

**ASISTENCIA TÉCNICA EN EL LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS,  
DE LA CORPORACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO EN  
ASFALTOS EN EL SECTOR TRANSPORTE E INDUSTRIAL – CORASFALTOS**

**RECOPIACION DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE LECHADAS  
ASFALTICAS COMO UN NUEVO SERVICIO TECNICO DE CORASFALTOS  
PARA SUS CLIENTES**

**DORALEE VASQUEZ SERRANO**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2008**

**ASISTENCIA TÉCNICA EN EL LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS,  
DE LA CORPORACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO EN  
ASFALTOS EN EL SECTOR TRANSPORTE E INDUSTRIAL – CORASFALTOS**

**RECOPIACION DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE LECHADAS  
ASFALTICAS COMO UN NUEVO SERVICIO TECNICO DE CORASFALTOS  
PARA SUS CLIENTES**

**DORALEE VASQUEZ SERRANO**

**Trabajo de grado en modalidad de practica empresarial como requisito para  
optar al título de Ingeniera Civil**

**Director:**

**Ing. PhD. EDUARDO ALBERTO CASTAÑEDA PINZON**

**Tutor:**

**Ing. Esp. XAVIER EDUARDO CUELLAR GONZALEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2008**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCION	14
1. OBJETIVOS	15
1.1 OBJETIVO GENERAL	15
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	15
2. CORPORACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN ASFALTOS EN EL SECTOR TRANSPORTE E INDUSTRIAL CORASFALTOS	16
2.1 RESEÑA HISTORICA	16
2.2 POLITICAS	18
2.1.1 Organizacionales	18
2.1.2 De Calidad.	19
2.3 MISION	20
2.4 VISION	20
2.5 RAZON DE SER	21
2.6 TECNOLOGIA DESARROLLADA	21
3. PRACTICA EMPRESARIAL	22
3.1 APOYO A SERVICIOS DE LABORATORIO DE CORASFALTOS	22
3.2 CAPACITACIONES RECIBIDAS	25
3.3 APOYO AL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD (SGC)	27
3.4 APOYO A SERVICIOS TÉCNICOS DE CAMPO OFRECIDOS A CORASFALTOS	28
3.5 DOCUMENTACIÓN DEL DISEÑO Y EVALUACIÓN DE LECHADAS ASFÁLTICAS PARA IMPLEMENTAR EL SERVICIO EN CORASFALTOS	40
3.5.1 Características de los agregados.	42
3.5.2 Porcentaje de emulsión optima.	44
3.5.3 Ejemplos de Diseño de lechadas.	49
3.5.4 Implementos adicionales para los equipos de Lechadas Asfálticas de CORASFALTOS	62

3.5.5 Comentarios Generales que reporta la bibliografía de las lechadas.	65
3.5.6 Recomendaciones que reporta la bibliografía de las Lechadas.	68
4. CONCLUSIONES	70
BIBLIOGRAFÍA	72
INFOGRAFÍA	73

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Granulometría para Lechadas Asfálticas.	43
Tabla 2. Granulometría del diseño #1. Material pescadero.	49
Tabla 3. Características del material de pescadero.	50
Tabla 4. Condiciones preliminares de mezclado para el diseño #1.	51
Tabla 5. Datos del ensayo de Abrasión en pista húmeda, diseño #1.	51
Tabla 6. Resultados del ensayo con el Cohesiómetro, diseño #1.	53
Tabla 7. % de Humedad vs. Cohesión, Diseño # 1.	54
Tabla 8. Tiempo vs. Cohesión, Diseño #1.	54
Tabla 9. Condiciones optimas de mezclado, diseño #1.	55
Tabla 10. Granulometría del diseño #2. Materiales del Río Nus y arena Reboque.	56
Tabla 12. Condiciones preeliminarias de mezclado para el diseño #2.	58
Tabla 13. Datos de ensayo de Abrasión en pista húmeda, diseño #2.	58
Tabla 14. Resultados del ensayo con el Cohesiómetro, diseño #2.	60
Tabla 15. % Humedad vs. Cohesión, diseño #2.	61
Tabla 16. Tiempo vs. Cohesión, diseño #2.	61
Tabla 17. Condiciones optimas de mezclado, diseño #2.	62

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Ensayo de Viga Benkelman	30
Figura 2. Viga Benkelman al quitar carga	29
Figura 3. Ensayo de PDC	30
Figura 4. Cayendo la pesa del PDC	30
Figura 5. Realizando el apique	31
Figura 6. Sacando la muestra	31
Figura 7. Escarificación para estabilizar	33
Figura 8. Escarificación y cargue Volqueta	33
Figura 9. Mezclado de aditivos	33
Figura 10. Escarificación para dar nivel	33
Figura 11. Compactación con vibro y mezclado.	34
Figura 12. Compactación con vibro compactador	34
Figura 13. Limpieza de la superficie	35
Figura 14. Riego de la emulsión	35
Figura 15. Limpieza y riego	35
Figura 16. Riego de emulsión y arena	35
Figura 17. Apariencia Final un carril	35
Figura 18. Apariencia final	35
Figura 19. Ensayo viga Benkelman	36
Figura 20. Ensayo viga Benkelman	36
Figura 21. Densímetro nuclear con aviso	37
Figura 22. Densímetro nuclear de seguridad	37
Figura 23. Montaje del aparato CBR	39
Figura 24. Montaje completo de CBR	39
Figura 25. Anillos de carga y diales	40
Figura 26. Montaje con Gato, anillo de carga y diales de deformación	40

Figura 27. Clasificación de los áridos	43
Figura 28. Equipo para ensayo de Abrasión en pista húmeda.	45
Figura 29. Dos especímenes de lechada del ensayo de Abrasión en pista húmeda, el de la izquierda es el espécimen sin ningún desgaste, y el de la derecha es el espécimen después ser sometido al desgaste con la manguera de caucho.	46
Figura 30. Cohesiómetro	47
Figura 31. Cohesiómetro preparado para el torque.	47
Figura 32. Pastillas para ser ensayadas	47
Figura 33. Pastilla ya ensayada	47
Figura 34. Equipo Cohesiómetro	48
Figura 37. Curva granulométrica del diseño # 1	50
Figura 38. Grafica de % Emulsión vs. Abrasión, Diseño #1.	52
Figura 39. Grafica % humedad vs. Cohesión, Diseño # 1.	53
Figura 40. Tiempo de curado vs. Cohesión, Diseño #1.	54
Figura 41. Curva granulométrica del diseño #2.	57
Figura 42. % de Emulsión vs. Abrasión, diseño #2.	59
Figura 43. % Humedad v. Cohesión, diseño #2.	60
Figura 44. Tiempo de curado vs. Cohesión, diseño #2.	61
Figura 45. Soporte de Madera	63
Figura 46. Laminas para ensayos de abrasión y exudación.	63
Figura 47. Taza, cuchara y embudo para lechadas	64
Figura 48. Molde para los especímenes de Abrasión	64
Figura 49. Acabado Cr. 39 norte	67
Figura 50. Pista de Cali.	67
Figura 51. Caracoli.	68
Figura 52. Campo Rubiales	68

## GLOSARIO

**LECHADA ASFÁLTICA:** Es una mezcla de emulsión asfáltica, árido fino, filler y agua, que se constituye como una nueva superficie de rodadura y desgaste, aumentando la vida útil del pavimento que la recibe.

**EMULSION ASFÁLTICA:** Son dispersiones de pequeños glóbulos de un cemento asfáltico en una solución de agua y un agente emulsificante de carácter aniónico o catiónico, que determina la denominación de la emulsión.

**ARIDO FINO:** Material duro e inerte que se emplea para preparar hormigón o mortero que pasa por un tamiz de 4,76 mm. También llamado arena.

**DESGASTE:** Deterioro progresivo de una materia como consecuencia del uso o del roce.

**ABRASIÓN:** Se denomina a la acción mecánica de rozamiento y desgaste que provoca la erosión de un material o tejido.

**RESISTENCIA:** Capacidad de los sólidos deformables para soportar tensiones sin alterar su estructura interna o romperse.

**EXUDACIÓN:** Salida de una sustancia o un líquido a través de los poros o las grietas de la masa que lo contiene.

**DEFORMACIÓN:** Es el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a la aplicación de una o más fuerzas sobre el mismo o la ocurrencia de dilatación térmica.

**DEFORMACIÓN (VISCO) PLÁSTICA:** Modo de deformación en que el material no regresa a su forma original después de retirar la carga aplicada. Esto sucede porque, en la deformación plástica, el material experimenta cambios termodinámicos irreversibles al adquirir mayor energía potencial elástica. La deformación plástica es lo contrario a la deformación reversible.

**DEFORMACIÓN ELÁSTICA O REVERSIBLE:** El cuerpo recupera su forma original al retirar la fuerza que le provoca la deformación. En este tipo de

deformación, el sólido, al variar su estado tensional y aumentar su energía interna en forma de energía potencial elástica, solo pasa por cambios termodinámicos reversibles.

**CONSISTENCIA:** Es la característica física que gobierna las fuerzas de cohesión-adhesión, responsables de la resistencia del material a ser moldeado o separado.

**TORSIÓN:** Es la sollicitación que se presenta cuando se aplica un momento sobre el eje longitudinal de un elemento constructivo o prisma mecánico, como pueden ser ejes o, en general, elementos donde una dimensión predomina sobre las otras dos, aunque es posible encontrarla en situaciones diversas.

**COHESIÓN:** Es la cualidad por la cual las partículas se mantienen unidas en virtud de fuerzas internas, que dependen, entre otras cosas del número de puntos de contacto que cada partícula tiene con sus vecinas. En consecuencia, la cohesión es mayor cuanto más finas son las partículas.

## RESUMEN

**TITULO:** Asistencia técnica en el laboratorio de suelos y pavimentos, de la corporación para la investigación y el desarrollo en asfaltos en el sector transporte e industrial – CORASFALTOS.\*

**AUTOR:** DORALEE VASQUEZ SERRANO\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Lechadas asfálticas, abrasión, cohesiómetro, deformación de lechadas, exudación,

**DESCRIPCION:**

Dados los convenios establecidos entre la Universidad Industrial de Santander y la Corporación para la investigación y desarrollo en asfaltos en el sector transporte e industrial CORASFALTOS, se dio la oportunidad de esta modalidad de Práctica empresarial, presentando en este informe una variedad de actividades desarrolladas que enriquecen las habilidades y capacidades técnicas, y fomentan el que hacer científico como sustento a los diferentes trabajos de laboratorio y de campo. La practica ha aportado una variedad de conocimientos técnicos y experimentales, y con estos se genera la posibilidad de brindar a los clientes de CORASFALTOS nuevos servicios, y para ello se toma este proyecto como una actividad preliminar requerida como documentación para el desarrollo del procedimiento de diseño de lechadas asfálticas, de acuerdo con los estándares de los Sistemas de Gestión de la Calidad. Dicho aporte esta limitado a un estudio de diseños y recolección de datos para la implementación futura, adquiriendo además el instrumental necesario para la puesta en marcha del servicio.

Como base de guía, se tendrán las normas INVIAS del año 2007.

Así mismo, se logro adquirir conocimiento y habilidades para realizar diferentes ensayos de asfaltos, mezclas asfálticas, suelos y se conoció y compartió las actividades de asesoría a proyectos de construcción de pavimentos empleando técnicas alternativas que representan ahorros significativos en los costos finales de una estructura.

---

\* Proyecto de grado

\*\* Facultad de ingenierías físico mecánicas. Ingeniería civil. Director: Ph.D. Eduardo Castañeda Codirector: Ing. Esp. Xavier Eduardo Cuellar González

## ABSTRACT

**TITLE:** Technical attendance in the soils and pavements laboratory, of the corporation for the investigation and the development in asphalts in the transportation and industrial sector – CORASFALTOS. \*

**AUTHORS:** DORALEE VASQUEZ SERRANO\*\*

**KEY WORDS:** slurry seals, abrasion, slurry deformation, exudation, physical-mechanical properties, cohesion tester,

**DESCRIPTION:** The agreements established between the Industrial University of Santander, and the Corporation for the investigation and development in asphalts in the transportation and industrial sectors, CORASFALTOS, provided the opportunity of this type of enterprise practice. This report shows a variety of developed activities that enrich the proficiencies and technical knowledge on this matter, and promote the scientific bases to the different tests and field investigations.

The practice has contributed with a variety of technical and experimental knowledge creating the opportunity to provide these techniques as new services to the CORASFALTOS' clients. This project was taken as a preliminary documentation step on the development of an improved slurry seals design procedures. Quality Assurance standards were applied to the procedures. This contribution was limited to one study of design methods and data collection for future implementation, the specs for the acquisition of testing equipment required to start offering these services to the clients also was provided.

The INVIAS standard procedures, version 2007.

The acquired knowledge and abilities to perform a variety of asphalt, asphaltic mixtures and soils tests in real scenarios were applied to support important ongoing pavement construction projects. As a result of this activity a significant cost savings on the structures was demonstrated, providing immediate and direct benefits applying the methods described on this investigation.

---

\* Project of grade

\*\* Faculty of physical-mechanical engineerings. Civil engineering. Director: Ph.D. Eduardo Castañeda. Co-director: Ing. Esp. Xavier Eduardo Cuellar González

## INTRODUCCION

El desarrollo de un país se ve reflejado en el estado de sus vías. En Colombia las vías son transitables, pero con altos costos de operación ya que no se encuentran en buen estado superficial. Internacionalmente, se han venido usando durante algún tiempo tecnologías económicas que permiten alargar la vida útil de algunos pavimentos, dentro de estas tecnologías tenemos las lechadas asfálticas o slurry seal, sobre las cuales ya existen algunas experiencias.

Simultáneamente al desarrollo de las labores técnicas de la práctica, se trabajó en la recopilación de los estándares y procedimientos para la implementación del servicio de lechadas asfálticas.

El estudio se realiza observando el comportamiento de diseños y revisando el intercambio de propiedades entre los agregados y la emulsión de acuerdo con los ensayos de Abrasión en pista húmeda (Wet Track abrasión test WTAT), Método de ensayo para clasificar las lechadas bituminosas por medida del par de torsión, en el cohesiómetro en función del tiempo de curado y Exudación y deformación de lechadas asfálticas con maquina de rueda cargada.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar el proyecto de grado en la modalidad de práctica empresarial en CORASFALTOS, participando en el área de laboratorio de asfaltos y mezclas asfálticas brindando soporte en los servicios y actividades de investigación de la corporación

### **1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Analizar el efecto de las lechadas asfálticas en la resistencia a la abrasión del tránsito e impermeabilización de la superficie.
- Brindar soporte al equipo de Profesionales de Laboratorio en las actividades propias de la corporación.
  - Realizar solamente los ensayos para los cuales está entrenado y autorizado.
  - Registrar en forma clara y ordenada los datos obtenidos de los ensayos en la copia de papel o en el sistema de información respectivo.
  - Reportar los resultados al Jefe de Laboratorio y a los profesionales de planeación encargados de los proyectos.
  - Verificar el correcto funcionamiento de los equipos de ensayo y/o medición antes y después de utilizarlos.
  - Supervisar las condiciones ambientales bajo las que se realizan los ensayos y/o calibraciones de su competencia.
  - Cumplir con las políticas establecidas por la organización para la protección física y confidencialidad de la información de los clientes.
  - Elaboración de un aporte personal a partir de la experiencia en la práctica empresarial.

## **2. CORPORACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN ASFALTOS EN EL SECTOR TRANSPORTE E INDUSTRIAL CORASFALTOS**

### **2.1 RESEÑA HISTORICA**

La Corporación para la I&D en Asfaltos, CORASFALTOS, fue creada con base en la Ley 29 de 1.990 de Ciencia y Tecnología y mediante las disposiciones del decreto 393 de 1.991 y opera como un centro de desarrollo tecnológico, con la participación activa de los sectores estatal, académico e industrial.

Como actividad previa a la creación de la corporación, se contó con el concurso de un Grupo Piloto que tenía como misión promover la Investigación y Desarrollo de los Asfaltos para Pavimentos, difundir el conocimiento generado o transferido y buscar en el ámbito nacional los apoyos necesarios para su conformación.

Este grupo promotor, con el asesoramiento de consultores nacionales y extranjeros desarrolló en buena parte los objetivos para los cuales fue creada, promoviendo activamente la participación de los sectores de la producción y buscando relacionar sus actividades con las de otros centros dedicados a la investigación.

Finalmente, Corasfaltos inició sus labores el 14 de diciembre de 1995; actualmente está integrada por entidades estatales: el Ministerio del Transporte, el Instituto Nacional de Vías, la Gobernación de Santander, Servicio Nacional de Aprendizaje -SENA- y la Empresa Colombiana de Petróleos; universidades reconocidas en el ámbito nacional: la Universidad de Cauca, la Universidad Industrial de Santander, La universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, la Escuela Colombiana de Ingeniería y la Pontificia Universidad Javeriana; empresas

del sector productivo: Sika Andina, Manufacturas y Procesos Industriales –MPI-, Concescol S.A., y Mina San Pedro.

Actualmente Corasfaltos es miembro de la Asociación Latinoamericana del Asfalto (ALA) desde Diciembre 4 de 2000, que reúne a las comisiones e institutos del asfalto de Argentina, Brasil, Colombia, Chile, México y Venezuela, su misión es colaborar con los entes involucrados en la investigación, planificación, control, diseño, construcción, mantenimiento, rehabilitación e inspección de obras viales, además de establecer pautas para lograr un mejor y mayor uso del asfalto, mejorar la calidad en las obras de pavimentación y la formación de profesionales y técnicos.

La corporación ha entrado a hacer parte de la red de centros certificados de transferencia tecnológica del instituto Panamericano de Carreteras desde Julio 31 de 2001, instituto que fue establecido para compartir tecnología tradicional e innovativa en el continente Americano, promoviendo el establecimiento de una red de Centros de Transferencia de Tecnología, fortaleciendo la comunicación entre sus miembros, desarrollando métodos apropiados y efectivos de entrenamiento y, compilando y distribuyendo información sobre investigaciones y tecnologías.

Mantenerse a la vanguardia en los aspectos relacionados con los asfaltos y pavimentos ha hecho de Corasfaltos una institución de apoyo para la industria de la construcción de vías, mediante la estandarización de pruebas de caracterización de materiales y alto nivel de confiabilidad de los resultados gracias a sus modernos equipos y el continuo monitoreo de funcionamiento, reconocido por primera vez el 19 de Junio de 2001 mediante resolución 20169 de la superintendencia de Industria y Comercio correspondiente al sistema Nacional de Normalización, Certificación y Metrología, dándole el reconocimiento de acreditado al Laboratorio de Asfaltos y Mezclas Asfálticas por tres años.

CORASFALTOS se certificó con el Sistema de Gestión de Calidad ISO 9000: 2000 para la “Prestación de Servicios de Laboratorio y Fabricación de Aditivo para mezclas asfálticas”.

El Laboratorio de Ensayos para Asfaltos y Mezclas Asfálticas de CORASFALTOS cumpliendo con los requerimientos, del Sistema Nacional de Normalización, Certificación y Metrología, descritos en el Decreto 2269 del 1993 y en la resolución 08728 de 2001, renovó su ACREDITACION ante la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC) de acuerdo con los lineamientos de la norma NTC ISO/EC-17025:2001, el 8 Junio de 2005 según resolución 12821.

## **2.2 POLITICAS**

### **2.1.1 Organizacionales**

- La Corporación publicará y difundirá sus objetivos y políticas, así como todos aquellos aspectos que la caracterizan, aceptando las críticas y sugerencias como una forma de lograr una constante superación y hacer verdaderamente partícipes de esta a las diferentes áreas que la componen o se relacionan con ella.
- Involucrar el mejoramiento continuo y la calidad como una filosofía fundamental de la Corporación, parte integral de la cultura corporativa y elemento clave de competitividad.
- Dentro de Corasfaltos, los principales esfuerzos estarán encaminados hacia el apoyo de las actividades relacionadas con la investigación, dado el carácter de centro de desarrollo tecnológico que tiene la Corporación.
- Corasfaltos no realizará repartición de dividendos, el excedente obtenido como resultado de su operación, será reinvertido en actividades propias de la Corporación.

- El trabajo en Corasfaltos es un medio para lograr satisfacción y permitir el máximo desarrollo personal y social de su talento humano, Todo lo que propicie esta situación deberá ser estimulado.
- Corasfaltos conservará archivos magnéticos de los informes y resultados de los servicios prestados en cuanto a pruebas de laboratorio, asesorías, cursos, estudios, etc. Esta información estará disponible tanto para clientes como para personal de la corporación.

**2.1.2 De Calidad.** Se compromete a satisfacer con calidad los acuerdos establecidos con el cliente y a mejorar continuamente sus procesos para buscar su autosuficiencia financiera y ampliación del mercado.

Este compromiso con la calidad es un deber de todo el personal de la corporación, por tal motivo, su actividad diaria se encamina a:

- Orientar técnicamente a los clientes en la identificación y priorización de sus necesidades con el fin de dar una respuesta inmediata, basada en el desarrollo de actividades tecnológicas, en un marco de confidencialidad y de protección de la información.
- Garantizar la competencia e imparcialidad del personal de laboratorio mediante el establecimiento de criterios que permitan asegurar la integridad en las operaciones.
- Identificar y satisfacer los requerimientos del cliente, por medio de la revisión sistemática de la solicitud de servicio, que evalúa la capacidad de respuesta y permite identificar los recursos necesarios para desarrollar las actividades allí descritas.
- Adquirir servicios y suministros que cumplan con las especificaciones técnicas y de calidad definidas por la organización, por medio de la aplicación de la metodología de adquisición y el cumplimiento de los criterios de selección, evaluación y reevaluación de proveedores.

- Atender oportunamente y de acuerdo al procedimiento establecido todas las sugerencias, opiniones y quejas recibidas del cliente u otras partes.
- Garantizar que las pruebas y ensayos ejecutados cumplen con los requisitos de calidad especificados en el sistema de gestión de calidad, en los reglamentos y normas técnicas correspondientes.

Todas estas actividades están basadas en el trabajo en equipo, la responsabilidad y la creatividad, permitiendo la generación de soluciones optimas que elevan el nivel de calidad de vida y además contribuyen al desarrollo del país.

### **2.3 MISION**

Es una entidad mixta de carácter civil sin ánimo de lucro que propende por la integración, difusión y mejoramiento del conocimiento sobre los asfaltos y los materiales empleados en la construcción de la infraestructura vial. Brinda soporte para satisfacer las necesidades tecnológicas en asfaltos y/o pavimentos a los sectores industrial, estatal y educativo. Para ello cuenta con talento humano calificado, tecnología de punta, conocimiento e infraestructura física, trabajando en equipo con filosofía de mejoramiento continuo.

### **2.4 VISION**

En el año 2010 CORASFALTOS continuará siendo una de las primeras opciones en el mercado nacional e incrementará su participación a través de las redes del conocimiento en el internacional, para la solución de problemas referentes a la infraestructura vial del sector transporte e industrial, a través de la prestación de servicios especializados y el ofrecimiento de productos tecnológicos, consecuencia de su liderazgo en la investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I), brindando alternativas para la creación de empresas de base tecnológica.

## **2.5 RAZON DE SER**

Operar directa o indirectamente en la investigación y desarrollo en asfaltos refinados y materiales llenantes, mineras y asfaltos naturales aplicados a los pavimentos de las carreteras, muelles, aeropuertos, vías férreas y en otras áreas de interés para el sector transporte e industrial regional y nacional.

Prestar asesorías y servicios, y desarrollar estrategias para la consolidación de una cultura de investigación y aplicación de desarrollos hechos en el mejoramiento de los métodos constructivos y aplicaciones de los asfaltos en el sector industrial colombiano.

## **2.6 TECNOLOGIA DESARROLLADA**

Corasfaltos como gestor de proyectos de investigación y desarrollo, ha desarrollado la siguiente tecnología:

- Emulgentes.
- Inhibidores de envejecimiento.
- Mejoradores de adherencia
- Rejuvenecedor de asfaltos
- Mejoramiento de crudos pesados
- Estabilización química de suelos finos
- Pinturas asfálticas
- Prototipo de microondas para parcheo de pavimentos
- Planta modificadora de asfaltos
- Oxidador de asfaltos
- Métodos de laboratorio (T° fisuramiento y Densidad de carga)

### 3. PRACTICA EMPRESARIAL

De acuerdo con el alcance definido por CORASFALTOS y el Sistema de Gestión de la Calidad, se estableció que el aporte consistiera en la recopilación del procedimiento para el diseño de lechadas asfálticas como actividad preliminar para un nuevo servicio técnico de CORASFALTOS para sus clientes. Sin embargo la practica incluyo también actividades de laboratorio, actividades de campo y actividades del Sistema de Gestión de la Calidad. A continuación se describe cada una de ellas:

#### 3.1 APOYO A SERVICIOS DE LABORATORIO DE CORASFALTOS

Por estar certificado y acreditado, CORASFALTOS cuenta con un programa de formación para cada perfil y cada ensayo. Adicional a esto CORASFALTOS, ofrece a todos los integrantes, continuas capacitaciones no solo en ensayos y normas técnicas, sino también temas de actualidad referente a los pavimentos asfálticos.

Cada ensayo se realiza de acuerdo a las normas de referencia del laboratorio, de manera ordenada y clara; a continuación se presenta el objetivo principal de cada ensayo del ciclo de formación:

- **GMM/RICE; Determinación del peso específico teórico máximo de mezclas asfálticas- INV E-735**

Determina la gravedad específica máxima teórica y densidad de mezclas asfálticas en caliente para pavimentos a una temperatura respectiva, sin compactar.

La gravedad específica teórica máxima y la densidad de mezclas asfálticas para pavimentos son propiedades fundamentales, cuyos valores están

afectados por la composición de la mezcla en términos del tipo y cantidad de agregados y de los materiales asfálticos.

Estos valores son usados para calcular el porcentaje de vacíos con aire en una mezcla de pavimento asfáltico en caliente compactada.

Ellos son esenciales para calcular la cantidad de asfalto absorbido por los poros internos del agregado en una mezcla asfáltica en caliente.

- **BULK empleando especímenes saturados con superficie seca; Determinación del peso específico aparente y peso unitario de mezclas asfálticas– INV E-733**

Determina la gravedad específica bulk y densidad de especímenes de mezclas asfálticas compactadas, es útil para calcular el porcentaje de vacíos de aire y la masa unitaria de mezclas asfálticas densas compactadas. Estos valores se pueden usar para determinar el grado relativo de compactación.

- **Determinación de peso específico de los suelos y del llenante mineral; -INV E-128**

Este método se utiliza para determinar el peso específico de los suelos y del llenante mineral (filler) por medio de un picnómetro.

- **METODO DE EXTRACCIÓN POR CENTRIFUGA; Extracción cuantitativa de asfalto a partir de mezclas asfálticas –INV E-732 (ASTM D 2172)**

Esta norma describe métodos para la determinación cuantitativa del asfalto en mezclas asfálticas en caliente y en muestras de pavimentos. Este ensayo requiere de amplias normas de seguridad debido a que se realiza con solventes que pueden generar en un futuro graves problemas de salud. Los agregados y el asfalto obtenidos mediante estos métodos se pueden emplear para análisis granulométrico y de penetración, ductilidad, etc del asfalto.

- **Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos - INV E-213**  
Determina cuantitativamente la distribución de los tamaños de las partículas de agregados gruesos y finos de un material, por medio de tamices de abertura cuadrada o redonda progresivamente decreciente.
  
- **Análisis granulométrico de suelos por tamizado; - INV E-123**  
Permite determinar cuantitativa la distribución de tamaños de partículas de suelo usando tamices con diferentes aberturas según el tamaño de la muestra.
  
- **Determinación del límite líquido de los suelos; - INV E-125**  
El límite líquido de un suelo es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, cuando éste se halla en el límite entre el estado líquido y el estado plástico.
  
- **Límite plástico e índice de plasticidad; - INV E-126**  
El límite plástico de un suelo es el contenido más bajo de agua, determinado por este procedimiento, en el cual el suelo permanece en estado plástico. El índice de plasticidad de un suelo es el tamaño del intervalo de contenido de agua, expresado como un porcentaje de la masa seca de suelo, dentro del cual el material está en un estado plástico. Este índice corresponde a la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico del suelo.
  
- **Masa unitaria aparente (densidad aparente) del llenante mineral en tolueno; -INV E-225**  
Describe como determinar la masa unitaria aparente de un material llenante, por sedimentación, empleando como medio líquido el tolueno.  
La masa unitaria aparente determinada en estas condiciones es una medida relativa del grado de finura del llenante ensayado.

- **Porcentaje de caras fracturadas en los agregados; - INV E- 227**

Esta norma describe el procedimiento para determinar el porcentaje, en masa o por conteo de una muestra de agregado grueso compuesta por partículas fracturadas que cumplen con los requisitos específicos.
- **Índice de aplanamiento y de alargamiento de los agregados para carreteras; - INV E-230**

Determina los índices de aplanamiento y de alargamiento, de los agregados que se van a emplear en la construcción de carreteras.

Esta norma se aplica a los agregados de origen natural o artificial, incluyendo los agregados ligeros y no es aplicable a los tamaños de partículas menores de 6.3mm (¼”) o mayores de 63 (2 ½”).
- **Equivalente de arena de suelos y agregados finos; - INV E-133**

Determina la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo, o material arcilloso, en los suelos o agregados finos. Es un procedimiento que se puede utilizar para lograr una correlación rápida en campo.
- **Valor de azul de metileno en agregados finos y en llenante mineral; - INV E-235**

Esta norma indica el procedimiento para determinar la cantidad de material potencialmente dañino (incluyendo arcilla y material orgánico) presente en la fracción fina de un agregado mediante la determinación del Valor de Azul de Metileno.

### **3.2 CAPACITACIONES RECIBIDAS**

Las capacitaciones que hacen parte de la formación y van ligadas al campo de desarrollo de CORASFALTOS, obedecen a un programa de formación del Sistema de Gestión de la Calidad que vela por la continua capacitación del personal como

elemento enriquecedor de las capacidades técnicas y críticas de los procesos e investigaciones, además de ampliar el horizonte del conocimiento. Las capacitaciones recibidas fueron:

- **Fundamentos del proceso de estabilización de suelos**

Ing. Qca. Msc. Ph.D. Larissa Chiman.

- **Metodología de diseño Marshall para mezclas asfálticas**

Ing. Esp. Xavier Cuellar.

- **Nuevas tecnologías y tendencias en asfaltos, sus mezclas, y pavimentos flexibles**

Ing. Qca. Msc. Ph.D. Larissa Chiman

- **Auscultación de pavimentos**

Ing. Esp. Jhon Wilson Correa Avello

- **Protección radiológica**

M.Sc. Físico. Telmo Bravo R.

Para finalizar con el ciclo de formación, Corasfaltos, otorgó la oportunidad de participar en la Tercera Semana Técnica del Asfalto, que estaba comprendida, por el “Tercer Seminario Latinoamericano del Asfalto” y las “Sextas Jornadas Internacionales del Asfalto”, evento que es organizado por CORASFALTOS y la Asociación Latinoamericana del Asfalto, donde se tuvo la oportunidad de interactuar con expositores, investigadores, profesionales, constructores e industriales del medio Colombiano e internacional.

### **3.3 APOYO AL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD (SGC)**

El Sistema de Gestión de la Calidad, entre otros, vela por el funcionamiento adecuado de cada proceso y genera herramientas para crear, controlar y mejorar las actividades que estandarizan el funcionamiento de la empresa de acuerdo con los estándares definidos por los entes certificadores o acreditadores y que hacen que las determinaciones y servicios prestados por CORASFALTOS se puedan validar en cualquier otro laboratorio.

Las actividades realizadas para el SGC consistieron en la actualización de la base de datos de clientes, complementando los registros de cada uno de ellos y los estándares de evaluación de acuerdo con la entrega de servicios y/o productos, y la evaluación a través de indicadores, que miden la calidad del servicio prestado, cuánto duran prestando el servicio, y en qué estado se encuentran los productos que ofrecen cuando llegan a destino.

Además, se actualizaron las hojas de vida de las personas que laboran en el laboratorio, debido a que cada uno está en continua formación y capacitación, y esto debe ser registrado en la hoja de vida para llevar la evolución de cada perfil.

En el SGC se tiene en cuenta la conformidad de los clientes con el servicio, creando un indicador, que permita ver la relación entre el total de ensayos realizados y entregados, contra el número de ensayos satisfactorios recibidos por el cliente, dando así mayor eficiencia a los servicios del laboratorio.

Con el SGC se hacen periódicamente auditorias internas que ayudan al continuo mejoramiento de todo el sistema de la corporación. Para este caso la actividad desarrollada, consistió en la actualización de manuales, libros y marcación de los equipos verificados y certificados.

### **3.4 APOYO A SERVICIOS TÉCNICOS DE CAMPO OFRECIDOS A CORASFALTOS**

Entre los servicios que presta CORASFALTOS están las Asesorías Técnicas, que consisten en salidas a campo, ya sean para realizar ensayos de caracterización de suelos, asistencia técnica y control calidad en el uso de nuevas tecnologías para la construcción de estructuras de pavimento.

- **Se adquirió conocimiento en la realización de los siguientes ensayos para la caracterización de materiales en campo:**
  - **Medida de la deflexión de un pavimento empleando dispositivo de carga estática no continua, VIGA BENKELMAN; - INV E- 795**

Su objetivo es determinar con un dispositivo de carga estática no continua, viga Benkelman, la deflexión recuperable de un pavimento o suelo producido por una carga estática. A tal fin, se utiliza un camión donde la carga, tamaño de llantas, espaciamiento entre ruedas duales y presión de inflado están normalizadas.

Permite hallar la deflexión vertical y puntual de una superficie del pavimento bajo la acción de una carga normalizada, transmitida por medio de ruedas gemelas de un eje simple tipo.

Cuando se utiliza una viga Benkelman doble, con dos brazos de medida de longitud diferente, se pueden encontrar dos puntos del cuenco de deflexiones, para el mismo punto de aplicación de la carga, y unos puntos de medida fijos.



Figura 1. Ensayo de Viga Benkelman



Figura 2. Viga Benkelman al quitar carga

La caracterización de este proyecto, se inicio con la determinación de las deflexiones elásticas recuperables del suelo mediante la Viga Benkelman, realizando cada 10m. Esto nos ayuda a definir el estado del suelo existente e identificar los puntos más críticos del tramo a analizar.

El vehículo se estaciona en cierto punto, y la viga se ubica en el centro de los ejes de las llantas traseras, se nivela y se dejan en ceros los deformímetros, posteriormente se quita el vehículo y se registran las medidas de los deformímetros.

- **Método de ensayo normal para el uso del penetrómetro dinámico de cono en aplicaciones de pavimentos a poca profundidad, CONO DINAMICO ; - INV E- 172**

Este método de ensayo, cubre la medida de la rata de penetración del penetrómetro dinámico de cono (PDC) con un martillo de 8 kilogramos, a través de un suelo inalterado o de materiales compactados. La rata de penetración puede ser relacionada con valores de resistencia in-situ, tales como el CBR (California Bearing Ratio). La masa unitaria del suelo también puede ser estimada si se conocen el tipo de suelo y su contenido de agua. El PDC descrito en este método de ensayo es típicamente utilizado en aplicaciones relacionadas con pavimentos.

Este método de ensayo permite el uso opcional de un martillo deslizante de 4.6 Kilogramos en lugar del de 8 kilogramos, si este último produce una penetración excesiva en suelos muy blandos.

Con base en esta relación, se pueden obtener valores asociados de C.B.R y Módulos Resilientes de suelos.



Figura 3. Ensayo de PDC



Figura 4. Cayendo la pesa del PDC

Una medida de campo del PDC, da como resultado un CBR de campo y normalmente no correlaciona satisfactoriamente con el CBR del laboratorio o el CBR sumergido sobre el mismo material. Este ensayo debe interpretarse, entonces, como evaluador de la resistencia in-situ del material bajo las condiciones existentes en el terreno en el instante de la prueba.

Los apiques y la toma de muestra se definen con los resultados de la Viga Benkelman ya que de ahí se observa los puntos más críticos y los homogéneos, para llevar y analizar todas las situaciones existentes en el terreno.

- **Toma de Muestras**

La toma de muestras se debe realizar del punto en el que realiza el ensayo normal para el uso del penetrómetro dinámico de cono en aplicaciones de pavimentos a poca profundidad, CONO DINÁMICO para poder realizar en el laboratorio todos los ensayos correspondientes para identificar el suelo y luego poder realizar un empalme de datos y de características del mismo punto.



Figura 5. Realizando el apique



Figura 6. Sacando la muestra

Estas actividades pertenecen al proyecto que se realizó en la ciudad de Puerto Carreño (Vichada), para las vías Urbanas de este municipio, con el fin de determinar las dosificaciones de aditivos para mejorar estructuralmente el suelo y dimensionar la estructura de pavimento.

- **Acompañamiento a la Asistencia Técnica y control de Calidad**

Para la asistencia técnica y el control de calidad previamente se ejecutaron los ensayos para la caracterización de materiales en campo y, con los estudios de laboratorio, se obtienen los parámetros para lograr la estabilización del terreno; la

eficiencia del proceso depende, en gran medida, del control que se lleve sobre los materiales empleados, la dosificación de los aditivos, y la homogenización que se realice.

Es importante asegurarse, que la persona encargada de ejecutar la estabilización cumpla a cabalidad con los porcentajes de aditivos y el espesor del suelo que se va a estabilizar. En general, hay que corroborar que esta persona entienda correctamente la metodología a seguir las cantidades adecuadas para mezclado de todo el proceso de estabilización. Después de esto se realizan pruebas de humedad y de densidad para verificar que se cumple lo previsto en el diseño.

Se presentan a continuación actividades para el control de calidad en obra y el proceso de construcción:

- Porcentaje de aditivos sólido y líquido

Debe verificarse la correcta dosificación y los porcentajes de los aditivos a utilizar, ya que en el laboratorio las condiciones de mezclado y homogeneidad son ideales, de modo que los errores en la aplicación afectan los resultados esperados.

- Proceso de escarificación, mezclado y compactación

La escarificación es un proceso sencillo pero debe contarse con el equipo adecuado para la zona y para el tipo de material; un equipo deficiente generaría pérdidas de tiempo y disminución de la productividad.

Se deben evitar errores en el proceso de mezclado, tales como grumos o desperdicio de los aditivos, pues estos generan ineficacia en el proceso.

Debe aplicarse la compactación que se definió para la estabilización, un exceso de pasadas puede fatigar el material y hacer que pierda propiedades necesarias para la estabilización; además, la compactación debe realizarse con la humedad requerida, o de lo contrario, no se va a obtener el comportamiento esperado ante las sollicitaciones de carga, resultando en desprendimientos de material y la falla del mismo.



Figura 7. Escarificación para estabilizar



Figura 8. Escarificación y cargue Volqueta



Figura 9. Mezclado de aditivos



Figura 10. Escarificación para dar nivel



Figura 11.Compactación con vibro y mezclado. Figura 12.Compactación con vibro compactador

- Protección superficial (Imprimación)

El objetivo principal es impermeabilizar el suelo estabilizado, mientras se coloca la capa de rodadura, evitando de esta manera el deterioro superficial de la capa construida.

El proceso requiere la aplicación de emulsión de manera homogénea según normas INVIAS, y posteriormente se esparce arena para proteger la emulsión del paso de los vehículos, es decir, para que no se vaya adherida, en las ruedas en el momento de abrir al tráfico.

Es importante, que en el momento de la imprimación, la superficie este totalmente limpia.



Figura 13. Limpieza de la superficie



Figura 14. Riego de la emulsión



Figura 15. Limpieza y riego



Figura 16. Riego de emulsión y arena



Figura 17. Apariencia Final un carril



Figura 18. Apariencia final

- Seguimiento a tramo construido
  - Inspección visual

Consiste en observar detenidamente la vía, en la cual se va a trabajar, con el fin de ver si existen fallas, drenajes, alcantarillados, y si son necesarias obras adicionales que ayuden al mejoramiento de la vía. Debe estimarse la intensidad de la lluvia y la posibilidad de que el suelo se sature debido a un mal drenaje; se verifica si existen obras de drenaje y alcantarillado o muros que se encuentren en buen estado, si no es así, se comunica al cliente para incluirlo en los arreglos y sugerencias necesarios.

- Viga Benkelman

Se usó el ensayo de Viga Benkelman para corroborar el mejoramiento de las propiedades estructurales de la capa estabilizada, reflejado en la disminución de la deflexión Benkelman. Estas medidas se realizaron cada 10 m dentro del tramo.



Figura 19. Ensayo viga Benkelman Colocando los deformímetros en Cero.



Figura 20. Ensayo viga Benkelman

- Densidades con Densímetro nuclear

Con el Densímetro nuclear se puede realizar el control de humedad y de compactación del suelo, durante y después del proceso constructivo.

Durante el proceso constructivo, se realiza la mezcla de materiales y posteriormente se colocan en la vía, repartiendo uniformemente con motoniveladora el material de acuerdo con las cotas definidas por la topografía y posteriormente el vibrocompactador le da la energía necesaria al suelo para aglomerarlo y hacerlo resistente a las cargas de diseño. Con el densímetro y el número de pasadas, se obtiene una curva de número de pasadas vs. Porcentaje de Compactación, con la cual se puede determinar el número de pasadas necesarias para optimizar el proceso de compactación y el rendimiento de los equipos.

Después del proceso constructivo se usa para corroborar que la capa quedo uniformemente compacta, de acuerdo con los estándares de calidad definidos para la capa estabilizada en el laboratorio.



Figura 21. Densímetro nuclear con aviso de seguridad



Figura 22. Densímetro nuclear

- o Actividades adicionales del contratista (Construcción de filtros, cunetas, y pavimento)

Estas actividades van dirigidas y organizadas por el Contratista o encargado de la obra, en ella se verifica que se hayan seguido las recomendaciones dadas en los diseños. Que para este caso consistió en la

colocación de filtro Francés a los dos lados de la vía, cunetas y una capa asfáltica MDC-2 , e= 5cm , a=5,5m.

- Finalmente se realizó desplazamiento a la Refinería de ECOPEPETROL S.A. en la zona de Mamonal (Bolívar)

La salida tenía como objetivo, realizar el ensayo de la Relación de soporte del suelo en el terreno (CBR "IN SITU"); I.N.V. E – 169, que se describe a continuación:

- **Relación de soporte del suelo en el terreno (CBR "IN SITU") ; - INV E – 169**

Esta norma establece el procedimiento, que se debe seguir para determinar la relación de soporte de California (CBR , California Bearing Ratio), de un suelo ensayado "in situ", mediante la comparación, entre la carga de penetración del suelo y la de un material estándar de referencia.

Los ensayos de CBR "in situ" son usados para evaluación y diseño de las capas de un pavimento flexible como base, sub-base y sub-rasante y para otras aplicaciones (como vías sin capa de rodadura) para las cuales el CBR es el parámetro de resistencia deseado.

El procedimiento para realizar el ensayo, es muy sencillo, y comienza con escoger una zona y dejarla totalmente horizontal, lisa y limpia; se realiza el montaje del gato con la volqueta, se colocan los discos y se va montando los anillos de carga, la placa de carga , las pesas de sobrecargas y con esto montado se prosigue a bajar el pistón del gato para que quede en toda la mitad del anillo de carga, al tener listo el montaje, se cuadran los diales como del anillo de carga y el de deformación; y se le va aplicando la carga correspondiente al tiempo que va

pasando, hasta alcanzar la deformación requerida. La velocidad con la que se aplica la carga es proporcional a cada material, si es un material duro la velocidad será mayor a la de un suelo blando, la del ultimo será una velocidad muy lenta, debido a la poca resistencia que posee el pistón, no necesita de mucha fuerza para obtener la deformación deseada según el tiempo.

Al terminar de aplicar la carga a la deformación se baja el montaje y se toma una muestra de humedad exactamente donde quedo el suelo deformado.

Se registra la fuerza que se va aplicando, y esto depende es de la velocidad como ya se mencionó, pero esto funciona de acuerdo a lo establecido en la norma, y para los primeros 30 segundos, se debe aplicar una carga constante para una deformación, los siguientes 30 segundo para otra deformación, y después de esta las deformaciones van cada minuto, así hasta completar 10 minutos y las 10 deformaciones deseadas.



Figura 23. Montaje del aparato CBR



Figura 24. Montaje completo de CBR



Figura 25. Anillos de carga y diales De deformación.



Figura 26. Montaje con Gato, anillo de carga y diales de deformación.

### **3.5 DOCUMENTACIÓN DEL DISEÑO Y EVALUACIÓN DE LECHADAS ASFÁLTICAS PARA IMPLEMENTAR EL SERVICIO EN CORASFALTOS**

A principios de los años 30, un revestimiento formado por una mezcla de áridos muy finos, betún y agua fue aplicado sobre una carretera en Alemania. Se reveló como un enfoque nuevo, una técnica nueva y prometedora para el mantenimiento de los firmes de las carreteras marcando así el comienzo del desarrollo de la lechada asfáltica.

Años mas tarde, en la década de los años 30, comenzó en serio una amplia experimentación por todo el mundo. Pero hasta la década de los 60, con la introducción de emulgentes mejorados y máquinas de flujo continuo, no se puso de manifiesto un interés real en el uso de la lechada asfáltica para una amplia variedad de aplicaciones.

Los continuos progresos en los métodos de mezcla, emulsiones y maquinaria han hecho de la lechada asfáltica la mejor solución para proporcionar una conservación de firmes y pavimentos a un bajo costo y con una gran duración. Como tratamiento para cualquier tipo de superficie, desde calles de zonas residenciales, a carreteras públicas, autopistas, pistas de aterrizaje en aeropuertos y un gran número de otras superficies pavimentadas, la lechada asfáltica es ahora muy utilizada en todo el mundo. Los organismos locales, regionales y nacionales - incluyendo los militares - tienen el continuo y creciente compromiso de usar la lechada asfáltica en sus programas de mantenimiento, dando fe de su eficacia y economía.

Uno de los objetivos es caracterizar los materiales a emplear en la elaboración de la lechada, para determinar si cumplen con las especificaciones exigidas para las lechadas asfálticas, mediante ensayos de composición granulométrica, equivalente de arena, peso volumétrico suelto y seco y comportamiento frente a la emulsión asfáltica superestable modificada con polímero.

Es importante encontrar la emulsión que proporcione las mejores condiciones de mezclado, manejabilidad y adhesividad; siendo importante, hallar el contenido óptimo de asfalto residual mediante los ensayos de abrasión en vía húmeda, y encontrar el con el ensayo de cohesión el tiempo de curado de la lechada asfáltica.

CORASFALTOS, adquirió los equipos para realizar los ensayos de Abrasión en pista Húmeda, Clasificación de una lechada por medio del par de torsión en el Cohesiómetro, y Exudación y Deformación de la lechada asfáltica, con la Maquina de Rueda cargada para ofrecer un nuevo servicio, pero la prestación del servicio requiere de un procedimiento completo sobre el funcionamiento, acondicionamiento, y diseño de las lechadas para lograr el objetivo.

El aporte está basado en la recopilación del procedimiento para el diseño de lechadas asfálticas, y en la definición o determinación de los implementos necesarios para la realización de estas pruebas, como son soportes, bandejas, herramientas menores, etc.

A continuación se presenta la recopilación realizada:

**3.5.1 Características de los agregados.** Mediante ensayos de composición granulométrica, equivalente de arena, peso volumétrico suelto y seco, y el comportamiento frente a la emulsión escogida podemos caracterizarlos para escoger el tipo de lechada.

Los agregados pétreos no serán susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración fisicoquímica apreciable bajo las condiciones mas desfavorables que presumiblemente se puedan dar en la zona de empleo. Tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras o a otras capas del pavimento, o contaminar corrientes de agua.

El Constructor, como responsable de los materiales que suministre para la ejecución de los trabajos, deberá realizar todos los ensayos necesarios, para establecer la calidad e inalterabilidad de los agregados por utilizar, independiente y complementariamente de los que taxativamente se exigen en las especificaciones.

La mezcla de agregados y llenante se deberá ajustar a alguna de las gradaciones que se indican en la siguiente Tabla.

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA			
Normal	Alterno	LA-1	LA-2	LA-3	LA-4
12.5 mm	1/2"	100	-	-	-
9.5 mm	3/8"	85-100	100	100	-
4.75 mm	No.4	60-85	70-90	85-100	100
2.36 mm	No.8	40-60	45-70	65-90	95-100
1.18 mm	No.16	28-45	28-50	45-70	65-90
600 µm	No.30	19-34	19-34	30-50	40-60
300 µm	No.50	12-25	12-25	18-30	24-42
180 µm	No.80	7-18	7-18	10-20	15-30
75 µm	No.200	4-8	5-11	5-15	10-20

Tabla 1. Granulometría para Lechadas Asfálticas.

La gradación por utilizar estará indicada en los estudios técnicos del proyecto y dependerá del estado de la superficie y de la función que vaya a cumplir la lechada.

Según el trabajo requerido, pueden ser usadas emulsiones de distinta composición y tiempos de rotura con cualquiera de las tres graduaciones de áridos, lo que permite preparar distintos tipos de lechada asfáltica.

Los tipos de áridos utilizados son:

## CLASIFICACION DE LOS ARIDOS



**Tipo I**

0/3mm

**Tipo II**

0/6mm

**Tipo III**

0/10mm

Figura 27. Clasificación de los áridos.

- **I (fino):** mezclas para un máxima penetración de las grietas y sellado en zonas con tráfico de poca densidad y bajo desgaste del firme.

- **II (medio):** se emplean comúnmente donde el tráfico es de moderado a pesado. Estos áridos sellan y corrigen problemas moderados y graves, oxidación del ligante y pérdida de finos. Mejoran además la resistencia al deslizamiento.
- **III (grueso):** corrigen los desperfectos graves del firme y proporcionan propiedades anti-deslizantes. Utilizados bajo condiciones de tráfico muy pesadas.

Prácticamente para cada necesidad o condición, puede ser diseñada una lechada específica, y satisfacer así los requerimientos más difíciles.

El agregado fino deberá proceder en su totalidad de la trituración de piedra de cantera o de grava natural, o parcialmente de fuentes naturales de arena. La proporción de arena natural no podrá exceder del veinticinco por ciento (25 %) de la masa total del agregado combinado.

El llenante mineral incluido en los agregados grueso y fino se podrá complementar o suplir con un producto comercial o especialmente preparado, cuya misión sea controlar el proceso de rotura de la emulsión o activar la consecución de la cohesión de la lechada asfáltica.

**3.5.2 Porcentaje de emulsión óptima.** Siempre es más conveniente designar una emulsión considerando el agregado a utilizar y las características de la obra (contenido de finos, clima, tráfico, tipo de mezclador, etc.). Las emulsiones generalmente son de corte lento pero también se pueden usar superestables o emulsiones más rápidas combinadas con un regulador de corte. La cantidad de asfalto se determina mediante ensayos de laboratorio (Rueda cargada y abrasión húmeda).

Se tienen en cuenta las mejores condiciones de mezclado, manejabilidad y adhesividad, el contenido de asfalto residual óptimo mediante la realización de

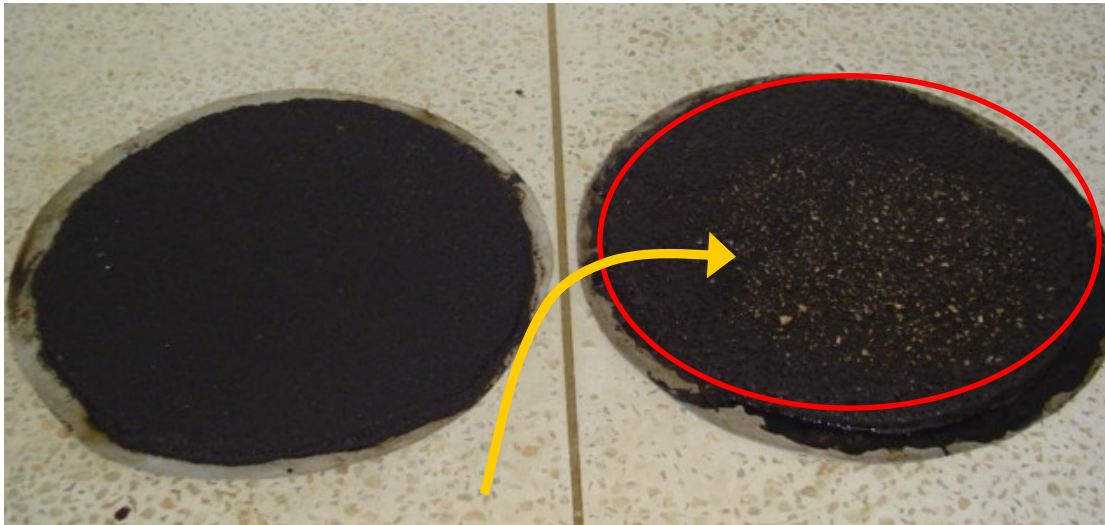
ensayos de abrasión en vía húmeda-(Wet Track Abrasión Test), y el tiempo de curado de la lechada asfáltica mediante el ensayo de cohesión.

**3.5.2.1 Abrasión en pista Húmeda (Wet Track Abrasión Test Wtat); -INV E-780-** . Describe el procedimiento para determinar las pérdidas de masa por abrasión que sufre una muestra de lechada asfáltica, a l someterla a desgaste en las condiciones establecidas en el laboratorio.

Mediante este método es posible determinar el contenido mínimo de emulsión necesaria para que las pérdidas por abrasión sean inferiores al valor límite establecido por la experiencia.



Figura 28. Equipo para ensayo de Abrasión en pista húmeda.



### Desgaste

Figura 29. Dos especímenes de lechada del ensayo de Abrasión en pista húmeda, el de la izquierda es el espécimen sin ningún desgaste, y el de la derecha es el espécimen después ser sometido al desgaste con la manguera de caucho.

El equipo de Abrasión en Pista húmeda tiene una cabeza de caucho que se pone a girar por determinado tiempo, sobre los especímenes que se encuentran dentro de una taza con agua a temperatura ambiente (+ o – 25°C), con una velocidad que varía dependiendo del modelo del equipo.

Este ensayo simula el desgaste que le generan los autos a la lechada.

**3.5.2.2 Método de ensayo para clasificar las lechadas bituminosas por medio del par de Torsión, en el Cohesiómetro, en función del tiempo de curado; - INV E – 780.** Determina el procedimiento que debe seguirse para clasificar las lechadas asfálticas de acuerdo con la evolución de la consistencia de las mismas y en función del tiempo de curado necesario para que presenten una determinada cohesión.

En el ensayo se miden los pares de torsión generados durante el desarrollo de las fuerzas de cohesión en la muestra, con los que se definen el tiempo de curado y el tiempo de apertura al tráfico a partir de un par de torsión determinado y del tiempo

transcurrido, desde la fabricación de la lechada, necesario para alcanzar el par establecido.



Figura 30. Cohesímetro



Figura 31. Cohesímetro preparado para el torque.



Figura 32. Pastillas para ser ensayadas



Figura 33. Pastilla ya ensayada



Figura 34. Equipo Cohesímetro

Este ensayo ayuda a estimar un tiempo necesario mínimo para abrir el pavimento al tránsito de los automóviles, con una velocidad de 30 kph.

**3.5.2.3 Exudación y deformación de lechadas asfálticas con máquina de Rueda Cargada (LWT); - INV E – 799.** Determina la resistencia a la exudación y deformación que sufre una muestra de lechada asfáltica, al someterla a compactación, con una rueda cargada.

Mediante este método es posible determinar el contenido máximo de emulsión en la lechada para evitar exudaciones, bajo cargas de tráfico pesado.

Durante este ensayo también se pueden efectuar medidas adicionales para estudiar tasas de compactación y deformación plástica de mezclas



Figura 35. Maquina rueda cargada



Figura 36. Maquina de rueda cargada con espécimen.

**3.5.3 Ejemplos de Diseño de lechadas.** La información de los diseños fue suministrada por la empresa Manufacturas y Procesos Industriales- MPI.

**Diseño # 1.**

Este diseño cuenta con materiales de Pescadero y una emulsión de MPI-CRL-1hm

1. Caracterización del material

Esta granulometría se ajusto al de una lechada tipo LA-2.

Malla	% del agregado que pasa	Norma a la que se ajusta - <b>LA-2</b>
3/8"	100	100
N°4	92,5	70 - 90
N°8	55,5	45 - 70
N°16	39,4	28 - 70
N°30	24,2	19 - 34
N°50	16,5	12 - 25
N°80	10	7 - 18
N°200	5,2	5 - 11

Tabla 2. Granulometría del diseño #1. Material pescadero.

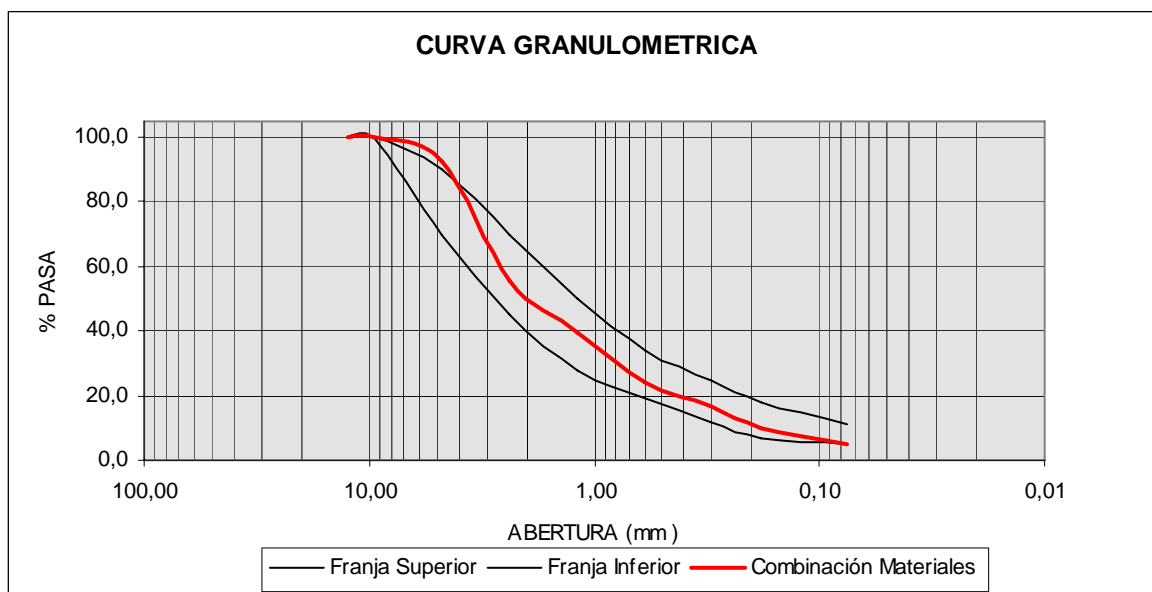


Figura 37. Curva granulométrica del diseño # 1

Peso volumétrico suelto y seco (Kg/m <sup>3</sup> )	1594
Equivalente de arena (%)	88,9
Gravedad específica	2,621
Absorción (%)	1,993
Caras Fracturadas (%)	88,9
Retenido en 1/4'' (%)	2,2

Tabla 3. Características del material de pescadero.

## 2. Porcentaje de emulsión óptima

### 2.1. Contenido de emulsión teórica

Este cálculo es determinado por el método Duriez, para el material analizado el porcentaje de emulsión teórica es de 12,3 % que es el 7,5 % de asfalto Residual.

### 2.2. Condiciones preliminares de Mezclado

Estas condiciones se determinan en el proceso de cálculo del porcentaje de emulsión por el método Duriez.

Emulsión a emplear	MPI-CRL-1hm
Agua de preenvuelta y mezclado, %	12,0
Contenido de cemento %	1,0
Contenido de Asfalto %	7,5
Contenido de emulsión, al 61 % de Asfalto	12,3
Humedad total del mezclado,%	16,8
Tiempo de mezclado, Minutos	>3
Tiempo de rotura en el Laboratorio, Minutos	9,0
Manejabilidad	Buena

Tabla 4. Condiciones preliminares de mezclado para el diseño #1.

### 3. Ensayo de Abrasión (W.T.A.T)

Según las condiciones de mezclado determinadas se procede a la elaboración de los especímenes de prueba a diferentes porcentajes de emulsión. Se escogieron cinco puntos alrededor del contenido de asfalto teórico para determinar el comportamiento de la abrasión con la variación del contenido de asfalto residual.

Emulsión, %	9	11	12	13	15
Asfalto,%	5,5	6,7	7,3	7,9	9,2
Perdidas, gr/m <sup>2</sup>	1680	759,9	351	255	191

Tabla 5. Datos del ensayo de Abrasión en pista húmeda, diseño #1.

De acuerdo al intervalo de 3% de emulsión establecido en el ensayo W.T.A.T (Wet Track Abrasión Test) el cual determino el porcentaje mínimo de emulsión, la siguiente curva muestra el porcentaje de emulsión mínimo, para la pérdida por abrasión de 650 gr./m<sup>2</sup>, y el porcentaje de emulsión óptimo a emplear en la forma de trabajo.

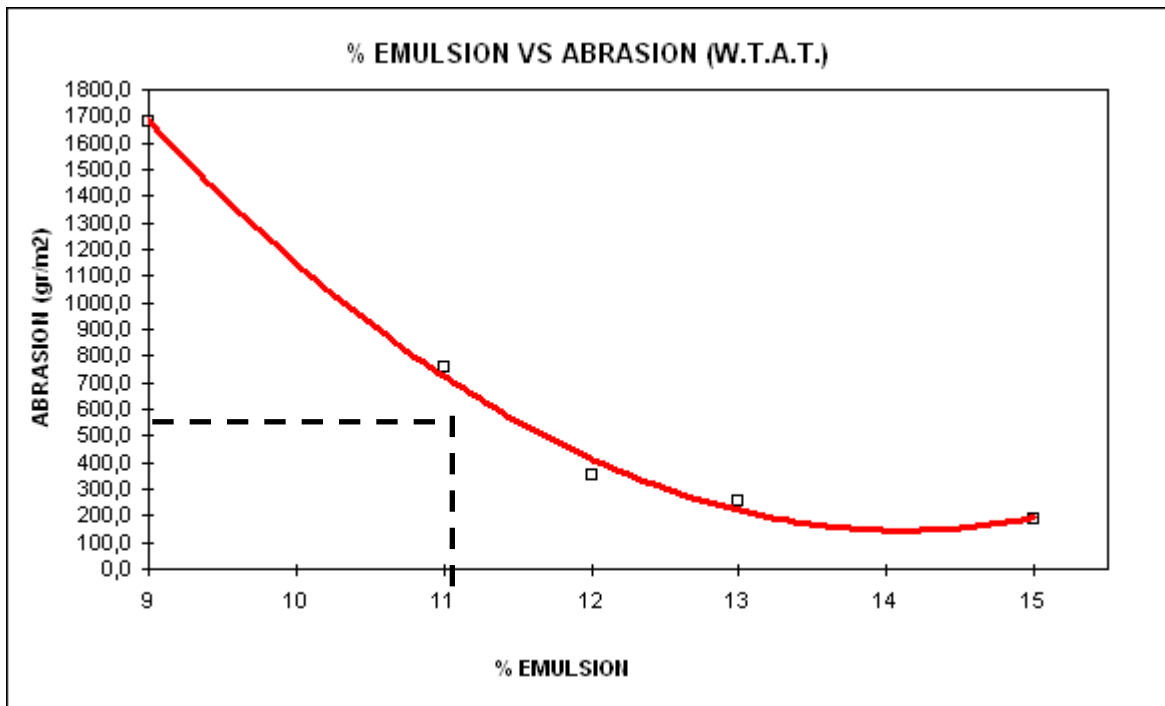


Figura 38. Grafica de % Emulsión vs. Abrasión, Diseño #1.

Concentración de asfalto en la emulsión		61,00%
Mínimo de emulsión (% Asfalto Residual por Duriez)		11,00%
Tolerancia admisible entre el mínimo (W.T.A.T.) y el máximo (L.W.T.)		3,00%
Optimo de emulsión estimado	(11,1% + 1.5%)	12,60%

#### 4. Ensayo de Cohesión

Este ensayo se realiza después de que se conocen las condiciones óptimas de mezclado; permite conocer el momento en que sucede la rotura de la emulsión y la cohesión mínima que el mortero debe tener para considerar que se puede abrir al tráfico inmediatamente. También logra definir el progreso del curado y fraguado de la mezcla a medida que va pasando el tiempo y pierde humedad.

Los siguientes son los resultados a temperatura ambiente del laboratorio (25°C):

Espécimen No.	Hora de humedad Elaboración p.m	Hora de Rompimiento p.m	Hora de espécimen ensayado p.m	Cohesión Kg/cm	%	min.
1	02:20	02:29	02:40	14,5	14,5	20
2	02:20	02:29	03:10	21	13,4	50
3	02:20	02:29	03:40	26,5	11,1	80
4	02:20	02:29	04:10	29	10,4	110
5	02:20	02:29	04:30	32	9,1	130

Tabla 6. Resultados del ensayo con el Cohesímetro, diseño #1.

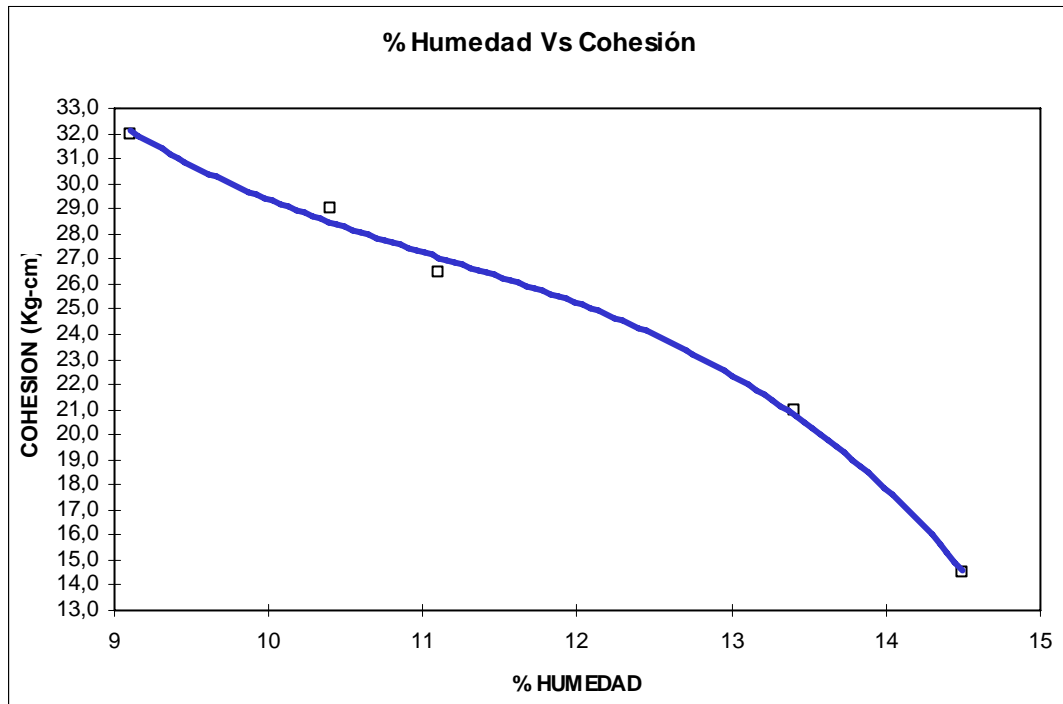


Figura 39. Grafica % humedad vs. Cohesión, Diseño # 1.

% Hum.	Cohesión
14,5	14,5
13,4	21,0
11,1	26,5
10,4	29,0
9,1	32,0

Tabla 7. % de Humedad vs. Cohesión, Diseño # 1.

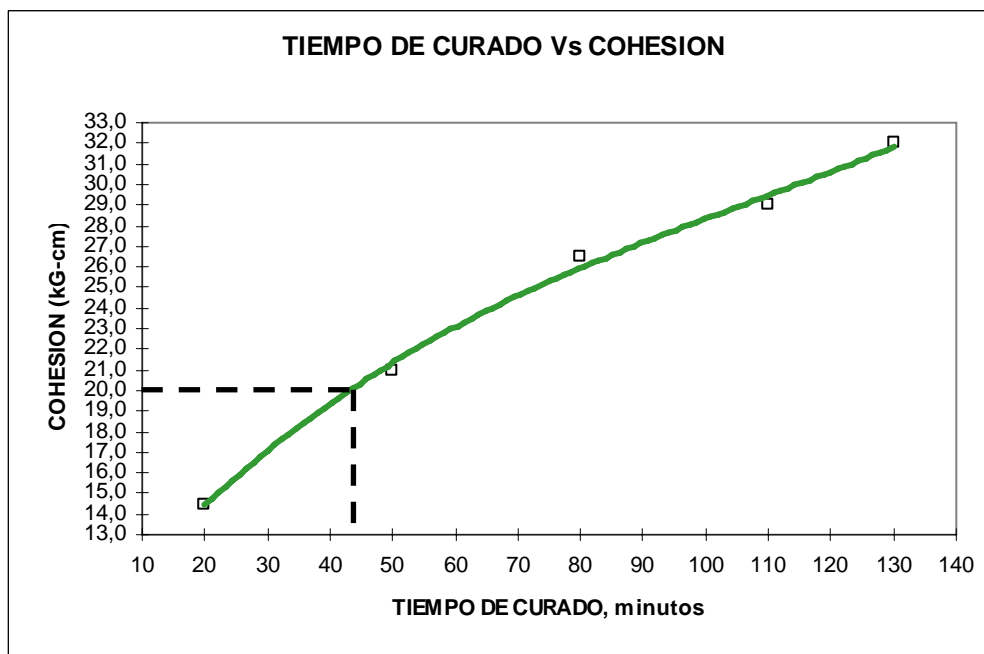


Figura 40. Tiempo de curado vs. Cohesión, Diseño #1.

Tiempo, min.	Cohesión
20	14,5
50	21,0
80	26,5
110	29,0
130	32,0

Tabla 8. Tiempo vs. Cohesión, Diseño #1.

Una emulsión de puede categorizar de la siguiente manera:

- Curado lento y apertura lenta, si la cohesión es inferior a 12 Kg-cm a los 30 minutos;
- Curado rápido y apertura lenta, cuando la cohesión es superior a 12 Kg-cm a los 30 minutos e inferior a 20 KG-cm a los 60 minutos;
- Curado rápido y apertura rápida cuando la cohesión es superior a 20 Kg-cm a los 60 minutos.

Según esto la emulsión clasifica en un tiempo de rotura en el laboratorio a 25°C es de 10 minutos.

El tiempo de apertura al tráfico a velocidad moderada (30 K.P.H) es de 43 minutos.

Y la emulsión queda clasificada como Curado Rápido y apertura rápida al tráfico.

#### 5. Condiciones optimas de mezclado

Según las curvas y los ensayos realizados se hallan las condiciones optimas del mezclado

Emulsión a emplear	MPI-CRL-1hm
Agua de preenvuelta y mezclado, %	11,9
Contenido de cemento %	1,0
Contenido de Asfalto %	7,7
Contenido de emulsión, al 61 % de Asfalto	12,6
Humedad total del mezclado,%	16,8
Tiempo de mezclado, minutos	>3
Manejabilidad	Buena

Tabla 9. Condiciones optimas de mezclado, diseño #1.

## Diseño # 2

El diseño se realizara con Residuo de Trituración del Río Nus- y Arena de Reboque

### 1. Caracterización del material

Para encajar el material en la especificación LA-3, se recomienda mezclar primero y clasificar después la mezcla de 85% de residuo de trituración de Río Nus y 15% de arena de Reboque. La granulometría de los materiales pétreos individuales y mezclados es la siguiente:

Malla	% del agregado que pasa Río Nus A	% del agregado que pasa Arena Reboque B	Combinación 85% A + 15% B	Norma a la que se adecua LA-3
3/8"	100	-	100	100
N°4	83.0	-	93.0	85-100
N°8	70.9	100	80.8	65-90
N°16	56.9	99.9	66.1	45-70
N°30	31.2	97.8	42.3	30-50
N°50	13.4	66.2	21.7	18-30
N°80	8.2	25.2	12.6	10-20
N°200	6.2	3.1	5.4	5-15

Tabla 10. Granulometría del diseño #2. Materiales del Río Nus y arena Reboque.

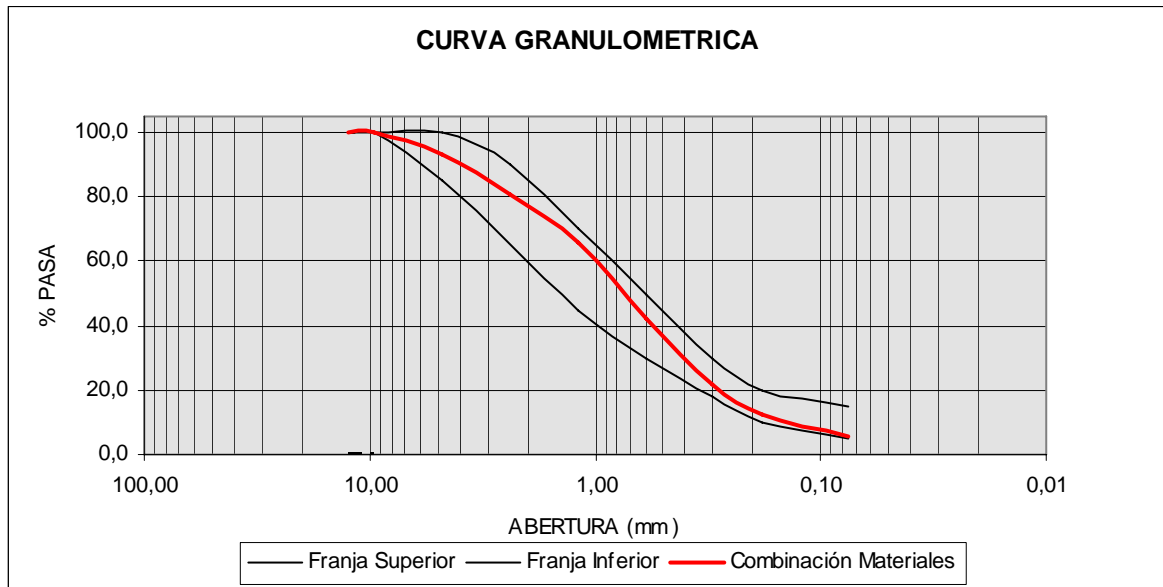


Figura 41. Curva granulométrica del diseño #2.

Peso volumétrico suelto y seco (Kg/m <sup>3</sup> )	1565
Equivalente de arena (%)	65,4
Gravedad específica	2,715
Absorción (%)	1,216
Caras Fracturadas (%)	83,4

Tabla 11. Características de la combinación de los dos materiales, diseño #2.

## 2. Porcentaje de emulsión óptima

### 2.1. Contenido de emulsión teórica

El porcentaje de emulsión teórica determinada por el método de Duriez para el material en estudio es de 12.6% (7.7% de asfalto residual).

### 2.2. Condiciones de Mezclado

Las condiciones de mezclado preliminares al contenido de emulsión teórica calculado por Duriez fueron las siguientes:

Emulsión a emplear	MPI-CRL-1hm
Agua de preenvuelta y mezclado, %	14,0
Contenido de Sulfato de aluminio,%	0,5
Contenido de cemento %	0,5
Contenido de Asfalto %	7,7
Contenido de emulsión, al 61 % de Asfalto	12,6
Humedad total del mezclado,%	18,9
Tiempo de mezclado, Minutos	>3
Tiempo de rotura en el Laboratorio, Minutos	15,0
Manejabilidad	Buena

Tabla 12. Condiciones preeliminarias de mezclado para el diseño #2.

### 3. Ensayo de Abrasión (W.T.A.T)

Emulsión, %	9,5	11,5	12,5	13,5	15,5
Asfalto,%	5,8	7	7,6	8,2	9,4
Perdidas, gr/m <sup>2</sup>	539	206	81	71,8	36,1

Tabla 13. Datos de ensayo de Abrasión en pista húmeda, diseño #2.

Con el presente diseño, no se puede determinar el mínimo de emulsión ya que todos los resultados obtenidos se encuentran por debajo de la abrasión máxima permitida de 650 gr/m<sup>2</sup>, lo cual indica que la mezcla tiene excelente desempeño. Con los resultados obtenidos, se puede considerar como mínimo el porcentaje de emulsión teórico (12.6%) calculado por el Método de Superficie Específica o Método de Duriez, para lo cual el contenido de emulsión óptimo sería de 14.1 %.

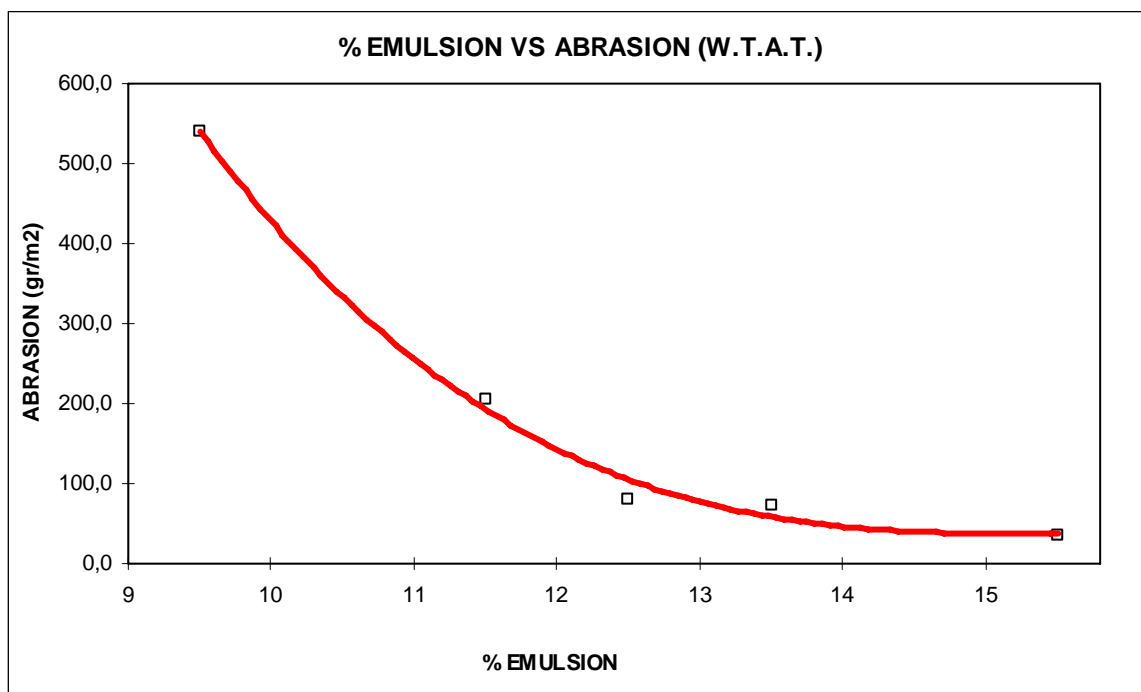


Figura 42. % de Emulsión vs. Abrasión, diseño #2.

Concentración de asfalto en la emulsión	61,00%
Mínimo de emulsión (% Asfalto Residual por Duriez)	12,60%
Tolerancia admisible entre el mínimo (W.T.A.T.) y el máximo (L.W.T.)	3,00%
Optimo de emulsión estimado	(12,6% + 1.5%)
	14,10%

#### 4. Ensayo de Cohesión

Espécimen No.	Hora de humedad Elaboración p.m	Hora de Rompimiento p.m	Hora de espécimen ensayado p.m	Cohesión Kg/cm	%	min.
1	08:50	09:05	09:20	14.0	15.6	30
2	08:50	09:05	08:50	16.0	14.8	60
3	08:50	09:05	10:20	18.0	13.1	90
4	08:50	09:05	10:50	20.0	12.0	120
5	08:50	09:05	11:20	23.0	11.2	180

Tabla 14. Resultados del ensayo con el Cohesiómetro, diseño #2.

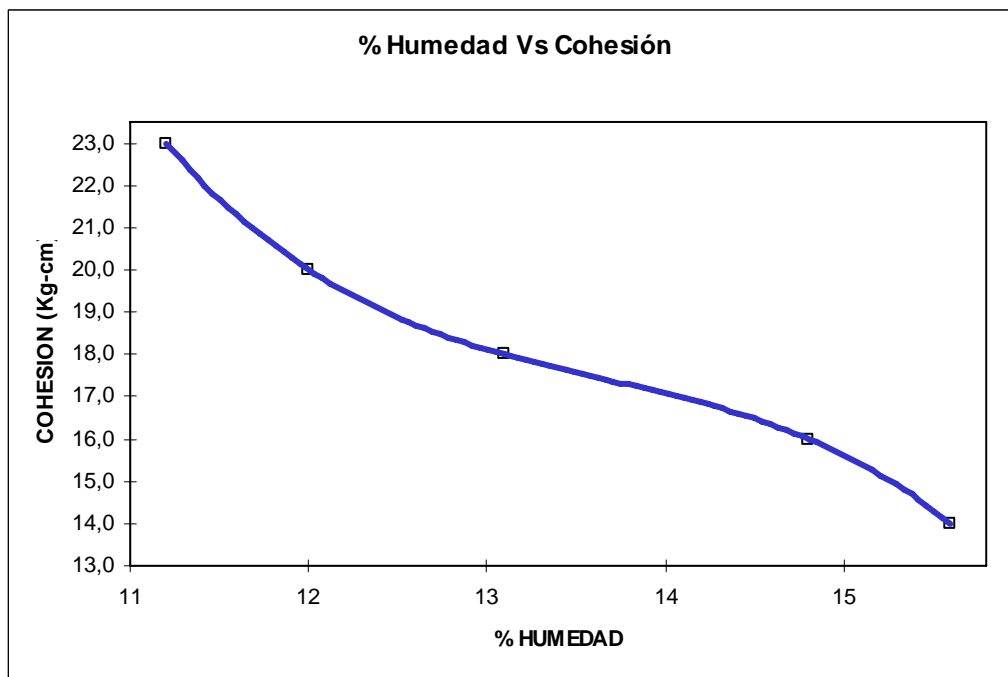


Figura 43. % Humedad v. Cohesión, diseño #2.

%Hum.	Cohesión
15,6	14,0
14,8	16,0
13,1	18,0
12	20,0
11,2	23,0

Tabla 15. % Humedad vs. Cohesión, diseño #2.

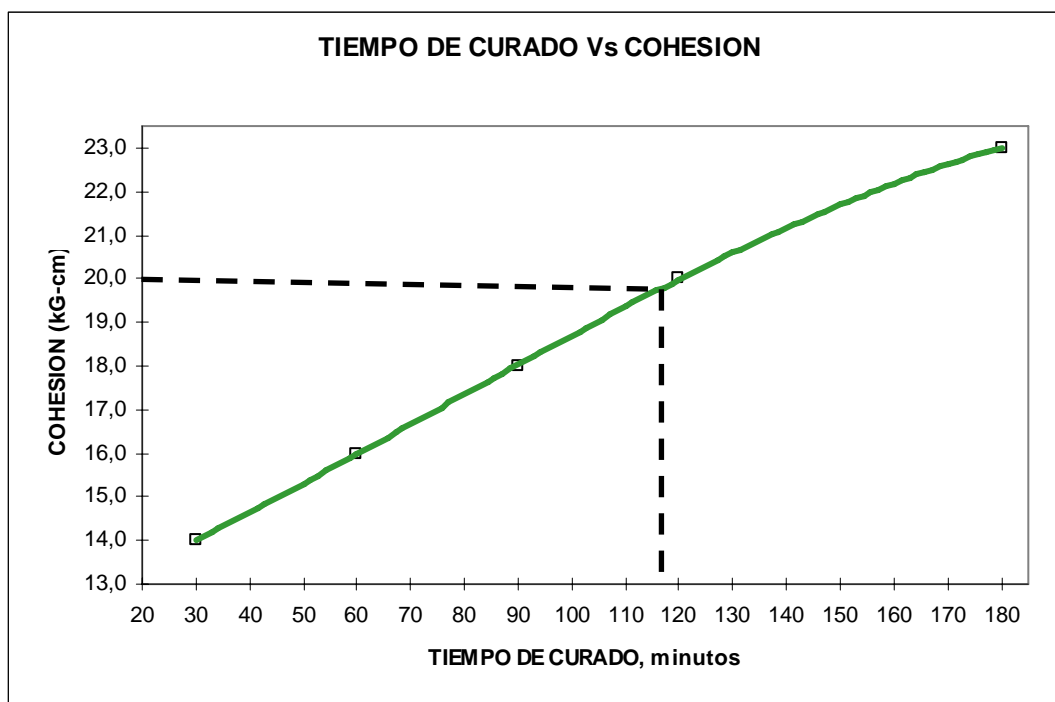


Figura 44. Tiempo de curado vs. Cohesión, diseño #2.

Tiempo, min.	Cohesión
30	14,0
60	16,0
90	18,0
120	20,0
180	23,0

Tabla 16. Tiempo vs. Cohesión, diseño #2.

**Según esto, la emulsión clasifica en un tiempo de rotura en el laboratorio a 25°C es de 15 minutos.**

El tiempo de apertura al tráfico a velocidad moderada (30 K.P.H) es de 120 minutos.

Y la emulsión queda clasificada como Curado Rápido y apertura lenta al tráfico.

#### 5. Condiciones optimas de mezclado

Según las curvas y los ensayos realizados se hallan las condiciones optimas del mezclado

Emulsión a emplear	MPI-CRL-1hm
Agua de preenvuelta y mezclado, %	13,4
Contenido de Sulfato de Aluminio, %	0,5
Contenido de cemento %	0,5
Contenido de Asfalto optimo %	8,6
Contenido de emulsión, al 61 % de Asfalto	14,1
Humedad total del mezclado,%	18,9
Tiempo de mezclado, Minutos	>3
Manejabilidad	Buena

Tabla 17. Condiciones optimas de mezclado, diseño #2.

#### 3.5.4 Implementos adicionales para los equipos de Lechadas Asfálticas de CORASFALTOS

Para el óptimo desarrollo del diseño de la lechada, se encontró que existían varios artículos que se requerían, y estos fueron:

- Soporte de Madera: Empleado para introducir a los hornos con lo platos del ensayo de Abrasión en pista húmeda y el de exudación y deformación con maquina de rueda cargada. Las dimensiones fueron estandarizadas gracias

a la capacidad de los hornos y del tamaño de los discos de los especímenes.



Figura 45. Soporte de Madera

- Láminas Galvanizadas redondas de calibre # 18 para el ensayo de Abrasión en pista húmeda y rectangulares para el ensayo de Exudación y deformación de las lechadas con la Máquina de Rueda cargada.



Figura 46. Láminas para ensayos de abrasión y exudación.

- La compra del recipiente cilíndrico y cóncavo en la parte inferior, la cuchara y la regla para la mezcla de la lechada y la homogenización de esta cuando se este vertiendo en el molde con el disco.



Figura 47. Taza, cuchara y embudo para lechadas

- Un molde de Acero con un espesor de 6 mm. exigidos por norma, con un orificio circular interno.



Figura 48. Molde para los especímenes de Abrasión

**3.5.5 Comentarios Generales que reporta la bibliografía de las lechadas.** Las lechadas se usan para mantenimiento y conservación de pavimentos en carreteras, aeropuertos, parqueaderos, como también sobre bases estabilizadas en vías de segundo y tercer orden para mejorar y proteger la superficie.

Cuando se va aplicar una Lechada Asfáltica, la superficie debe estar completamente libre de polvo, basura, maleza o vegetación, para ello hay que realizar una limpieza con palas, cepillos y/o compresor. Incluso cuando la superficie presenta barro o material grueso que no se remueve con el anterior procedimiento, es necesario hacer un lavado con agua del área afectada.

Si el pavimento presenta fisuras, éstas deben estar totalmente limpias y secas para ser tratadas con POLYBIT (Sellante Asfáltico modificado con polímeros para tratamiento de grietas y juntas de dilatación). Este sellamiento es necesario, ya que retardamos el reflejo de fisuras con el tiempo sobre la lechada asfáltica.

La superficie y la zona donde va a ser aplicada la lechada debe estar por encima de los 5°C y no existir presagios de lluvia. Caso contrario ocurre cuando el pavimento presenta temperaturas superiores a los 45°C, en este caso hay que humedecer con agua para disminuir dicha temperatura.

Con base en los resultados expedidos por el laboratorio, se procede a realizar una verificación en el laboratorio de la obra y la calibración de la máquina aplicadora de lechadas. En varios casos los porcentajes de agua de pre- envuelta y aditivos son necesarios ajustarlos en obra, al igual que la curva granulométrica y los tiempos de apertura al tráfico, ya que el diseño es elaborado en condiciones óptimas de temperatura, dosificación de materiales, mezclado, etc. Antes de entrar a obra se realizan bachadas de pruebas con la máquina para evaluar manejabilidad de la mezcla, tiempo de rotura de la emulsión % de asfalto de la mezcla, espesor, textura, etc.

Los tiempos de apertura al tráfico una vez se ha aplicado la Lechada Asfáltica dependen en gran parte de las condiciones ambientales (clima y humedad relativa de la zona), de tal forma que no siempre se abre tránsito de vehículos sobre el tratamiento al mismo tiempo después de haber terminado la aplicación.

Una vez se autorice la apertura al tránsito, se debe evitar movimientos bruscos de operación por parte de los conductores, esto es necesario, durante algunos días hasta que la mezcla haya alcanzado la cohesión total; entre los más comunes se encuentran: “frenadas”, “arrancadas” o giros, ya que generan desplazamientos de la mezcla; si esto llegase a ocurrir, los arreglos se pueden realizar manualmente.

Para garantizar que se cumple con los requerimientos establecidos en el diseño, se realizan los siguientes ensayos de laboratorio en obra.

- PRUEBA DE MANEJABILIDAD: Con base en los parámetros de diseño se realiza una mezcla manual de los materiales (emulsión, agregados, aditivos, agua), con ello verificamos sus porcentajes, tiempo de rotura de la emulsión, manejabilidad de la mezcla en la caja aplicadora y determinamos si es necesario realizar algunos ajustes.
- EMULSION ASFALTICA: Cada vez que llegue Emulsión Asfáltica a la obra, se debe comprobar el % de asfalto, mediante la prueba de evaporación rápida; una vez se obtenga un resultado óptimo de dicha prueba, se realiza una prueba de manejabilidad con los materiales.
- AGREGADOS: En obra se realiza la verificación de la curva granulométrica a la mezcla de agregados que se encuentran en el acopio. La frecuencia de este ensayo es al iniciar la obra, 2 veces por semana ó cada vez que se realice la mezcla de agregados por parte de la maquinaria.

- BACHADA DE PRUEBA: Una vez se ha comprobado y realizado los respectivos ajustes, se realiza una prueba con la máquina aplicadora. Con esta bachada se observan factores como textura de la Lechada, manejabilidad de la mezcla en la caja aplicadora, espesor, etc. Durante esta bachada se toma la primera muestra de Lechada, y se obtiene el porcentaje de asfalto, mediante la extracción.
- EXTRACCION DE ASFALTO: Durante la jornada diaria de aplicación de la lechada se debe tomar una muestra aleatoria. Esta muestra no debe ser tomada en el inicio o el final del tramo. La frecuencia de este ensayo es una diaria.

Cuando se realice la aplicación en intersecciones, cruces o en sitios de entrada y salida de vehículos, es necesario regar arena fina sobre la superficie para evitar daños causados por la entrada y salida de vehículos de dichos sitios.



1 Figura 49. Acabado Cr. 39 norte



Figura 50. Pista de Cali.



Figura 51. Caracoli.



Figura 52. Campo Rubiales

**3.5.6 Recomendaciones que reporta la bibliografía de las Lechadas.** Antes de dar apertura al tráfico, se debe garantizar que la Lechada haya adquirido la cohesión necesaria de tal manera que en el momento de una maniobra de alta velocidad no se presentaran desplazamientos del tratamiento aplicado.

Una vez se tenga un acopio representativo del material, se recomienda realizar ensayos de mezcla con la emulsión asfáltica y enviar muestras a laboratorio, con el fin de verificar su calidad y las condiciones de mezclado dadas en la fórmula de trabajo.

Es muy importante realizar un buen manejo de los materiales, de tal forma que se garantice la no presencia de sobre tamaños que afecten el acabado del tratamiento. Si sucede una contaminación, lo más recomendable es volver a clasificar todo el volumen a emplear en la obra. Por otro lado, la clasificación y el manejo del material deben realizarse en zonas limpias donde se evite la contaminación con arcilla, materia vegetal, sobre tamaños, etc. En este caso se recomienda mezclar los materiales en las condiciones anotadas y clasificarlos posteriormente.

En la obra se deben realizar diariamente controles de granulometría, porcentaje de asfalto residual y compatibilidad con la emulsión asfáltica superestable MPI-CRL-1hm. Cualquier cambio en la calidad del material o en la fuente de materiales, debe ser reportado a los laboratorios pertinentes del proveedor con el correspondiente envío de muestras para estudio.

#### **4. CONCLUSIONES**

Se logró participar en el laboratorio de asfaltos, mezclas y suelos dando como resultado un conjunto de conocimientos sobre estas áreas, y contribuyendo al desempeño como ingeniero integral dentro de CORASFALTOS.

Adquiridos todos los conocimientos sobre las normas y conceptos teóricos fundamentales, se completaron las capacitaciones para varios ensayos de asfaltos, mezclas asfálticas, suelos y con ello se logra la autorización para la realización de ensayos dentro del laboratorio, adquiriendo además la competencia necesaria para trabajar en cualquier laboratorio acreditado y/o certificado.

Se conoció y compartió las actividades de asesoría a proyectos de construcción de pavimentos empleando técnicas alternativas que representan ahorros significativos en los costos finales de una estructura.

La participación, conocimiento y manejo de los Sistemas de Gestión de la Calidad, permitió adquirir habilidades y destrezas en los procesos de estandarización, repetibilidad, reproducibilidad y modelo de evaluación de servicios y proveedores.

Se recopiló información necesaria para la implementación del servicio de lechadas asfálticas y con esto el desarrollo de este trabajo deja planteado un procedimiento o un instructivo preliminar para el Sistema de Gestión de la Calidad y que consiste en:

##### **1. Caracterización de los agregados**

Mediante ensayos de composición granulométrica, equivalente de arena, peso volumétrico suelto y seco, y el comportamiento frente a la emulsión escogida podemos caracterizarlos para escoger el tipo de lechada.

## 2. Porcentaje de emulsión óptima

La cantidad de asfalto se determina mediante ensayos de laboratorio (Rueda cargada y abrasión en pista húmeda).

Se tienen en cuenta las mejores condiciones de mezclado, manejabilidad y adhesividad, el contenido de asfalto residual óptimo mediante la realización de ensayos de abrasión en vía húmeda-(Wet Track Abrasión Test), y el tiempo de curado de la lechada asfáltica mediante el ensayo de cohesión.

### 2.1. Contenido de emulsión teórico

Este cálculo es determinado por el método Duriez,

### 2.2. Condiciones preliminares de Mezclado

Estas condiciones se determinan en el proceso de cálculo del porcentaje de emulsión por el método Duriez.

### 2.3. Ensayo de Abrasión (W.T.A.T)

### 2.4. Ensayo de Cohesión

### 2.5. Condiciones óptimas de mezclado

## BIBLIOGRAFÍA

CORPORACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN ASFALTOS EN EL SECTOR TRANSPORTE E INDUSTRIAL, CORASFALTOS. Documento transferencia de Tecnología: Preparación de mezclas asfálticas. CORASFALTOS-SENA, 2004.

ASFALTOS Y PAVIMENTOS: Mejoramiento de vías de segundo y tercer orden a bajo costo. CORASFALTOS, Edición No. 10 Año 6, ISSN 0123-8574, Agosto /Diciembre 2004.

INFORMACION VARIADA SUMINISTRADA POR MPI, en lo referente a los Diseños de Lechadas Asfálticas.

NORMAS TECNICAS DEL INVIAS AÑO 2007

CORPORACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN ASFALTOS EN EL SECTOR TRANSPORTE E INDUSTRIAL, CORASFALTOS. Manual de Gestión de La Calidad: Manual de Funciones y Responsabilidades. CORASFALTOS, 2004.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Compendio Normas Técnicas Colombianas Sobre Documentación: presentación y elaboración de trabajos y tesis de grado. Bogotá: ICONTEC, 2006. (NTC1486; NTC1487; NTC1160; NTC1308; NTC1307).

## INFOGRAFÍA

LECHADAS ASFÁLTICAS: En página Web de Road saver:  
<http://www.roadsaver.com/Spanish/slurry-main.htm>, 2000.

DISEÑO DE LECHADAS ASFÁLTICAS: En página Web de Manufacturas y  
Procesos Industriales- MPI:  
[http://www.mpibitumen.com/wmpi\\_htm/wmpi\\_prod\\_04.php](http://www.mpibitumen.com/wmpi_htm/wmpi_prod_04.php), 2004

SLURRY SEAL: En página Web de Valley Slurry Seal Co:  
<http://www.slurry.com/index.shtml> , 2000-2005