenido de asfalto que se desee, consiguiéndose así uniformidad en la construcción.

- Dentro de una tolerancia tan estricta que provea un pavimento terso y seguro, la superficie terminada puede construirse sin el uso de formaletas.

- No se necesitan juntas de expansión, por su ductilidad y flexibilidad.

- No se requieren tratamientos post construcción (curación, por ejemplo), por lo

cual estos pavimentos se pueden dar el tráfico rápidamente. Además, la construcción es una operación relativamente rápida y continua

- Pasando desde una construcción de alto costo para trabajo pesado hasta una construcción de bajo costo para trabajo ligero, Los diseños del pavimento pueden desarrollarse de acuerdo con las necesidades técnicas.
- Las capas sucesivas se vuelven una parte integral de la estructura total del pavimento, ya que cada una de las capas de pavimento puede pegarse en forma concienzuda y permanente a todos los otros tipos de superficie, horizontal y verticalmente. Las juntas de construcción pueden dejarse casi invisibles.

Por consiguiente, el pavimento asfáltico es el que mejor se presta para la construcción por etapas, la reconstrucción, la recuperación y el reciclaje, involucrando la ampliación, el fortalecimiento y la rehabilitación de pavimentos existentes que se han vuelto obsoletos por el incremento de las demandas de tráfico. (Morales, 2015)

### **Fresado**

Remoción del material de una capa asfáltica superficial empleando puntas de carburo montadas en un tambor rotatorio. Esta técnica se suele combinar con la colocación de una sobrecapa para compensar la pérdida de espesor que origina. El material fresado se acopia para utilizarlo en la elaboración de nuevas mezclas asfálticas en caliente.

## Capítulo 4

### Desarrollo del plan de trabajo

A lo largo de la práctica, como auxiliar de obra del Departamento de Obras de Construcción, se desarrollaron actividades como:

- Elaborar el plan de calidad de las obras en ejecución y mantenerlos actualizados.
- Realizar inspecciones continuas a las obras en ejecución y entregar reporte al Director de obra.
- Participar en los comités de obra que sean convocados por el Director de obra.
- Supervisión del cumplimiento de las actividades asignadas y de los controles de calidad.
- Realizar toma de medidas y control de cantidades en campo.
- Rendir informes que se requieran (avances de obra, bitácoras, planes de calidad).
- Elaborar las actas de corte de obra con memorias.

El plan de calidad, en su numeral 9, menciona los registros que se deben mantener actualizados como evidencia de que los procesos de realización y el producto resultante cumplen los requisitos. Estos son:

TECNO F-OC-10 Presupuesto y cantidades de obra

TECNO F-OC-11 Diagrama de programación e inversión

TECNO F-OC-12 Acta de corte de obra con memorias

### **Control diario de mezclas asfálticas en caliente**

En la planta de Tecnopavimentos S.A, el laboratorista toma muestras diarias de cada tipo de mezcla que se despacha y realiza los respectivos ensayos descritos en las Normas de ensayo de materiales de INVIAS. Estos son:

- Análisis granulométrico INV-E 123 y E-782
- Extracción cuantitativa de asfalto INV-E 732
- Gravedad específica máxima teórica (Gmm) INV-E 735
- Densidad de mezclas asfálticas compactadas INV-E 733
- Resistencia de mezclas asfálticas, método Marshall INV-E 748
- Vacíos de aire en mezclas asfálticas compactadas INV-E 736

Con el fin de hacer el respectivo control de calidad de la mezcla producida en planta, se verifica que se cumplan los criterios de diseño de la mezcla asfáltica en caliente por el método Marshall establecidos por la tabla 450.4 y los criterios de comprobación del diseño volumétrico de la fórmula de trabajo de la tabla 450.5 del artículo 450 de las Especificaciones técnicas INVIAS 2007, ya que es por esta norma que se diseña la fórmula de trabajo de la mezcla en caliente. En este informe, dichos criterios se muestran en la Tabla 4. Criterios de diseño para concreto asfáltico (ensayo Marshall).

En el formato TECNO CP-01 Control diario de calidad mezcla asfáltica en caliente (Apéndice A) se entrega un Resumen de parámetros óptimos de diseño de mezcla densa en caliente, verificando que las características: Compactación, contenido de asfalto, estabilidad mínima, flujo, relación estabilidad flujo, vacíos con aire y relación llenante/ligante, tanto de los resultados de los ensayos tomados a la muestra como del

informe técnico de diseño entregado por Humberto Quintero O y Cía. SCA cumplen con las especificaciones INVIAS 2007.

Humberto Quintero O y Cía. SCA, es la empresa que suministra el cemento asfáltico del tipo 60-70 y Modificado tipo IIa para elaborar la mezcla densa en caliente respectiva y la emulsión asfáltica de rompimiento rápido. Cada lote de asfalto que transportan hasta la planta de Tecnopavimentos S.A cuenta con el certificado de calidad del producto, en el cual entregan resultados de los ensayos correspondientes a las especificaciones del cemento asfáltico de la tabla 410-1 del artículo 410 o las especificaciones del asfalto modificado con polímeros de la tabla 414-1 del artículo 414 de INVIAS 2013 según sea el caso, y la curva reológica. A su llegada, se almacena en los tanques adecuados para tal fin en la planta.

Por otra parte, el agregado pétreo proveniente de Pescadero se almacena en un sitio destinado en la planta para luego ser triturado y utilizado en la producción de mezclas asfálticas.

### **Actas de corte de obra**

Para poder facturar a la entidad contratante, es necesario realizar actas de corte de obra. Con las memorias de cantidad de obra ejecutada se elabora cada acta, utilizando el formato TECNO F-OC-12 Acta de obra parcial. Posteriormente, el Director de obra de Tecnopavimentos S.A revisa las memorias de cantidades de cada ítem del contrato ejecutado y se envía al ingeniero encargado por parte del contratante para que apruebe el acta. Por último, se entrega el acta al Departamento de Compras para facturar.

El 31 de diciembre de 2016, se hizo corte de obra en todos los contratos porque a partir del 1 de enero de 2017 entró en vigencia una nueva reforma tributaria, en la que se grava el asfalto con la tarifa del diecinueve por ciento (19%), insumo que anteriormente estaba excluido de IVA. Por tal motivo, fue necesario enviar oficios a las Constructoras y Consorcios con los cuales se tenían contratos vigentes informando el incremento del mismo porcentaje al valor de todos los ítems cuyo insumo sea asfalto.

### **Mediciones en campo**

En conjunto con la residente o cuando ella no estaba presente, la auxiliar era la encargada de tomar las medidas respectivas para hacer el pedido de mezcla a la planta. Generalmente, esta tarea se hace con anterioridad para hacer la programación; cuando no es así, se hace a primera hora del día utilizando flexómetro o decámetro para tomar anchos y longitudes del tramo a pavimentar. Con el espesor solicitado por el contratante, las medidas tomadas y el porcentaje de expansión que depende del tipo de mezcla (24% para MDC-2 y 26% para MDC-3), es posible calcular el volumen en metros cúbicos (m<sup>3</sup>) de mezcla para pedir a la planta.

En reiteradas veces, se comprobaba mediante la regla de tres metros (3 m) colocada paralela y normalmente al eje de la vía que la superficie entregada por el contratante presentaba variaciones mayores a diez milímetros (10 mm), es decir, no era uniforme, y como éstas no eran corregidas por el contratante, era necesario hacer nivelaciones con mezcla; por consiguiente, a medida que se avanzaba con la pavimentación era evidente que la mezcla pedida a la planta no era suficiente o por el

contrario, se excedía. Por esta razón, a lo largo del día se tomaban otras mediciones para verificar si se cambiaba o no el pedido a la planta y de esta forma, ejecutar lo proyectado.

Para no tener inconvenientes con el contratante por diferencia de cantidades, se creó el formato TECNO F-OC-13 Reporte de Cantidades de ejecución en obra (Apéndice B), en el cual se registra la descripción detallada de las actividades realizadas en el día con firma de quien autorizó.

### **Seguimiento y control de obra**

La auxiliar de obra, reparte tareas a la cuadrilla de un (1) maestro y seis (6) ayudantes para ejecutar lo programado para cada día y supervisa que se cumplan eficientemente, al tiempo que vela por la seguridad y salud de cada trabajador.

Posteriormente, se encarga de recibir cada volqueta que llega a la obra, verificando el tipo y cantidad de material transportado y la temperatura y hora de salida de planta en el recibo que entrega cada conductor. De esta forma, se lleva el control de la mezcla que se va instalando. Según INVIAS, la temperatura máxima de la mezcla al salir del mezclador no debe ser mayor a ciento sesenta y cinco grados (165°C) en las plantas de tambor-secador.

Durante la instalación se verifica utilizando termómetro que la temperatura de la mezcla en la descarga y la temperatura de compactación estén dentro del rango de la curva reológica recomendada por el fabricante del asfalto. Asimismo, que el espesor de la capa sea el solicitado por el contratante y que se instale una capa uniforme sin resaltos o irregularidades.

En las obras que se mencionarán, las actividades contratadas son de pavimentación, en donde el contratante se compromete a entregar una superficie lisa y uniforme para la colocación de mezcla asfáltica en caliente, exenta de materia orgánica, terrones de arcilla o cualquier otra sustancia nociva, cumpliendo el grado de compactación aceptado por interventoría, libre de obstáculos para el tránsito de la maquinaria y encerrada para que evitar interferencias con los trabajos que se estén llevando a cabo.

De igual forma, a medida que se ejecutaba la obra y se enviaban las actas de corte con su respectiva factura, también se enviaban oficios en los cuales se hacía la entrega de los resultados de los ensayos en el Control diario de calidad de la mezcla asfáltica en caliente realizado en planta o en otros laboratorios si el contratante lo solicitaba.

**Consortio Vías Girón.** El objeto del contrato suscrito entre Pedro Mauricio Beltrán Dulcey, representante legal de Consortio Vías Girón y Milton Villarreal Murillo, representante legal de Tecnopavimentos S.A es: "Obras de pavimentación para el mantenimiento, mejoramiento y rehabilitación de la malla vial urbana zona III sector oriente del municipio de Girón - Santander".

CONTRATANTE: CONSORCIO VIAS GIRON

NIT: 901.018.618-9

Dirección: CARRERA 11 # 33 – 36

Teléfono: (057) 6422211

CONTRATISTA: TECNOPAVIMENTOS S.A

NIT: 804.010.366-1

Dirección: Carrera 34 No. 37 - 07, Tercer piso

Teléfono: (057) 6356313.

El plazo del contrato estipulado por el contratante es de seis (6) meses. Fecha de inicio: Diciembre de 2016 y Fecha de terminación: Mayo de 2017.

El CONTRATISTA ejecuta para el CONTRATANTE, las obras objeto del contrato a los precios unitarios y a las cantidades aproximadas que se convienen como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. *Cantidades aproximadas de las objeto del contrato con Consorcio Vías Girón*

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1			
1.1	Demolición y remoción de pavimento flexible. Incluye retiro e=0.12m	M2	1571,87
2			
2.1	Fresado pavimento asfaltico e=5 a 12cm	M2	1749,85
2.2	Conformación calzada existente	M2	4875,61
2.3	Subbase granular	M3	587,04
2.4	Base granular	M3	995,72
3	<b>PAVIMENTO ASFALTICO</b>		
3.1	Riego de imprimación con emulsión asfáltica	M2	6029,67
3.2	Mezcla densa en caliente tipo MDC-10	M3	606,50
3.3	Mezcla densa en caliente tipo MDC-19	M3	615,37

<b>4 MAQUINARIA</b>			
4.1	Alquiler de Retro excavadora stanby 5 horas día	DIA	66,00
4.2	Alquiler Compresor stanby 6 horas día	DIA	66,00
4.3	Alquiler de Volqueta Dodge Capacidad 7m3	DIA	88,00
4.4	Transporte de Retroexcavadora (Ida y vuelta)	UND	1,00
4.5	Transporte de Fresadora (Ida y vuelta)	UND	1,00
4.6	Transporte de Compresor (Ida y vuelta)	UND	1,00

Nota. Tomada del contrato suscrito entre Tecnopavimentos S.A. y Consorcio Vías Girón

Las especificaciones técnicas del presente contrato están dadas por el contratante en la siguiente tabla:

Tabla 6. *Especificaciones dadas por el contratante (Consorcio Vías Girón)*

Descripción	Espesor (cm)
Fresado de pavimento asfáltico	7
Mezcla densa en caliente tipo MDC-19	8
Mezcla densa en caliente tipo MDC-10	4

El suministro y aplicación de la mezcla asfáltica se va programando semanalmente con previo aviso del contratante.

Los ítems de demolición y remoción de pavimento flexible y conformación de calzada existente no se ejecutarán por acuerdo con el CONTRATANTE.

La obra está localizada al oriente del municipio de Girón, Santander, en el barrio San Jorge (Carrera 17 y Calle 22) y es una sola calzada de dos carriles, uno por cada

sentido de circulación. El acceso a la zona puede ser por la Av. Los Caneyes o por el Anillo Vial.



*Figura 3. Localización Obra San Jorge (Google Maps, 2017)*

El carril derecho no tiene estructura, por lo que se realiza fresado, el contratante nivela con base y posteriormente se recibe para imprimación y pavimentación. Mientras que para el carril izquierdo, es necesario demoler, el contratante conforma la estructura y se recibe para imprimación y pavimentación.

La obra se inició con la demolición de un tramo del carril izquierdo y la pavimentación del mismo y se reanudaba a medida que el contratante llamaba, es decir, que la obra no tuvo un ritmo constante de trabajo debido a que antes se debían ejecutar una serie de actividades por parte del contratante para así proceder con las actividades de pavimentación definidas en el contrato.

Se realizaron cinco (5) cortes de obra a medida que se ejecutaba la obra. El primero con fecha del 21 de noviembre al 15 de diciembre, el segundo del 16 al 31 de

diciembre de 2016, el tercero del 1 al 31 de enero, el cuarto del 1 al 28 de febrero y el quinto del 1 al 31 de marzo de 2017.

Las actividades ejecutadas parcialmente a la fecha de la última acta son:

- Demolición y remoción de pavimento asfáltico
- Fresado de pavimento asfáltico
- Riego de imprimación con emulsión asfáltica sobre base y sobre pavimento
- Suministro e instalación de mezcla densa en caliente tipo MDC-19 y MDC-10
- Alquiler y transporte de maquinaria
- Ensayos de densidad

La disponibilidad de los equipos para el presente proyecto de construcción ha estado condicionada al plan de trabajo y cronograma de actividades y programación de obra del contratante.

Los equipos empleados son:

- Un (1) Carro tanque de agua e irrigador de asfalto

Capacidad agua: 1200 Gal

Capacidad ligante: 400 Gal

- Un (1) Compactador manual vibratorio (rana)

Potencia: 6.0 HP

- Un (1) Compresor de aire móvil INGERSOLL RAND P185BIR AIRSOURCE

Capacidad: 185 CFM

Potencia: 62.4 HP

- Un (1) Compactador neumático CATERPILLAR PS150B

Peso en orden de trabajo: 12943.3 kg

Potencia bruta del motor: 70 HP

Ancho de compactación: 1750 mm

- Una (1) Pavimentadora de asfalto (finisher) BLAW KNOX PF 855

Capacidad de la tolva receptora:

Peso estático: 7000 Kg

Potencia Nominal del Motor: 36.1 kW

- Un (1) Compactador de asfalto VOLVO CR30

Peso operativo: 2978 Kg

Potencia Nominal del Motor: 31.4 kW

Ancho de rodillo o rodadura: 1320 mm

- Una (1) Fresadora de pavimento WIRTGEN W 1000 L

Peso: 13.1 t

Rendimiento del motor: 129 kW

Anchura de corte: 1.0 m

Profundidad de corte: 250 mm

- Tres (3) Volquetas

**Registro fotográfico.** A continuación se presenta el registro fotográfico que se hace de las actividades que se van ejecutando.

Las Figuras 4 y 5 muestran la limpieza que se hace con escobas y compresor mecánico en la carrera 17 del barrio San Jorge de Girón.



*Figura 4.* Limpieza (San Jorge). Elaboración propia.



*Figura 5.* Soplado (San Jorge). Elaboración propia.

La Figura 6 muestra la aplicación del ligante bituminoso con una concentración del 60% sobre la base granular.



*Figura 6.* Riego de imprimación asfáltica (San Jorge). Elaboración propia.

Por las condiciones de la obra, la aplicación de la mezcla se efectuó por partes, al igual que el riego, por lo tanto, existe una superposición de este último a lo largo de la junta transversal como se muestra en la Figura 7.



*Figura 7.*Superficie imprimada (San Jorge). Elaboración propia.

La Figura 8 muestra la extensión de la mezcla, la cual se hace por franjas debido al equipo de pavimentación que se utiliza. Asimismo, se hace por capas, ya que el diseño de la estructura contempla una capa de rodadura con MDC-19 y MDC-10.



*Figura 8.* Extensión de la mezcla tipo MDC-10 (San Jorge). Elaboración propia.

Como se mencionaba anteriormente, se comprobaba que la superficie entregada por el contratante no era uniforme. La Figura 9 hace parte del registro fotográfico que se guarda para respaldar el exceso de mezcla que se instalaba en re nivelación.



*Figura 9.* Evidencia de base por re nivelar (San Jorge). Elaboración propia.

La Figura 10 muestra la compactación en una junta longitudinal que se hace con un compactador vibratorio de rodillo de tres (3) toneladas de peso operativo.



*Figura 10.* Compactación (San Jorge). Elaboración propia.

La Figura 11 muestra la capa terminada de mezcla asfáltica en caliente MDC-10 que presenta una capa uniforme. El contratante es el responsable de la apertura al tránsito después de que la capa haya alcanzado la temperatura ambiente en todo su espesor.



*Figura 11. Superficie pavimentada (San Jorge). Elaboración propia.*

**Tercer Carril.** Las obras de tercer carril se ejecutaron por dos contratos, uno suscrito entre CONSTRUCTORA VALDERRAMA y TECNOPAVIMENTOS S.A. y otro entre CONSORCIO VIAL PUERTA DEL SOL y TECNOPAVIMENTOS S.A. Los contratos tienen como objeto el desarrollo o ejecución de la “CONSTRUCCION PARA LA APLICACIÓN DE MEZCLA DENSA EN CALIENTE PARA EL PROYECTO AMPLIACION DE ESTRUCTURA VIAL AUTOPISTA BUCARAMANGA – FLORIDABLANCA (TRAMO 2 y 3)”.

La Tabla 7 muestra la cotización solicitada por la CONSTRUCTORA VALDERRAMA para la ejecución del objeto del contrato.

Tabla 7. *Términos de la cotización dada por Tecnopavimentos S.A. a Constructora Valderrama*

Código	Nombre	Unid
60141	Riego de imprimación con emulsión asfáltica	m2
60142	Mezcla densa en caliente tipo MDC-2 con asfalto modificado	m3
60143	Mezcla densa en caliente tipo MDC-3	m3

Nota. Tomada del contrato suscrito entre Tecnopavimentos S.A. y Constructora Valderrama

Adicional a las actividades cotizadas, surgieron ítems no previstos, nombrados a continuación:

- Riego de liga CRR-1
- Mezcla densa en caliente MDC-3 con asfalto modificado
- Mezcla densa en caliente MDC-3 + 0.5% de asfalto
- Fresado de pavimento asfáltico
- Lavado
- Barrido

Para el 14 de diciembre de 2016, las obras de tercer carril ya estaban por finalizar, ya que estaba por cumplirse el plazo estipulado por la Gobernación de Santander para la entrega de la obra a la ciudad.

Entre el 14 y el 31 de diciembre, se hizo la pavimentación en un tramo de la autopista Bucaramanga-Floridablanca, inmediatamente después del Viaducto García Cadena hasta Telebucaramanga, el viaducto García Cadena, la entrada a Diamante II, un

tramo de la Carrera 29 desde el CAI Viaducto hasta el deprimido en la Carrera 24 (eje 23), la entrada a San Martín por la Carrera 29 (eje 58) y unos tramos de los carriles exclusivos del Metrolínea.

Los espesores de carpeta dependen del sector y del tipo de mezcla que se instala, y vienen dados como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. *Especificaciones dadas por el contratante (Constructora Valderrama)*

Descripción	Espesor (cm)	Tipo de mezcla
Autopista Bucaramanga- Floridablanca	10	MDC-2 con asfalto modificado
Telebucaramanga	11	
Viaducto García Cadena	5	MDC-3 con asfalto modificado
Eje 23	8	MDC-2 con asfalto
Eje 58	8	modificado
Deprimido	8	
Carril exclusivo Metrolínea	5	MDC-3 + 0.5% de asfalto

En casi todas las zonas donde se pavimentó, las operaciones se desarrollaban con la vía abierta al tránsito público y el plan de control de tránsito era implementado por el contratante.

En el Apéndice 3, se presenta un plano del proyecto con los sectores resaltados con color en donde se pavimentó desde el 14 de diciembre al 30 de diciembre de 2016.

El 31 de diciembre de 2016 se hizo corte de obra para los dos contratos y se elaboraron las respectivas actas para facturar.

A principio del año 2017, se pavimentaron tramos faltantes del carril exclusivo de Metrolínea y de la autopista en ambos sentidos. Así mismo, se fresó otros tramos de la

autopista que debían empalmar con las losas de concreto MR del carril exclusivo de Metrolínea. A partir de enero, se elaboraron cortes de obra mensual y por decisión del contratante todo se facturaba al CONSORCIO VIAL PUERTA DEL SOL.

Los equipos empleados en la obra son:

- Un (1) Carro tanque de agua e irrigador de asfalto

Capacidad agua: 1200 Gal

Capacidad ligante: 400 Gal

- Un (1) Compactador manual vibratorio (rana)

Potencia: 6.0 HP

- Un (1) Compresor de aire móvil INGERSOLL RAND P185BIR AIRSOURCE

Capacidad: 185 CFM

Potencia: 62.4 HP

- Una (1) Pavimentadora de asfalto (finisher) MAULDIN 1750-C

Capacidad de la tolva receptora: 8 T

Peso: 4500 lb

Potencia Nominal del Motor: 99 HP

- Un (1) Compactador de asfalto INGERSOLL RAND DD-65

Peso operativo: 14620 lb

Potencia Nominal del Motor:

Ancho de rodillo o rodadura: 1397 mm

- Un (1) Compactador neumático CATERPILLAR 150B

Peso en orden de trabajo: 12943.3 Kg

Potencia bruta del motor: 70 HP

Ancho de compactación: 1750 mm

- Una (1) Fresadora de pavimento WRITGEN W 1000 L

Peso: 13.1 T

Rendimiento del motor: 129 kW

Anchura de corte: 1.0 m

Profundidad de corte: 250 mm

- Tres (3) Volquetas

En ocasiones, se contaba con la disponibilidad de un número mayor de volquetas porque la programación así lo requería.

***Registro fotográfico.*** A continuación se presentan algunas fotografías tomadas durante la ejecución de las obras del Tercer Carril.

La Figura 12 se muestra la superficie imprimada de un carril de la Autopista Bucaramanga-Floridablanca sentido sur-norte junto a la losa de concreto MR del carril exclusivo de Metrolínea.



*Figura 12.* Superficie imprimada en Autopista Bucaramanga-Floridablanca (Tercer Carril).

Elaboración propia.

Antes de iniciar con la extensión de la mezcla, la Interventoría exigía que el borde de la capa extendida con anterioridad se cortara verticalmente con el fin de dejar al descubierto una superficie plana y vertical en todo su espesor. A dicho borde se le aplicaba una capa uniforme de riego de liga.

Las Figuras 13 y 14 muestran la extensión de la segunda capa de mezcla del carril que debe empalmar con la losa de concreto MR y la compactación de la misma, la cual se hacía al rango de temperatura entre 110°C y 150°C, recomendada por el fabricante, argumentando que el cemento asfáltico es elaborado y modificado en planta, por lo cual las temperaturas de compactación en obra son más bajas que las registradas en la curva reológica (145°C -153°C).



*Figura 13.* Extensión de la mezcla MDC-2 con asfalto modificado en Autopista Bucaramanga-Floridablanca (Tercer Carril). Elaboración propia.



*Figura 14.* Compactación de la mezcla en Autopista Bucaramanga-Floridablanca (Tercer Carril).  
Elaboración propia.

La Figura 15 muestra la superficie pavimentada con mezcla MDC-3+0,5% de asfalto de un tramo del carril exclusivo de Metrolínea. El diseño de esta estructura comprende una capa de 5 cm de MDC-3+0,5% de asfalto y losa de concreto MR de 25 cm de espesor.



*Figura 15.* Superficie pavimentada en Autopista Bucaramanga-Floridablanca (Tercer Carril).

Elaboración propia.

La Figura 16 muestra la superficie del deprimido que se construyó en concreto hidráulico como vía de salida del barrio Diamante II con riego de liga CRR-1.



*Figura 16.* Superficie con riego de liga en deprimido (Tercer Carril). Elaboración propia.

La Figura 17 muestra la extensión de la segunda capa de mezcla densa en caliente tipo MDC-2 con asfalto modificado. De igual forma, se puede observar a un niveletero haciendo la junta longitudinal para su posterior compactación mostrada en la Figura 18.



*Figura 17.* Extensión de la mezcla tipo MDC-2 con asfalto modificado en depresido (Tercer Carril).

Elaboración propia.



*Figura 18.* Compactación en depresido (Tercer Carril). Elaboración propia.

**Incomesa.** El objeto del contrato con Condominio Mesa de los Santos S.A.S es “SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE RIEGO DE LIGA CON EMULSION ASFALTICA CRR-1 Y MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-2, PARA LAS OBRAS LOCALIZADAS EN LA MESA DE LOS SANTOS”. Con duración de un mes.

TIPO DE CONTRATO: CONTRATO DE OBRA POR PRECIOS UNITARIOS

CONTRATANTE: CONDOMINIO MESA DE LOS SANTOS S.A.S

NIT: 900.916.920-8

Por el tipo de contrato, las cantidades son aproximadas y se convienen como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. *Cantidades de obra del contrato con Incomesa*

ITEM DE PAGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1	<b>OBRAS DE PAVIMENTACION</b>		
1.1	RIEGO DE IMPRIMACION CON EMULSION SOBRE BASE GRANULAR Y MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-2 E = 5 CM	M2	25804,00

Nota. Tomada del contrato suscrito entre Tecnopavimentos S.A. y Condominio Mesa de los Santos S.A.S.

Esta obra consiste en la pavimentación de trece calles y la calle principal de la segunda etapa del condominio. El contratante se compromete a entregar la estructura de pavimento a nivel de Base Granular.

Ya que el ítem de pago está en unidades de área porque el espesor es el mismo para todo el proyecto, el topógrafo del contratante nos indicaba en donde se comenzaba a

marcar cada calle con ancho de tres metros (3 m) conservando el eje de la banca. Para la calle principal, el ancho era de cinco metros (5 m).

Inicialmente, se hizo una visita al proyecto el sábado 28 de enero, donde se observó que en la calle principal había irregularidades en el eje de la vía, por el contrario, en las demás calles la superficie era lisa y uniforme. Se sugirió que humedecieran constantemente la superficie para que no se separaran los finos en los tramos con pendientes fuertes al paso de las volquetas. Asimismo, debían corregir hombros que estaban caídos extendiendo más base con motoniveladora.



*Figura 19.* Visita al Condominio Mesa de los Santos. Elaboración propia.

Posteriormente, se programó el transporte de la maquinaria para el lunes 30 de enero y se dio inicio a la pavimentación el martes 31 de enero de 2017.

Los equipos empleados en la obra son:

- Un (1) Carrotanque de agua e irrigador de asfalto

Capacidad agua: 1200 Gal

Capacidad ligante: 400 Gal

- Una (1) Pavimentadora de asfalto (finisher) MAULDIN 1750-C

Capacidad de la tolva receptora: 8 T

Peso: 4500 lb

Potencia Nominal del Motor: 99 HP

- Un (1) Compactador de asfalto VOLVO CR 30

Peso Operativo: 2978 Kg

Potencia nominal del motor: 42.1 HP

Ancho de rodillo o rodadura: 1320 mm

- Un (1) Compactador neumático MAULDIN 4700

Peso en orden de trabajo: 2 T

Potencia bruta del motor: 18 HP

Ancho de compactación: 99 cm

- Volquetas

Por la ubicación de la obra, era obligatorio que las volquetas transitaran por la vía a los Santos, en donde hay una báscula que mide y controla el sobrepeso de los vehículos que pasan por esa ruta. Por esta razón, las volquetas se cargaban con un porcentaje de su capacidad. Las volquetas sencillas transportaban cinco (5) metros cúbicos (m<sup>3</sup>) y las volquetas doble troque diez (10) metros cúbicos (m<sup>3</sup>) de mezcla.

La logística era clave cumplir con lo programado en Incomesa, desde contar con la disponibilidad de las volquetas hasta el hospedaje y alimentación de la cuadrilla y

operarios. Por tal motivo, se analizó los horarios de cargue y descargue de las volquetas para que en un día hicieran dos (2) viajes. El horario fue el siguiente:

Cargue #1:	6:30 – 7:10
Trayecto ida #1:	7:10 – 9:30
Descargue #1:	9:30 – 10:00
Trayecto regreso:	10:00 – 12:30
Cargue #2:	11:30 – 12:30
Trayecto ida #2	12:30 – 15:00
Descargue #2:	15:00 – 15:30

Por el volumen de mezcla que se debía instalar, se realizó una programación en la cual el objetivo era ejecutar el riego de imprimación antes de la llegada de la primera volqueta y colocar entre setenta (70) y ochenta (80) metros cúbicos (m<sup>3</sup>) diarios, por lo que se anticipó contratar otras volquetas para el transporte de la mezcla.

La ejecución del contrato se divide en dos partes: La primera que consistió en la pavimentación de aproximadamente tres (3) kilómetros entre las trece calles y la calle principal de la segunda etapa del Condominio tuvo una duración de ocho (8) días desde el 31 de enero hasta el 11 de febrero de 2017 en la que se instalaron más de seiscientos noventa (690) metros cúbicos (m<sup>3</sup>) sueltos de mezcla. La segunda consistirá en la pavimentación de la calle principal desde la entrada del Condominio hasta empalmar con la calle pavimentada de la segunda etapa y se llevará a cabo en el mes de Abril del presente año.

Al finalizar el día, junto con el topógrafo del contratante se tomaban las medidas de la mezcla instalada para hacer las memorias de cantidades para el acta de cobro.

Por otra parte, se hizo control diario de temperatura de llegada de la mezcla a la obra, tomando una medición de cada volqueta que llegaba, con el fin de asegurarse de que la temperatura de colocación de la mezcla garantice la trabajabilidad de la mezcla. El contratante determinó que era aceptable hasta 120°C. La Tabla 10 muestra el control de temperatura que se hizo a la mezcla en la tolva a la llegada de cada volqueta a la obra.

Tabla 10. *Control de temperatura de llegada de mezcla a la obra*

Fecha	Placa	Hora de llegada	Temperatura (°C)
-------	-------	-----------------	------------------

---

<b>Miércoles 1 de</b>	THX544	10:20	136
<b>febrero de 2017</b>	SSY423	11:25	132
	TTR725	12:20	124
	SOI951	12:34	152
	SRS282	12:55	148
	SRS277	14:40	142
	THX312	15:45	138
	SUE234	16:20	138
<b>Jueves 2 de</b>	THX512	09:40	138
<b>febrero de 2017</b>	SUE234	10:26	140
	THX344	11:00	146
	SOI951	11:30	142
	SSY423	11:50	140
	SRS277	12:15	148
	TTR725	12:34	148
	SRS282	12:44	146
	THX512	15:50	148
	SUE234	16:20	148
<b>Viernes 3 de</b>	SUE234	09:40	152
<b>febrero de 2017</b>	THX512	10:20	158
	THX544	10:50	142
	SOI951	11:04	140
	SRS282	11:30	150
	SSY423	11:54	150
	TTR725	12:08	142
	SRS277	12:20	147
	THX512	15:25	148
	THX544	15:50	150
<b>Sábado 4 de</b>	SUE234	09:30	146
<b>febrero de 2017</b>	SRS282	11:30	148
<b>Jueves 9 de</b>	SUE234	10:40	124
<b>febrero de 2017</b>	THX512	11:06	144
	THX544	11:28	150
	SQY145	11:55	150
	XLF762	12:18	122

---

	SOZ736	12:33	148
	THW912	12:53	150
	SOI951	14:46	148
	STA657	15:08	150
	SRS277	15:35	140
	SRS282	16:01	150
	SUE234	16:25	154
	THX512	16:52	148
<b>Viernes 10 de febrero de 2017</b>	THX512	09:45	144
	SUE234	10:10	142
	SKH365	10:40	146
	XLF762	10:58	140
	THX544	11:13	148
	SOI951	11:32	144
	THW912	12:32	148
	SSY423	12:47	148
	SRS282	14:40	142
	STA657	15:06	144
	SRS277	15:31	150
	THX512	15:50	152
	SUE234	16:21	146
	XLF762	16:40	140
<b>Sábado 11 de febrero de 2017</b>	SUE234	No se tiene registro	
	SRS282		
	XLF762		

La Figura 20 muestra la fotografía tomada al termómetro puesto en la mezcla dentro de la tolva.



*Figura 20.* Evidencia de toma de temperatura de mezcla en la tolva. Elaboración propia.

***Registro fotográfico.*** A continuación se muestra parte del registro fotográfico realizado en la obra.

La Figura 21 muestra la marcación del ancho de la vía, el cual se hizo con cal, como guía para ejecutar el riego de imprimación y la aplicación de la mezcla.



*Figura 21.* Marcación de la superficie (Incomesa). Elaboración propia.

La Figura 22 muestra una calle imprimada. Se decidió iniciar la pavimentación con las trece calles desde la última hasta la primera y regresar los equipos por la calle principal. El riego de imprimación era lo primero que se hacía en el día, después de humedecer la base, si no se alcanzaba a hacer el día anterior.



*Figura 22 .Superficie imprimada (Incomesa). Elaboración propia.*

La Figura 23 muestra la extensión de la mezcla en una de las trece (13) calles, la cual se hacía de modo que los equipos salieran a la calle principal.



*Figura 23. Extensión de la mezcla tipo MDC-2 (Incomesa). Elaboración propia.*

El vertido de la mezcla en la tolva pavimentadora, se realizaba pidiendo a los conductores de las volquetas que ingresaran a cada calle en reversa. De esta forma, se facilitaba la salida de las mismas.

La Figura 24 muestra la realización de una junta transversal, las cuales se hacían cuando la finisher terminaba de operar y se reanudaba con la aplicación de mezcla después de cierto tiempo.



*Figura 24.* Junta transversal (Incomesa). Elaboración propia.

La Figura 25 muestra la compactación con compactador de asfalto mixto de tres (3) toneladas de peso operativo.



*Figura 25 .Compactación de la mezcla (Incomesa). Elaboración propia.*

Las Figuras 26 y 27 muestran el producto final de las obras de pavimentación en la segunda etapa del Condominio Mesa de los Santos.



*Figura 26. Calle pavimentada (Incomesa). Elaboración propia.*



*Figura 27.* Vista de la segunda etapa del Condominio (Incomesa). Elaboración propia.

## Capítulo 5

### Recomendaciones

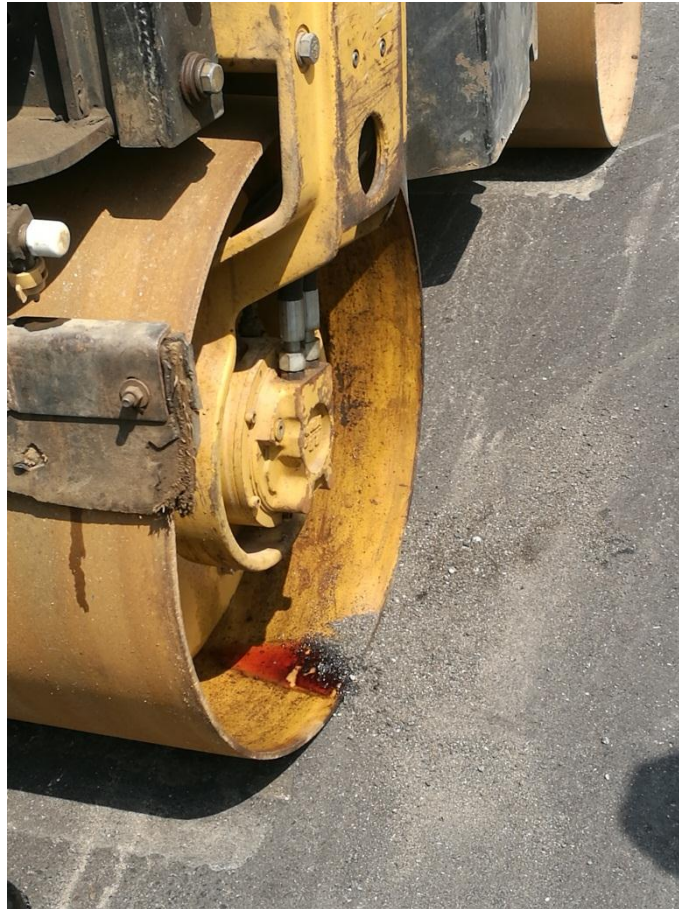
Con base en el proceso de construcción de pavimento flexible que se lleva a cabo en Tecnopavimentos S.A, se describe a continuación lo relacionado con la carpeta asfáltica en caliente con ciertas recomendaciones.

En todas las obras de pavimentación se implementan medidas de seguridad industrial para proteger al personal durante, no solamente las operaciones de extensión y compactación de la mezcla, sino también las actividades inherentes a ellas. Por lo tanto, se debe exigir el uso de tapabocas, guantes y casco a todos los trabajadores.

Cuando las operaciones se desarrollan con la vía abierta al tránsito público, el contratante es el responsable de implementar un plan de control de tránsito, dentro de éste se incluye personal con cargo de banderero o paletero, quienes son los responsables de la seguridad de conductores y empleados con conos, delineadores tubulares, barreras plásticas flexibles (maletines), cintas plásticas y paletas. Con ellos se debe estar en constante contacto, porque son los encargados de detener el tránsito para traslado de maquinaria, llegada de volquetas, entre otras tareas.

Por ningún motivo se puede permitir derrames de distintos derivados del petróleo como: gasolina, diesel, aceites y lubricantes sobre la capa de rodadura del pavimento porque la reblandecen y se comienza a desprender partículas de las mismas. Cuando esto suceda, se debe cubrir el área derramada con material absorbente (arena, cal) y una vez impregnado debe ser barrido y recogido. Tampoco se pueden dejar plásticos, telas sintéticas, cauchos, gomas, látex y demás, entre capas porque también es perjudicial para

el pavimento. La Figura 28 muestra el derrame de aceite de un compactador y el respectivo manejo que se hace.



*Figura 28.* Derrame de aceite y limpieza. Elaboración propia.

Según la norma, la extensión de la mezcla no se debe hacer cuando llueve porque la vaporización del agua existente en la superficie y la que va cayendo sobre la mezcla extendida provoca una pérdida brusca de temperatura. A su vez, afecta directa y significativamente la temperatura de compactación y la densidad de la capa y posiblemente una mezcla menos cohesiva y más porosa, de reducida durabilidad y poca resistencia. Pero en caso de que se esté extendiendo y comience a llover, es recomendable parar de extender, cubrir la volqueta con la carpa inmediatamente y esperar en un lugar

cubierto a que no llueva más. Posteriormente, se toma la temperatura de la mezcla y si ésta es aceptable para seguirla extendiendo, se procede a hacerlo. La Figura 29 muestra la aplicación de la mezcla bajo lluvia.



*Figura 29.* Extensión de la mezcla bajo lluvia. Elaboración propia.

Si ya ha parado de llover y se pretende extender la mezcla, lo ideal es utilizar la sopladora mecánica o compresor, escobas, traperos, esponjas y similares, para desalojar el agua de la superficie que se va a pavimentar y si es necesario, repetir el riego de imprimación, ya que la presencia de agua en la superficie provoca un efecto negativo en la adherencia de la nueva capa. Se debe evitar que el agua de la carpa de la volqueta pueda caer en la tolva al descargar la mezcla, por lo que es necesario retirarla antes. La Figura 30 muestra el secado con compresor de la superficie mojada después de la lluvia.



*Figura 30.* Secado de superficie mojada. Elaboración propia

Otra consideración importante es evitar que las volquetas ingresen a la superficie a pavimentar con barro en las ruedas, por lo que se debe procurar lavarlas como se muestra en la Figura 31.



*Figura 31. Lavado de las ruedas de volqueta. Elaboración propia*

### **Aseo y limpieza**

Previamente al riego de imprimación, se requiere el empleo de sopladoras mecánicas o compresor de aire y escobas para remover de la base el polvo, barro seco, suciedad y cualquier material suelto que pueda ser perjudicial y no permita que el riego se adhiera a la superficie. La Figura 32 muestra la limpieza que se hace con escobas en una superficie de fresado.



*Figura 32.* Limpieza de la superficie. Elaboración propia.

### **Extensión de riegos**

Los riegos de imprimación se aplican por medio de carrotanque irrigador de manera uniforme y constante, a la temperatura apropiada. Generalmente, se hace con una caldera regadora portátil con una extensión del carrotanque con boquilla de expansión.

Antes de esta actividad, se verifica que la base esté adecuadamente perfilada, compactada y que no tenga exceso de humedad. Por lo tanto, debe estar seca y limpia para humedecerla ligeramente antes del riego.

De igual forma, el riego de liga debe hacerse sobre una superficie limpia y para ambos riegos, proteger que sardineles u objetos cercanos sean salpicados con el riego como se muestra en la Figura 33.



*Figura 33.* Riego de liga. Elaboración propia.

El material bituminoso para el riego de imprimación es Emulsión asfáltica de rotura lenta tipo CRL-1 y cumpliendo la norma, se diluye en agua hasta que tenga una concentración aproximada de cuarenta por ciento (40%).

Por las condiciones de las obras, el riego se hace por franjas y a lo largo de las juntas longitudinales o transversales se hace superposición del riego a lo largo de ellas.

No se permite el tránsito o la colocación de la mezcla hasta que la superficie haya absorbido el ligante (según la norma, ocurre en 24 horas), y tampoco que el riego se haga con lluvia.

La Figura 34 muestra la extensión de riegos de imprimación.



*Figura 34.* Riego de imprimación. Elaboración propia.

Cuando el riego de imprimación se hace el mismo día que se va a extender la mezcla y no veinticuatro (24) horas antes, lo más seguro es que se levante cuando entre la volqueta a descargar la mezcla en la tolva, por lo que se recomienda extender o “ventear” una capa muy delgada de mezcla antes de que la volqueta pase por la superficie imprimada. De esta forma, se evita el contacto directo de las ruedas con los riegos.

### **Transporte de la mezcla.**

La mezcla se transporta desde la planta, en este caso, ubicada en el Km. 4 Vía Zapatoca, a la obra. Dependiendo de la distancia, se programa a determinada hora el cargue de las volquetas y el orden de llegada para que la mezcla esté en obra a la hora acordada. Por otra parte, se debe prever la forma en la que se hará el descargue a la tolva

de la pavimentadora, porque cuando el espacio es reducido, se debe facilitar la salida de las mismas cuando hayan descargado.

El transporte de las mezclas asfálticas se hace a través de volquetas, las cuales efectúan el vaciado por el extremo posterior del platón al ser levantado.

La superficie interna del platón se trata con ACPM con el fin de evitar la adherencia de la mezcla a ella y no alterar sus propiedades.

Se debe tener en cuenta las disposiciones sobre tránsito automotor a la hora de transportar mezcla, porque en Bucaramanga los vehículos con capacidad superior a 5 toneladas no pueden transitar por el perímetro urbano de lunes a sábado en el horario de 5 de la mañana a 8 de la noche. Por tal motivo, para ingresar a la ciudad en otro horario, se debe obtener un permiso especial de la Dirección de Tránsito de Bucaramanga.

Además, cuando las volquetas viajan cargadas, deben tener una carpa, la cual debe estar bien asegurada, que impida el vertido de la mezcla sobre las vías por las que circulen y que pierda temperatura por el aire o lluvia. Cuando se presenten lluvias, lo recomendable es buscar un parqueadero cubierto o una estructura donde el conductor pueda esperar a que pare de llover.

### **Vertido de la mezcla en la tolva de la pavimentadora**

Se vierte en la tolva de la máquina pavimentadora y se extiende en el ancho y el espesor apropiados según el diseño.

En la entrega, la volqueta retrocede derecho contra la pavimentadora y se detiene antes o cuando sus ruedas hagan contacto con los rodillos frontales de la pavimentadora. La caja del camión se eleva lentamente, para evitar la segregación de la mezcla.

La pavimentadora debe cargarse continuamente con suficiente mezcla y las volquetas no deben esperar mucho tiempo para descargar la mezcla en la tolva.

La Figura 35 muestra como la mezcla se transfiere de las volquetas a la tolva de la maquina pavimentadora circulando sobre superficies con riego de imprimación o liga, por lo que no se puede permitir que la volqueta posteriormente circule sobre mezcla colocada para que no la dañe o la levante.



*Figura 35. Vertido de mezcla en la tolva pavimentadora. Elaboración propia.*

### **Extensión de la mezcla.**

La mezcla se extiende con la máquina pavimentadora, diseñada para colocarla con la sección transversal proyectada sobre la superficie, en un ancho y un espesor determinados, y para proporcionarle una compactación inicial. Se deben tener en cuenta las especificaciones de la pavimentadora, puesto que dependiendo del modelo, varía su

ancho mínimo y ancho máximo de pavimentación, y eso determina si se construye una capa en una o dos franjas. La Figura 36 muestra la extensión de la mezcla.



*Figura 36.* Extensión de la mezcla. Elaboración propia.

Dentro de la cuadrilla debe haber por lo menos dos (2) “niveleteros” o “rastrilleros” y otros más como ayudantes quienes utilizan los rastrillos y palas respectivamente como herramienta menor para efectuar correcciones localizadas durante la extensión y ejecución de las juntas. Además, un “tornillero” o ayudante del operario de la finisher, quien va ajustando la altura de la plancha de la pavimentadora y tomando espesores con el “tornillo”, previamente ajustado con el espesor de la mezcla suelta para garantizar que sea el solicitado por el contratante. La Figura 37 muestra un ejemplo de cómo debe quedar el tornillo cuando se introduce en la mezcla, es decir, con la arandela sobre la misma, ni con espacios entre la mezcla y la arandela o que la mezcla cubra la arandela.



*Figura 37.* Función del tornillo en la extensión de la mezcla. Elaboración propia.

Sobre la superficie por pavimentar se deben marcar líneas discontinuas con aerosol o cal, que sirvan de referencia al operador de la máquina, para conservar el alineamiento.

Siempre que sea posible debe hacerse el extendido a favor de la pendiente, para facilitar la salida del agua en caso de lluvia.

La mayoría de las veces, es necesario hacer nivelación con mezcla asfáltica porque la superficie entregada por el contratante no es uniforme.

Se recomienda precalentar la pavimentadora (finisher) antes de iniciar proceso de extensión de la mezcla asfáltica.

### **Extensión manual de la mezcla.**

Sólo se permite la extensión manual de la mezcla en sitios inaccesibles a la máquina pavimentadora. La distribución se debe efectuar con rastrillos adecuados y con

mucho cuidado, con el fin de obtener una superficie bien nivelada y evitar la segregación.

La Figura 38 muestra un ejemplo de ello.



*Figura 38.* Extensión manual de la mezcla. Elaboración propia.

### **Compactación de la mezcla.**

La compactación es la etapa final de las actividades de pavimentación con mezclas asfálticas en caliente y debe comenzar a la temperatura más alta a la cual la mezcla soporte el peso del compactador sin que se produzcan desplazamientos indebidos. En esta etapa se desarrolla la resistencia y estabilidad de la mezcla reduciendo los vacíos y aumentando la densidad, al tiempo que se logra la textura lisa de la carpeta. La compactación es un factor que interviene en la durabilidad de la carpeta de rodadura.

La Figura 39 muestra la compactación que se hace con compactador de tambor y el resultado de compactar cuando aún la mezcla está muy caliente, ya que la mezcla se puede adherir al tambor.



*Figura 39.* Mezcla desplazada por el compactador vibratorio. Elaboración propia.

Para que durante la compactación no se levante la mezcla, se debe aplicar ACPM a los rodillos o neumáticos para que la mezcla no se adhiera a ellos.

El tiempo disponible para compactar la mezcla depende, entre otros, de la temperatura a la cual se extiende, de la temperatura de la superficie y del espesor de la capa por compactar.

El compactador también debe pasar transversalmente sobre la junta transversal como se muestra en la Figura 40.



*Figura 40.* Compactación de junta transversal con compactador vibratorio. Elaboración propia.

La primera pasada con el compactador sobre la carpeta recién colocada es la compactación inicial que se hace sobre toda la carpeta, con la compactación intermedia se obtiene la densidad requerida antes del enfriamiento de la mezcla y para eliminar marcas sobre la superficie y conseguir una textura lisa se hace una compactación final, generalmente con compactador neumático, como se muestra en la Figura 41.



*Figura 41.* Compactación con compactador de neumáticos. Elaboración propia.

Habrán lugares inaccesibles para un compactador vibratorio o un compactador de neumáticos, por lo que se debe tener disponible otros equipos como una “rana”, un “saltarín” o un apisonador como lo muestra la Figura 42.



*Figura 42.* Compactación con “rana”. Elaboración propia.

La apertura al tránsito se hará cuando se alcance la densidad exigida y la temperatura ambiente. Los neumáticos de los vehículos van a ayudar a sellar la mezcla para lograr una textura más lisa.

### **Fresado de pavimento asfáltico**

Se debe definir el área y espesor que se va a fresar para calcular el volumen aproximado de material que se deberá transportar hasta el vertedero y tener disponibilidad de volquetas para dicho transporte. En algunos casos, los espesores pueden variar a lo largo del tramo, por lo que se deben señalar y avisar al operador. Asimismo,

verificar espesores mientras se realiza la actividad. La Figura 43 muestra la ejecución de fresado de pavimento asfáltico.



*Figura 43.* Fresado de pavimento asfáltico. Elaboración propia.

Si durante el fresado de pavimento, aparece otro material o suelo, se debe evitar la contaminación del material fresado, a menos que éste no vaya a reutilizarse.

Para ejecutar el riego de liga se deben realizar las actividades de barrido y soplado de la superficie fresada para que las ruedas de las volquetas no levanten el riego cuando descarguen la mezcla, por lo que se recomienda utilizar tela verde o algo similar con el fin de evitar molestias a las personas que circulan por la vía debido al polvo que se genera. La Figura 44 muestra una superficie de fresado después de barrerse y soplada con el compresor dos veces.



*Figura 44.* Superficie de fresado. Elaboración propia.

Después del fresado, se verifican los espesores para hacer el pedido de mezcla a la planta como se muestra en la Figura 45. Se debe tener en cuenta que por la superficie irregular del fresado, no es posible determinar un volumen exacto para el pedido, por lo que es mejor pedir más de la calculada con las medidas.



*Figura 45.* Medición de espesores de fresado. Elaboración propia.

## Capítulo 6

### Aporte a la empresa

Durante la práctica, los aportes brindados a Tecnopavimentos S.A, fueron:

Presencia permanente en las obras localizadas en el Barrio San Jorge de Consorcio Vías Girón, Tercer Carril Autopista Bucaramanga-Floridablanca de Constructora Valderrama y Consorcio Vial Puerta del Sol, Carrera 5 con calle 28 del Barrio Girardot de Alfredo Amaya H CIA LTDA., Paralela occidental Rincón de Girón de Consorcio Zona II 2016, Barrio Marianela de Consorcio Malla Vial Zona 1, Carrera 6, 6A y 7 con calle 42 de Consorcio Colector Calle 42, Parqueaderos UPB de OTACC, Condominio Mesa de los Santos, entre otras, en representación de la empresa ante el contratante. Paralelamente, la elaboración de actas de corte parcial de cada obra para posterior facturación a partir de las cantidades tomadas en obra. Adicional, la elaboración de dos actas generales correspondientes a lo ejecutado en el año 2016 para los contratos de Tercer Carril.

Para llevar un control en obra más ordenado, se creó el formato TECNO-F-OC-13 Reporte de Cantidades de Ejecución en Obra (Apéndice B), incluyéndolo al Sistema de Gestión de Calidad, en el que se incluye la cantidad de metros cúbicos (m<sup>3</sup>) de mezcla suelta recibida en obra, una descripción detallada de las cantidades ejecutadas por Tecnopavimentos S.A, una representación gráfica de la vista en planta del área pavimentada y el espacio para firma cuando el contratante lo revise y apruebe.

Por otro lado, con el fin de mantener el Sistema de Gestión de Calidad, se actualizaron los formatos: TECNO-F-OC-10 Presupuesto y programación, TECNO-F-OC-Diagrama de programación e inversión e Indicadores de inversión de contratos que se

ejecutan actualmente. También se creó el formato Nómina mensual, en el que se registra el horario y lugar de trabajo de cada empleado del Departamento de Construcción de Obras Civiles para entregar al Director de Obra.

Además de las actividades realizadas por la estudiante que se detallan en el Capítulo 4 se hizo una participación en la elaboración de un informe técnico solicitado por el Consorcio Malla Vial Zona 1 debido a daños en el pavimento por derrame de combustible en el barrio Balcones de Provenza. Al igual que, licitaciones, cotizaciones de pavimentación, visitas a diferentes obras para posterior cotización y pavimentación, entre otras, con el fin de brindar apoyo a la empresa en todo lo que se requiriera.

## Capítulo 7

### Conclusiones

- La práctica empresarial es de gran contribución para el desarrollo profesional, ya que afianza y enriquece los conocimientos obtenidos a lo largo del pregrado.
- Estar al frente de una obra civil aporta al fortalecimiento de aptitudes para las relaciones sociales, capacidad de adaptación, proactividad y capacidad de trabajo.
- Es importante tener en cuenta la experiencia de los especialistas para detectar causas que puedan originar un pavimento defectuoso y efectuar correcciones si es el caso.
- El proceso constructivo de pavimentos aplica para todas las obras por igual y existen procedimientos indispensables dentro del mismo, independiente de que varíen las condiciones y características de cada una como por ejemplo el espesor, ancho de calzada, vías de acceso, duración, entre otras.
- En todo momento se toman decisiones con respecto a la forma de ejecutar ciertas actividades, por lo que es conveniente prestar atención a las buenas prácticas de profesionales con más experiencia y conocimiento en el campo.
- Es imprescindible conocer la normativa de INVIAS porque el cumplimiento de los parámetros de las especificaciones generales de construcción es clave para garantizar la calidad de los trabajos.
- Durante la extensión de la mezcla todo el personal debe estar comprometido con su labor, porque cualquier error compromete la calidad de la obra que se ejecuta.
- El registro fotográfico es evidencia de la ejecución de cada ítem del contrato y del

estado de la obra al momento de entregarla y es importante para evitar inconvenientes ante cualquier daño que se presente a futuro.

- No solo se supervisa que las actividades que intervienen en el proceso constructivo de pavimento se ejecuten efectivamente, también es primordial velar por la integridad de las personas que las ejecutan.
- En la producción, extensión y compactación de la mezcla asfáltica se debe dar importancia a la temperatura, ya que esta afecta directamente la durabilidad de la misma y capacidad de soporte; monitorear y controlar la temperatura de la mezcla asfáltica hace parte primordial en el proceso constructivo de pavimento flexible.
- Se requiere coordinación entre la planta y el departamento de construcción para que haya un suministro continuo de mezcla y el mínimo de juntas transversales.
- De la nivelación de la base granular depende el acabado final de la superficie de rodadura, de otra forma, no sería económicamente viable nivelar con mezcla asfáltica los desperfectos de la base por la diferencia de costos de cada capa.
- La carpeta de rodadura es la capa superior de la estructura del pavimento, por lo que cualquier daño que se visualice en la superficie no es causado propiamente por errores en la extensión o compactación de la mezcla asfáltica en caliente sino por fallos en las capas inferiores a esta.
- Para desarrollar una obra de infraestructura vial se deben seguir estándares de calidad y para esto se deben cumplir con las especificaciones descritas en la normativa vigente y evitar incurrir en malas prácticas constructivas y afectar la durabilidad de los pavimentos.

### Lista de referencias

- Barrido de superficie. [Figura]. Elaboración Propia.
- Barrido y limpieza (San Jorge). [Figura]. Elaboración propia.
- Base imprimada (San Jorge). [Figura]. Elaboración Propia.
- Calle pavimentada (Incomesa). [Figura]. Elaboración Propia.
- Compactación (San Jorge). [Figura]. Elaboración Propia.
- Compactación con “rana”. [Figura]. Elaboración Propia.
- Compactación con compactador de neumáticos. [Figura]. Elaboración Propia.
- Compactación con compactador vibratorio. [Figura]. Elaboración Propia.
- Compactación de junta transversal con compactador vibratorio. [Figura]. Elaboración Propia.
- Compactación de la mezcla (Incomesa). [Figura]. Elaboración Propia.
- Compactación de la mezcla en Autopista Bucaramanga-Floridablanca (Tercer Carril. [Figura]. Elaboración Propia.
- Compactación en deprimido (Tercer Carril). [Figura]. Elaboración Propia.
- Derrame de aceite y limpieza. [Figura]. Elaboración Propia.
- Evidencia de base por re nivelar (San Jorge). [Figura]. Elaboración Propia.
- Evidencia de toma de temperatura de mezcla en la tolva. [Figura]. Elaboración Propia.
- Evolución de viscosidad con la temperatura. [Figura]. Por Rondón y Reyes (2015).
- Extensión de la mezcla. [Figura]. Elaboración Propia.
- Extensión de la mezcla bajo lluvia. [Figura]. Elaboración Propia.
- Extensión de la mezcla tipo MDC-2 (Incomesa). [Figura]. Elaboración Propia.

Extensión de la mezcla tipo MDC-10 (San Jorge). [Figura]. Elaboración Propia.

Extensión de mezcla tipo MDC-2 con asfalto modificado en Autopista Bucaramanga-  
Floridablanca (Tercer Carril). [Figura]. Elaboración Propia.

Extensión de la mezcla tipo MDC-2 con asfalto modificado en deprimido (Tercer Carril).  
[Figura]. Elaboración Propia.

Extensión manual de la mezcla. [Figura]. Elaboración Propia.

Función del tornillo en la extensión de la mezcla. [Figura]. Elaboración Propia.

Fresado de pavimento asfáltico. [Figura]. Elaboración Propia.

Google Maps. (2017). Ubicación barrio San Jorge, Girón, Santander.

Instituto Nacional de Vías. (2013). Criterios para el diseño preliminar de la mezcla  
asfáltica en caliente de gradación continua por el método Marshall. [Tabla]

Instituto Nacional de Vías. (2013). Especificaciones del asfalto modificado con  
polímeros. [Tabla]

Instituto Nacional de Vías. (2013). Especificaciones del cemento asfáltico. [Tabla]

Instituto Nacional de Vías. (2013). Especificaciones generales de construcción de  
carreteras y normas de ensayos para materiales de carreteras. Recuperado de  
<http://www.invias.gov.co>

Instituto Nacional de Vías. (2013). Franjas granulométricas para mezclas densas en  
caliente de gradación continua. [Tabla]

Junta transversal (Incomesa). [Figura]. Elaboración Propia.

Lavado de ruedas de volqueta. [Figura]. Elaboración Propia.

Limpieza (San Jorge). [Figura]. Elaboración Propia.

- Limpieza de la superficie. [Figura]. Elaboración Propia.
- Marcación de la superficie (Incomesa). [Figura]. Elaboración Propia.
- Medición de espesores de fresado. [Figura]. Elaboración Propia.
- Mezcla desplazada por el compactador vibratorio. [Figura]. Elaboración Propia.
- Montejo, A. (2002). Ingeniería de Pavimentos para carreteras. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Morales, P. M. (2015). Construcción y conservación de vías. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería. (p.236-237)
- Riego de imprimación. [Figura]. Elaboración Propia.
- Riego de imprimación asfáltica (San Jorge). [Figura]. Elaboración Propia.
- Riego de liga. [Figura]. Elaboración Propia.
- Rondón, H y Reyes, F. (2015). Evolución de la viscosidad con la temperatura. [Figura]
- Rondón, H y Reyes, F. (2015). Perfil típico de una estructura de pavimento flexible.  
[Figura]
- Rondón, H. A. & Reyes, F. A. (2015). Pavimentos Materiales, construcción y diseño. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Sánchez, F. Construcción de pavimentos asfálticos. Disponible en  
[http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina\\_via/modulos/modulos.html](http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/modulos.html)
- Secado de superficie mojada. [Figura]. Elaboración Propia.
- Sistema de Gestión de Calidad. (2017). Tecnopavimentos S.A.
- Soplado (San Jorge). [Figura]. Elaboración Propia.
- Superficie con riego de liga en deprimido (Tercer Carril). [Figura]. Elaboración Propia.

Superficie de fresado. [Figura]. Elaboración Propia.

Superficie imprimada (Incomesa). [Figura]. Elaboración Propia.

Superficie imprimada (San Jorge). [Figura] Elaboración Propia.

Superficie imprimada en Autopista Bucaramanga-Floridablanca (Tercer Carril). [Figura].

Elaboración Propia.

Superficie limpia y preparada para imprimir. [Figura]. Elaboración Propia.

Superficie pavimentada (San Jorge). [Figura]. Elaboración Propia.

Superficie pavimentada en Autopista Bucaramanga-Floridablanca (Tercer Carril).

[Figura]. Elaboración Propia.

Vertido de la mezcla en la tolva pavimentadora (Incomesa). [Figura]. Elaboración Propia.

Vertido de mezcla en la tolva pavimentadora. [Figura]. Elaboración Propia.

Visita de la segunda etapa del Condominio Mesa de los Santos. [Figura]. Elaboración

Propia.

## Apéndice A

<b>CONTROL DIARIO DE CALIDAD MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE</b>		TECNO CP - 01	
		REVISION 6	
OBRA:	CONTROL Y CALIDAD		
CONTRATISTA:	PLANTA TECNOPAVIMENTOS	MDC-2 MUESTRA No.1	
AGREGADOS:	PESCADERO / BARRANCABERMEJA	TIPO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE: 148 Oc	
FECHA TOMA DE MUESTRAS:	27 DE ENERO DEL 2017	TEMPERATURA TOMA DE MUESTRA: 135 oc	
<b>ANALISIS GRANULOMETRICO</b>			
NORMA: I.N.V. E -123 Y E -782			
PESO INICIAL 1169.3 gr INDICE DE PLASTICIDAD (PI) = N.P			
<b>TAMIZ</b>	<b>PESO RETENIDO (gr)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>	<b>ESPECIFICACION INV</b>
No	ABERTURA (mm)	RETENIDO	PASA
1"	25	0.00	100.00
3/4"	19	0.00	100.00
1/2"	12.5	96.3	91.76
3/8"	9.5	133.8	80.32
No4	4.75	262.4	57.88
No10	2	201.4	40.66
No 40	0.425	255.8	21.88
No 80	0.18	106.3	9.09
No 200	0.075	49.5	4.23
Pasa No 200		63.8	5.46

<b>GRAVEDAD ESPECIFICA MAXIMA TEORICA (Gmm)</b>		
NORMA: I.N.V. E -735		
Peso inicial de la muestra (gr)	1233.3	
Peso final, lavada y seca (gr)	1169.3	
Peso del asfalto (gr)	64.0	
<b>CONTENIDO DE ASFALTO (%)</b>	<b>5.19</b>	

<b>Masa de la muestra (gr)</b>		
NORMA: I.N.V. E -735		
Masa de la muestra (gr)	1200.00	
Masa del agua desplazada (gr)	713.00	
<b>Gmm</b>	<b>2.464</b>	

<b>DENSIDAD DE MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS</b>			
NORMA: I.N.V. E -733			
Probeta No	1	2	3
Espesor (cm)	62.29	62.99	
Peso en el aire (gr)	1200.10	1202.70	
Peso en el agua (gr)	690.20	692.10	
Peso S.S.S. (gr)	1202.80	1204.50	
Volumen (cm3)	512.6	512.4	
Densidad Bulk (gr/cm3)	2.341	2.347	
Densidad promedio			2.344

<b>RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFALTICAS, METODO MARSHALL</b>			
NORMA: I.N.V. E -748			
Probeta No	1	2	3
Factor de corrección	1	1	
Estab (KN)	17	17	
Estab. corregida (KgF)	1690.7	1766.2	
Estab. Promedio			1728
Flujo (mm)	3.34	3.41	
Flujo promedio			3.37

<b>VACIOS DE AIRE EN MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS</b>			
NORMA: I.N.V. E -736			
Probeta No	1	2	3
% de vacios de aire	4.99	4.74	
% de vacios promedio			4.86

**GRANULOMETRÍA**

ABERTURA TAMIZ (mm)

REALIZO: *Oscar Quiñero R.*

LAB. Oscar Quiñero R.

APROBO: *Javier Chavez*

ING. NESTOR JAVIER CHAVEZ

REALIZO: *Oscar Quiñero R.*

LAB. Oscar Quiñero R.



CONTROL DIARIO DE CALIDAD MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

TECNO CP - 01


REVISION 6

OBRA:	CONTROL Y CALIDAD		
CONTRATISTA:	PLANTA TECNOPAVIMENTOS	MDC-2	MUESTRA No. 1
AGREGADOS:	PESCADERO / BARRANCABERMEJA	TIPO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE:	148 Oc
FECHA TOMA DE MUESTRAS:	27 DE ENERO DEL 2017	TEMPERATURA TOMA DE MUESTRA:	135 oC
		TEMPERATURA DE COMPACTACION LABORATORIO:	27 DE ENERO DEL 2017
		FECHA DE ENSAYOS:	

RESUMEN DE PARAMETROS OPTIMOS DE DISEÑO DE LA MEZCLA DENSA EN CALIENTE

CARACTERISTICAS	DISEÑO MARSHALL MDC-2				VERIF.
	RESULTADO	DISEÑO	NIVEL DE TRAFICO 3 - NT3		
			MINIMO	MAXIMO	
COMPACTACION (golpes/cara)	75	75	75	75	OK
CONTENIDO DE ASFALTO	5.19	5.30	N.A.	N.A.	N.A.
ESTABILIDAD MINIMA (N)	16,950	13,974	9000	N.A.	OK
FLUJO (mm)	3.37	2.80	3.00	5.30	OK
RELACION ESTABILIDAD FLUJO (KN/mm)	5.03				OK
Muestra No. 1	4.97	4.99	3.00	6.00	OK
Muestra No. 2	5.08				OK
VACIOS CON AIRE (%)	4.86	4.85	4.00	6.00	OK
RELACION LLENANTE / LIGANTE	1.05	1.18	0.80	1.20	OK



		<b>REPORTE DE CANTIDADES DE EJECUCIÓN EN OBRA</b>			TECNO F-OC-013	
					REVISION: 2	
LOCALIZACIÓN	LONGITUD (M)	ANCHO (M)	AREA (M2)	ESPESOR (M)	VOLUMEN (M3)	
<b>TOTAL</b>						

Observaciones:

REPRESENTACIÓN GRÁFICA

FIRMA DE QUIEN AUTORIZÓ

\_\_\_\_\_  
Tecnopavimentos S.A

\_\_\_\_\_  
Contratante

### Apéndice C

