

AUXILIAR DE INGENIERIA AL MEJORAMIENTO Y PAVIMENTACION DE LA VIA
TRONCAL DEL MAGDALENA MEDIO – EL CARMEN DE CHUCURI, SECTOR
K0+000 AL K9+500 DEPARTAMENTO DE SANTANDER

“MANUAL DE PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS
ASFÁLTICOS Y OBRAS DE ARTE”

FRANKY MAURICIO VARGAS CUBIDES

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA
2012

AUXILIAR DE INGENIERIA AL MEJORAMIENTO Y PAVIMENTACION DE LA VIA
TRONCAL DEL MAGDALENA MEDIO – EL CARMEN DE CHUCURI, SECTOR
K0+000 AL K9+500 DEPARTAMENTO DE SANTANDER

“MANUAL DE PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS
ASFÁLTICOS Y OBRAS DE ARTE”

FRANKY MAURICIO VARGAS CUBIDES

Trabajo de grado realizado en la modalidad de práctica empresarial como
requisito para obtener el título de ingeniero civil

DIRECTOR DEL PROYECTO DE GRADO

Ing. Ph.D EDUARDO CASTAÑEDA PINZON

Docente de planta Escuela de Ingeniería Civil - UIS

TUTOR DE LA PRÁCTICA

Ing. JUAN CARLOS FLOREZ

Residente de Interventoría

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA
2012



DEDICATORIA

Principalmente a Dios, por todas las bendiciones recibidas y la oportunidad de mejorar cada día.

A mi madre Reynalda Cubides, por todo el amor, confianza, comprensión y apoyo para cumplir esta meta.

A mi novia Paola Jaimés, quien con su amor, cariño e incondicionalidad estuvo recorriendo este camino a mi lado compartiendo cada sueño.

A mi sobrina Angie Paola que con su pequeño comprender me enseñó a valorar las cosas más pequeñas

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi director de proyecto el Ing. Eduardo Castañeda y mi tutor en obra el Ing. Juan Carlos Flórez por su orientación y cooperación para fortalecer mis capacidades como ingeniero civil.

Agradezco a la Universidad Industrial de Santander, de la cual obtuve una formación de alta calidad, además agradezco a todo el cuerpo docente de la escuela de ingeniería civil, quienes compartieron sus conocimientos y experiencias para ayudarme cada día en el crecer profesional.

Agradezco a mis familiares, amigos y compañeros que de alguna forma me aportaron sus conocimientos, sus consejos o su ayuda.

Agradezco al equipo de trabajo que me acompañó en esta práctica empresarial, de los cuales aprendí sus consejos para la vida diaria y profesional.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	15
1. GENERALIDADES	16
1.1 TIPOS DE PAVIMENTOS.....	16
1.1.1 Pavimento flexible	16
1.1.2 Pavimento de capa asfáltica gruesa	16
1.1.3 Pavimento semirígido	17
1.1.4 Pavimento compuesto	18
1.1.5 Pavimento de estructura inversa	18
2. OBRAS DE ARTE	20
2.1 CONSTRUCCION DE BOXCULVERT	20
2.2 CONSTRUCCION DE ALCANTARILLAS	23
3. ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO	27
3.1 CONSTRUCCION DE TERRAPLENES	27
3.1.1 PARTES DEL TERRAPLEN.....	27
3.1.2 MATERIALES	28
3.1.2.1 Requisitos de los materiales	29
3.1.3 EJECUCION DE LOS TRABAJOS.....	30
3.1.3.1 Cuerpo del terraplén.....	33
3.1.3.2 Corona del terraplén.....	37
3.1.4 CONTROL DE CALIDAD	38
3.1.4.1 Calidad de los materiales	38
3.1.4.2 Capa terminada.....	39
3.1.4.3 Compactación.....	40
3.2 CONSTRUCCION DE LA BASE GRANULAR	41
3.2.1 MATERIALES	41
3.2.2 EJECUCION DE LOS TRABAJOS	43

3.2.2.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados	43
3.2.2.2 Preparación de la superficie existente.....	45
3.2.2.3 Fase de experimentación en la construcción de base granular	45
3.2.2.4 Transporte, almacenamiento y colocación del material.....	46
3.2.2.5 Extensión y conformación del material.....	47
3.2.2.6 Compactación.....	49
3.2.3 CONTROL DE CALIDAD	50
3.2.3.1 Calidad de los materiales	50
3.2.3.2 Capa terminada.....	51
3.2.3.3 Compactación.....	51
3.2.3.4 Medidas de deflexión.....	52
3.3 CONSTRUCCION DE LA CAPA DE RODADURA	52
3.3.1 MEZCLA ASFÁLTICA	53
3.3.1.1 Materiales.....	54
3.3.2 DISEÑO MARSHALL.....	56
3.3.3 PROCESO CONSTRUCTIVO.....	57
3.3.3.1 Riego de imprimación.....	57
3.3.3.2 Transporte y descargue	59
3.3.3.3 Colocación de la mezcla	60
3.3.3.4 Compactación de la mezcla	61
3.3.3.5 Riego de liga.....	64
3.3.4 CONTROL DE CALIDAD	66
3.3.4.1 Calidad de los materiales	66
3.3.4.2 Calidad de la mezcla	67
3.3.4.3 Espesor.....	71
CONCLUSIONES	72
BIBLIOGRAFÍA.....	74

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Requisitos de los materiales para terraplenes.....	29
Tabla 2 Verificaciones periódicas de calidad de los materiales.....	39
Tabla 3 Requisitos de los agregados para afirmados, bases granulares y bases granulares.....	44
Tabla 4 Franjas granulométricas de base granular.....	42
Tabla 5 Tolerancias granulométricas de subbase y base granular.....	43
Tabla 6 Verificaciones periódicas de calidad de los materiales.....	50
Tabla 7 Tipo de mezcla por utilizar en función del tipo y espesor compactado de la capa.....	53
Tabla 8 Franjas granulométricas para mezclas asfálticas en caliente.....	55
Tabla 9 Especificaciones del cemento asfáltico.....	55
Tabla 10 Criterios de diseño de la mezcla asfáltica en caliente por el método Marshall.....	56
Tabla 11 Criterios de comprobación del diseño volumétrico de la fórmula de trabajo.....	57
Tabla 12 Ensayos de verificación sobre los agregados para mezclas en caliente.....	66
Tabla 13 Tolerancias granulométricas de los agregados para mezclas densas, semidensas y gruesas en caliente y mezclas de alto módulo.....	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Estructura de pavimentos flexibles.....	17
Figura 2 Estructura de pavimento de capa asfáltica gruesa.....	17
Figura 3 Estructura de pavimento semirrígido.....	18
Figura 4 Estructura de pavimento compuesto.....	19
Figura 5 Pavimento de estructura inversa.....	19
Figura 6 Excavación para boxculvert.....	21
Figura 7 Solado de limpieza.....	21
Figura 8 Refuerzo figurado.....	22
Figura 9 Acero de refuerzo y formaleta.....	22
Figura 10 Fundida de boxculvert.....	23
Figura 11 Excavación para alcantarilla.....	24
Figura 12 Solado de limpieza.....	24
Figura 13 Colocación de tubería.....	25
Figura 14 Tubería brechada.....	25
Figura 15 Atraque para tubería.....	26
Figura 16 Colocación de concreto hidráulico.....	27
Figura 17 Esquema del comportamiento de pavimentos flexibles.....	27
Figura 18 Partes del terraplén.....	28
Figura 19 Cantera de material para terraplén.....	29
Figura 20 Excavación para mejoramiento de banca.....	31
Figura 21 Mejoramiento de banca con material cobertura.....	32
Figura 22 Escarificación del terreno base.....	32

Figura 23 Colocación de geotextil para construcción del cuerpo del terraplén.....	33
Figura 24 Descargue del material en la vía.....	33
Figura 25 Extensión del material para terraplén.....	34
Figura 26 Detalle de la extensión del material con motoniveladora.....	35
Figura 27 Terraplén estabilizado con cal.....	35
Figura 28 Compactación del terraplén.....	36
Figura 29 Corona del terraplén.....	37
Figura 30 Toma densidad en el campo de corona del terraplén.....	40
Figura 31 Cono de la trituradora mecánica.....	42
Figura 32 Superficie compactada para construcción de base granular.....	46
Figura 33 Colocación de base granular.....	47
Figura 34 Acopio de material para base granular.....	47
Figura 35 Extensión del material.....	48
Figura 36 Humedecimiento de la base granular.....	49
Figura 37 Compactación de base granular.....	49
Figura 38 Toma densidad en el campo de base granular.....	52
Figura 39 Superficie de base granular para imprimación.....	58
Figura 40 Riego de imprimación.....	58
Figura 41 Descargue de la mezcla en obra.....	59
Figura 42 Temperatura en la tolva.....	60
Figura 43 Chequeo del espesor colocado.....	61
Figura 44 Extensión de la mezcla.....	62
Figura 45 Temperatura de compactación de la mezcla.....	63
Figura 46 Compactación inicial con vibrocompactador.....	63

Figura 47 Compactación con vibrocompactador de rodillo.....64

Figura 48 Compactación con compactador de llantas.....65

Figura 49 Riego de liga.....65

Figura 50 Elaboración de briquetas.....68

Figura 51 Extracción del núcleo.....70

Figura 52 Huecos debido a la extracción de núcleo.....71

Figura 53 Espesor de núcleos.....71

RESUMEN

TITULO: AUXILIAR DE INGENIERIA AL MEJORAMIENTO Y PAVIMENTACION DE LA VIA TRONCAL DEL MAGDALENA MEDIO – EL CARMEN DE CHUCURI, SECTOR K0+000 AL K9+500 DEPARTAMENTO DE SANTANDER “MANUAL DE PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y OBRAS DE ARTE”*

AUTOR: FRANKY MAURICIO VARGAS CUBIDES**

PALABRAS CLAVES: terraplén, base granular, mezcla asfáltica, obras de arte, densidades, control de calidad.

DESCRIPCION:

El presente proyecto describe la práctica empresarial realizada en una Interventoría de las UIS bajo el cargo de Auxiliar de Ingeniería en el mejoramiento y pavimentación de la vía troncal del Magdalena Medio – el Carmen de Chucuri y como aporte se ofrece un manual de procesos de construcción de pavimentos asfálticos y obras de arte.

El manual da a conocer el proceso constructivo de un pavimento tradicional; se describe tal procedimiento por capas donde abarca los materiales utilizados, el proceso constructivo y el control de calidad, además se explicara también la construcción de alcantarillas y boxculvert.

Este proyecto resalta la importancia del control de calidad desde la aprobación de materiales a utilizar, hasta terminar la actividad por ejecutar, se muestra los puntos críticos en la realización de cada actividad.

El manual se concibió para su fácil interpretación por los cual se describió cada procedimiento mediante fotografías, esto pensando en los estudiantes de ingeniería civil que no han podido tener una visión física de la construcción de un proyecto vial.

Al finalizar el estudio de este manual se pretende que el estudiante, tenga las capacidades mínimas para entender cada procedimiento constructivo, además de poder desenvolverse en este campo de aplicación de ingeniería civil, estas nuevas capacidades aprendidas mejoraran notablemente su perfil profesional, dándole herramientas de juicio para afrontar las problemáticas que acarrea el oficio de la ingeniería.

* Proyecto de grado. Modalidad práctica empresarial.

**Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director. Ph.D Eduardo Castañeda Pinzón.

SUMMARY

TITLE: ENGINEERING ASSISTANT TO THE IMPROVEMENT AND PAVING OF THE MAGDALENA MEDIO - EL CARMEN DE CHUCURI MAIN ROAD, SECTOR THAT GOES FROM THE K0+000 TO THE K9+500 DEPARTMENT OF SANTANDER "MANUAL ABOUT BUILDING PROCESSES OF ASPHALT PAVING AND ARTWORK"

AUTHOR: MAURICIO VARGAS FRANKY CUBIDES**

KEYWORDS: embankment, granular base, asphalt, artwork, density, quality control.

DESCRIPTION:

This project describes the business practice fulfilled in an audit of the UIS by the role as Assistant Engineering in the improvement and paving of the Magdalena Medio - El Carmen de Chucuri main road, and as a contribution it's offering a manual about building processes of Asphalt paving and artwork.

The manual shows the building process for pavement traditional, it's described according to the layers that include the materials used in the process, the building process and quality control; it also explains the construction of sewers and boxculvert.

This project highlights the importance of the quality control from the approval of materials to using, up to finishing the activity for executing, one shows the critical points in the accomplishment of every activity

The manual was designed for easy interpretation, each procedure is described by photographs, thinking of the civil engineering students that haven't could a physical view of the construction of a road project.

On having finished the study of this manual there is claimed that the student, has the minimal aptitudes to understand every constructive procedure, beside being able to be unrolled in this field of application of civil engineering, these new learned capacities were improving notably his professional profile, giving him tools of judgment to confront the problematic ones that the trade of the engineering.

* Graduation Project. Modality Business Practice

**Faculty of Physical-Mechanics Engineering. School of Civil Engineering. Director Ph.D Eduardo Castañeda Pinzón.

INTRODUCCION

Un parámetro que sirve para impulsar la economía de una región es el fácil acceso que se tiene a la misma ya que promueve el turismo o el intercambio de productos según sea el caso. Las condiciones de las vías utilizadas para estos fines marca el progreso económico de la región ya sea por disminuir los costos de operación, comodidad al usuario, velocidad adecuadas, entre otras.

La pavimentación de una vía encierra diferentes variables las cuales se deben tener en cuenta para garantizar su funcionalidad, para esto se realizan diferentes obras para su estabilidad y ensayos de laboratorio para el control de calidad, de los cuales depende la vida útil de la vía.

El proceso constructivo influye también en la calidad de la obra, para este fin las construcciones de carreteras en Colombia se supervisan de acuerdo a las Normas del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), estas normas plasman en su contenido la forma de realizar los diferentes ensayos para el control de calidad, además contempla las pautas a seguir en el avance físico de un proyecto vial.

En el siguiente manual se explicara el proceso constructivo y control de calidad para la pavimentación de una vía secundaria, además de sus obras de arte principalmente boxculvert y alcantarillas.

Este manual se elaboró con base a la experiencia obtenida bajo la modalidad de práctica empresarial como AUXILIAR DE INGENIERIA AL MEJORAMIENTO Y PAVIMENTACION DE LA VIA TRONCAL DEL MAGDALENA MEDIO – EL CARMEN DE CHUCURI, SECTOR K0+000 AL K9+500 DEPARTAMENTO DE SANTANDER.

1. GENERALIDADES

Se le denomina pavimentos a la estructura formada por capas de materiales seleccionados, los cuales deben cumplir con determinadas especificaciones, para ofrecer comodidad, seguridad y economía al tránsito de vehículos de una carretera.

1.1 TIPOS DE PAVIMENTOS

Los tipos de pavimentos asfálticos más comunes son:

- Pavimento flexible
- Pavimento de capa asfáltica gruesa
- Pavimento semirígido
- Pavimento compuesto
- Pavimento de estructura inversa.

1.1.1 Pavimento flexible

Este tipo de pavimento está conformado por una delgada capa superficial construida sobre una o dos capas de material granular, denominadas base y sub-base, las cuales se asientan sobre un suelo o capa denominada subrasante. La capa superficial está constituida por agregados pétreos tratados como ligantes bituminosos. Se le denomina pavimento flexible debido a las características visco elásticas del bitumen, ya que las cargas producen deformaciones más altas en comparación con otros tipos de pavimentos (Ver figura 1.1).

1.1.2 Pavimento de capa asfáltica gruesa

Los pavimentos de capa asfáltica gruesa están conformados por una o más capas de mezcla asfáltica en caliente, colocadas directamente en el suelo natural o el suelo mejorado, concepto que fue concebido por el Instituto del Asfalto en 1960. Este tipo de construcción es conveniente en áreas donde no se tiene disponibilidad de materiales y es más económico adquirir solamente un material asfáltico que varios tipos de materiales de diversas fuentes (Ver figura 1.2).

Figura 1 Estructura de pavimentos flexibles.

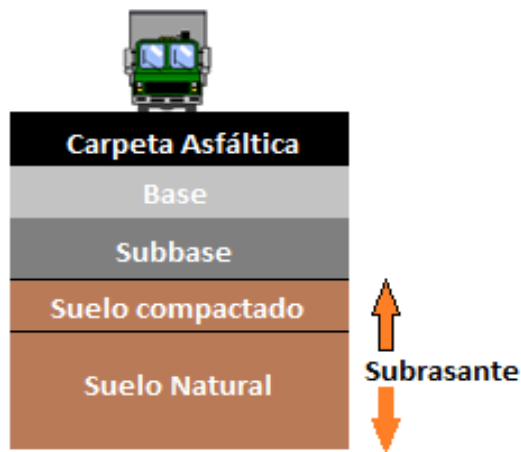
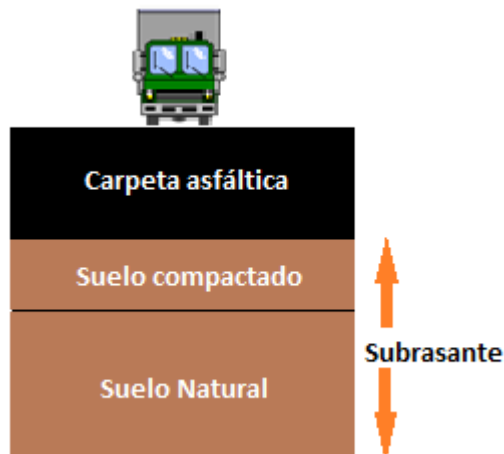


Figura 2 Estructura de pavimento de capa asfáltica gruesa.

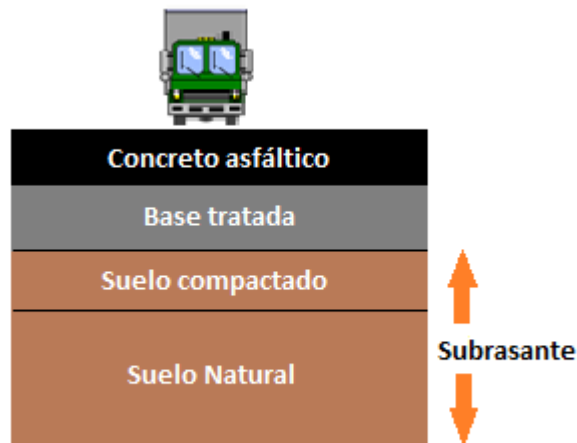


1.1.3 Pavimento semirígido

La estructura de este tipo de pavimento es muy similar a la de un pavimento flexible, la diferencia radica en que una de sus capas se encuentra rigidizada de una forma artificial, usando alguno de los siguientes aditivos: cal, emulsión, asfalto, cemento o diversos productos químicos. El propósito de estos aditivos es mejorar o modificar las características mecánicas de los materiales ya que no son las ideales, teniendo en cuenta que los materiales apropiados para dicha

estructura están muy distantes y su adquisición aumentarías notablemente los costos de la construcción (Ver figura 1.3).

Figura 3 Estructura de pavimento semirrígido.



1.1.4 Pavimento compuesto

Este tipo de pavimentos está conformado tanto de capas estabilizadas con cemento Portland como de mezcla asfáltica. El uso de concreto como una capa inferior y de mezcla asfáltica como capa superior da como resultado un pavimento ideal con las mejores características que se pueden desear, debido a que tenemos una base que puede soportar grandes esfuerzos y una capa de rodadura que proporciona una superficie suave y no reflectiva., aunque su uso se ve limitado por sus costos elevados (Ver figura 1.4).

1.1.5 Pavimento de estructura inversa

El pavimento de estructura inversa se caracteriza por tener mayor espesor y rigidez en las capas de apoyo que en las capas de la parte superior de la estructura. En este diseño, la parte inferior de la estructura de pavimento absorbe la mayor parte de la carga provocada por el tráfico.

Entre las capas que conforman este pavimento se encuentra una capa de base tratada con cemento Portland, la cual actúa como una sólida plataforma de trabajo para la construcción de la capa de base granular y además reduce las tensiones en la base granular y en la capa de asfalto (Ver figura 1.5).

Figura 4 Estructura de pavimento compuesto

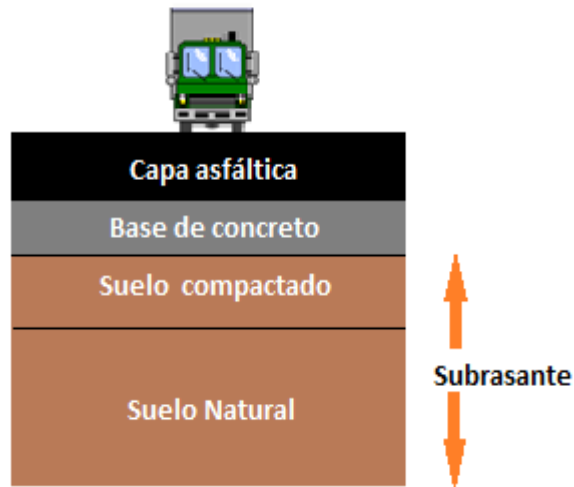
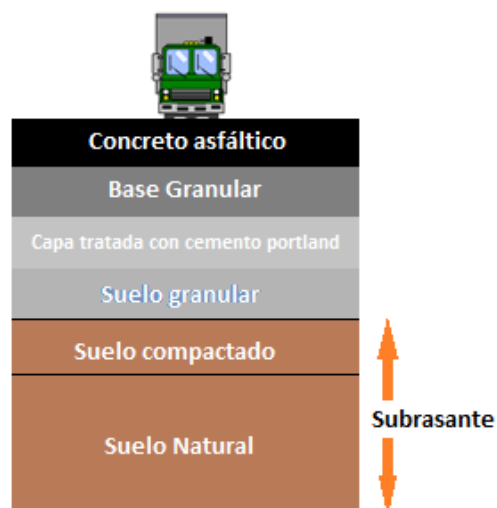


Figura 5 Pavimento de estructura inversa.



2. OBRAS DE ARTE

Antes de iniciar cualquier trabajo de construcción de una obra de arte, es indispensable realizar un recorrido por el tramo a intervenir en el cual se observaran los problemas de erosión, escurrimientos de agua y cualquier otro problema que puedan afectar la estabilidad de la vía.

Una vez observado el problema o una posible causa de este se toma la medida más óptima y económica para contrarrestar esto. Por lo general si se trata de problemas de escurrimiento de agua se construye alcantarillas o boxculvert, si se trata de erosión en los taludes se construyen muros de estabilización y se empradiza el talud.

Las alcantarillas y los boxculvert tiene casi las misma funciones, solo difieren en el tipo principal de carga a la cual van a estar sometidos; las alcantarillas se construyen cuando la cota de la rasante es bastante mayor a la cota de la batea de la alcantarilla, por lo tanto va a estar sometida principalmente a cargas muertas; por el contrario los boxculvert están muy cercanos a la superficie de la rasante y están principalmente sometidos a cargas vivas.

2.1 CONSTRUCCION DE BOXCULVERT

La alcantarilla de cajón o boxculvert, se construye, por lo general, en dos tramos, es decir se construye el medio cuerpo del boxculvert para dejar un carril habilitado al flujo vehicular. El boxculvert debe construirse en un punto estratégico, con el fin de tener la mayor área aferente de escurrimiento de agua, además, los boxculvert pueden ser la llegada de las aguas que corren por la cunetas y filtros.

PROCESO CONSTRUCTIVO

En los cortes de la excavación se debe tener en cuenta la pendiente del boxculvert; una comisión de topografía coloca una serie de referencia con magnitudes de los cortes (Ver figura 2.1).

Figura 6 Excavación para boxculvert



Después de terminada la excavación se coloca un solado de limpieza o concreto clase (F) f'c 140 kg/cm³ (2000 psi), este concreto es para que la estructura del boxculvert no se contamine, además da una superficie de apoyo más estable para construir el cuerpo de este (Ver figura 2.2).

Figura 7 Solado de limpieza



Cuando haya fraguado el solado, se puede continuar con la construcción del boxculvert, se debe figurar el refuerzo según los planos de diseño. En la colocación del refuerzo se debe respetar las distancias y el tipo de barra plasmadas en el diseño, con el fin de obtener un comportamiento estructural acorde con el diseño (Ver figura 2.3).

Figura 8 Refuerzo figurado



Además se debe ir armando la formaleta para poder fundir esta estructura, esta puede ser de hierro o de madera; la formaleta deber ser construida de tal forma que garantice los espesores, verticalidad y los horizontalidad de los muros y placas del boxculvert (Ver figura 2.4).

Figura 9 Acero de refuerzo y formaleta



Una vez construida la formaleta se funde las losas y muros del boxculvert, por lo general la resistencia del concreto utilizado es de 210 Mpa (3000 Psi), en el proceso de fundida se debe colocar un vibrador en la mezcla, con el fin de eliminar el exceso de vacíos.

Cuando el terreno es estable se puede fundir el solado y la placa inferior al mismo tiempo (Ver figura 2.5).

Figura 10 Fundida de boxculvert



2.2 CONSTRUCCION DE ALCANTARILLAS

El proceso constructivo de alcantarillas es muy similar a la construcción de boxculvert solo cambia la estructura que se va a colocar para el drenaje.

PROCESO CONSTRUCTIVO

Una vez localizado el lugar donde se va a construir la alcantarilla se realiza la excavación, con la pendiente necesaria para el flujo del agua.

La excavación se debe realizar a un ancho mayor al diámetro de la alcantarilla con el fin de construir la formaleta de atraque (Ver figura 2.6).

Figura 11 Excavación para alcantarilla



Al igual que el boxculvert se debe construir un solado de limpieza, este da una superficie estable para soportar el peso de la alcantarilla (Ver figura 2.7).

Figura 12 Solado de limpieza



Una vez construido el solado de limpieza se coloca cada tramo de tubería, teniendo en cuenta el sentido del flujo del agua se van acoplando cada tramo mediante su espigo y campana (Ver figura 2.8).

Figura13 Colocación de tubería



Cada tramo debe ser brechado; esto consiste en colocar en cada junta una sustancia (en general mortero) la cual va a rellenar este espacio para evitar posibles filtraciones de agua, por lo general cuando hay filtraciones de este tipo se comienza a erosionar, en general, la salida de la alcantarilla (Ver figura 2.9).

Figura 14 Tubería brechada



Cuando la tubería esta brechada y con la pendiente suficiente para el escurrimiento de agua, se construye la formaleta de atraque.

La formaleta permite la colocación de concreto para darle mayor resistencia a la tubería para resistir los esfuerzos provenientes de cargas muertas, vivas o la combinación de lasdos, estas fuerzas actuantes dependen de la profundidad a la cual está construida la tubería (Ver figura 2.10 y 2.11).

Figura 15 Atraque para tubería



El concreto utilizado en este proceso es de 210 Mpa o 14 Mpa, el cual debe ser colocado y vibrado de tal forma que no haya exceso de vacíos y por lo tanto puntos de posibles daños.

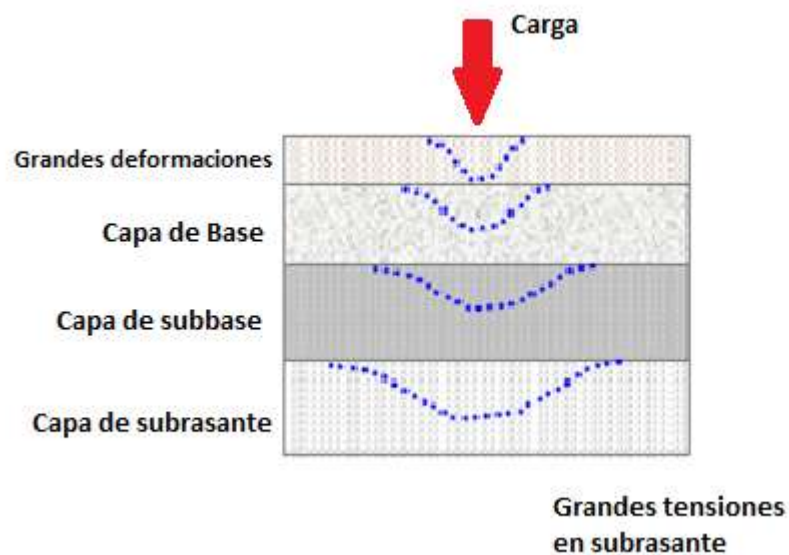
Figura 16 Colocación de concreto hidráulico



3. ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO

Un pavimento flexible tiene la particularidad de que la superficie de rodadura tiene menos rigidez que las capas inferiores y se deforma más lo cual produce mayores tensiones en la subrasante, como se observa en la figura 3.1

Figura 17 Esquema del comportamiento de pavimentos flexibles



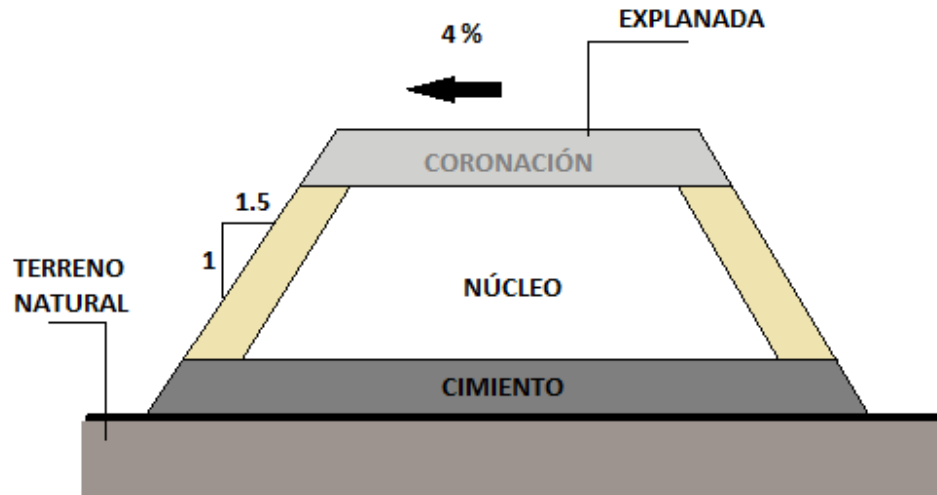
3.1 CONSTRUCCION DE TERRAPLENES

La subrasante es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o terraplén y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes específicas en los planos finales de diseño.

3.1.1 PARTES DEL TERRAPLEN

En los terraplenes se distinguirán tres partes o zonas constitutivas:

Figura 18 Partes del terraplén



- Cimiento: parte del terraplén que está por debajo de la superficie original del terreno, la que ha sido variada por el retiro de material inadecuado.
- Núcleo: parte del terraplén comprendida entre el cimiento y la corona. El núcleo junto con el cimiento constituyen el cuerpo del terraplén.
- Corona (capa subrasante): formada por la parte superior del terraplén, construida en un espesor de treinta centímetros (30cm), salvo que los planos del proyecto o las especificaciones particulares indiquen un espesor diferente.

3.1.2 MATERIALES

Todos los materiales que se empleen en la construcción de terraplenes deberán provenir de las excavaciones de la explanación, de préstamos laterales o de fuentes aprobadas; deberán estar libres de sustancias deletéreas, de materia orgánica, raíces y otros elementos perjudiciales (Ver figura 3.3).

3.1.2.1 Requisitos de los materiales

Los materiales que se empleen en la construcción de terraplenes deberán cumplir los requisitos indicados en la tabla 3.1.

Figura 19 Cantera de material para terraplén



Tabla 1 Requisitos de los materiales para terraplenes

CARACTERISTICAS	NORMA DE ENSAYO INV	SUELOS SELECCIONADOS	SUELOS ADECUADOS	SUELOS TOLERABLES
Zona de aplicación en terraplén		corona núcleo cimiento	corona núcleo cimiento	núcleo cimiento
Tamaño máximo	E-123	75 mm	100 mm	150 mm
Porcentaje que pasa el tamiz de 2mm (No. 10)	E-123	≤ 80% en peso	≤ 80% en peso	-
Porcentaje que pasa el tamiz de 75µm (No. 200)	E-123	≤ 25% en peso	≤ 35% en peso	≤ 35% en peso
Contenido de materia orgánica	E-121	0%	≤ 1%	≤ 2%
Limite líquido	E-125	≤ 30%	≤ 40%	≤ 40%
Índice plástico	E-126	≤ 10%	≤ 15%	-
C.B.R. de laboratorio (Nota 1)	E-148	≥ 10%	≥ 5%	≥ 3%

Expansión en pruebas C.B.R.	E-148	0%	≤ 2%	≤ 2%
Indicen de colapso (Nota 2)	E-157	≤ 2%	≤ 2%	≤ 2%
Contenido de sales solubles	E-158	≤ 0.2%	≤ 0.2%	-
Fuente Norma INVIAS Articulo 220-07				

Los documentos del proyecto o las especificaciones particulares indicaran el tipo de suelo por utilizar en cada capa. En todo caso, los suelos tolerables no podrán ser empleados en el núcleo del terraplén, cuando éste pueda estar sujeto a inundación. Además, cuando en el núcleo se haya empleado suelos tolerables, la corona solamente se podrá construir con suelos seleccionados.

3.1.3 EJECUCION DE LOS TRABAJOS

Preparación del terreno:

Antes de iniciar la construcción de cualquier terraplén, el terreno base de este deberá estar desmontado y limpio, el cual consiste en retirar todo material compuesto de materia orgánica, tales como capa vegetal, árboles, arbustos, troncos, matorrales.

Además, debemos reparar los fallos en el tramo vial los cuales pueden causar asentamientos e inestabilidad del terreno, por lo cual se realiza una excavación y se retira todo el material inadecuado y puede ser remplazado por material de cobertura, el cual es básicamente material aluvial, lo que mejora las condiciones de estabilidad (Ver figura 3.4 y 3.5).

Las obras de estabilización deben realizarse antes de la colocación de terraplén ya que estas obras servirán de confinamiento del material, para obtener una capa estable y sin peligro de deslizamientos; generalmente las obras de estabilización son muros de concreto reforzado o gaviones por lo que protegen el material de la erosión, sin embargo debemos asegurarnos que la estructura de estabilización este protegida en sus fundaciones, es decir, evitar que el agua erosione el suelo

que sirve de soporte a la obra de estabilización. Durante el proceso constructivo estamos expuestos a variaciones del clima, por lo que es de vital importancia realizar obras de drenaje y subdrenaje, tales como filtros y canales en tierra, con el objetivo de drenar las aguas que caen sobre la vía y evitar que el material de terraplén se sature y dificulte los trabajos a realizar.

Cuando el terreno base este satisfactoriamente limpio y drenado, se deberá escarificar, conformar y compactar, en una profundidad de quince centímetros (15 cm), la cual se podrá reducir a diez centímetros (10 cm) cuando el terraplén se deba construir sobre un afirmado existente¹. (Ver figura 3.6).

Figura 20 Excavación para mejoramiento de banca



¹INVIAS. Especificaciones Técnicas Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y Normas de Ensayo para Materiales de Carreteras. Artículo 220-07. Pág.3 2007. Disponible: http://www.invias.gov.co/invias/hermesoft/portallG/home_0/descargas/leerdescarga.jsp?nombre=/01_general/documentos/27092010/especificaciones_construccion.zip&sitio=1

Figura 21 Mejoramiento de banca con material cobertura



Figura 22 Escarificación del terreno base



Si el terraplén hubiere de ser construido sobre turba o suelos blandos, se deberá asegurar la eliminación total o parcial de estos materiales; si lo anterior fuese impráctico, se deberá considerar su tratamiento previo y consolidación o la utilización de cualquier otro medio indicado en los documentos del proyecto, que permita mejorar la calidad de soporte, hasta que éste ofrezca la suficiente estabilidad para resistir los esfuerzos debidos al peso del terraplén terminado. Si el

proyecto lo considera, la superficie de apoyo se podrá preparar tendiendo directamente sobre el suelo blando un geotextil, encima del cual se construirá el cuerpo del terraplén (Ver figura 3.7).

Figura 23 Colocación de geotextil para construcción del cuerpo del terraplén.



3.1.3.1 Cuerpo del terraplén

La colocación de materiales de terraplén solo se iniciara cuando el terreno base esté adecuadamente preparado, según se indica el numeral anterior.

Figura 24 Descargue del material en la vía



El material del terraplén se colocará en capas sensiblemente paralelas y de espesor uniforme, el cual será lo suficientemente reducido para que, con los equipos disponibles, se obtenga el grado de compactación exigido. Este espesor no será mayor a treinta centímetros (30 cm) antes de la compactación, salvo que las especificaciones autoricen lo contrario. Los materiales de cada capa serán de características uniformes. No se extenderá ninguna capa, mientras no se haya comprobado que la subyacente cumple con las condiciones de compactación exigidas, se deberá garantizar que las capas presenten adherencia y homogeneidad entre sí. Cuando se trate de terraplenes nuevos, cada capa deberá ser extendida y compactada a todo lo ancho de la sección transversal². (Ver figura 3.9 y 3.10).

Figura 25 Extensión del material para terraplén



La extensión del material debe hacerla con un operario de experiencia, ya que puede extenderla de una forma inadecuada para compactar los taludes, en ocasiones la falta de experiencia conlleva a dificultades de céreo, es decir, aumenta innecesariamente las cotas finales y se debe escarificar para corregir estos errores.

²Ibíd. Pág.4

Figura 26 Detalle de la extensión del material con motoniveladora



Se debe asegurar un contenido de humedad que garantice el grado de compactación exigido en todas las capas del cuerpo del terraplén. En los casos especiales en que la humedad del material sea considerablemente mayor que la adecuada para obtener la compactación prevista, se deberá ejecutar los procedimientos más convenientes para ello, cuando el exceso de humedad no pueda ser eliminado por el sistema de aireación, una opción muy utilizada es la estabilización con cal (Ver figura 3.11).

Figura 27 Terraplén estabilizado con cal



Obtenida la humedad más conveniente, se procederá a la compactación mecánica de la capa. En los cimientos y núcleos de terraplenes, las densidades secas que alcancen no deben ser inferiores a las mínimas exigidas.

El trabajo de compactación se debe realizar comenzando desde los bordes del terraplén, avanzando hacia el centro con pasadas paralelas traslapadas en, por lo menos, la mitad del ancho de la unidad compactadora. En curvas paralelas peraltadas, la compactación deberá comenzar en la parte baja y avanzar hacia la más alta (Ver figura 3.12).

Figura 28 Compactación del terraplén



Toda la superficie deberá recibir el número suficiente de pasadas completas para obtener una compactación uniforme en todo el ancho del terraplén, y satisfactoria según las exigencias del porcentaje de compactación mínimo.

Las zonas que por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte, no permitan el empleo del equipo que normalmente se esté utilizando para la compactación, se compactara con equipos apropiados para el caso, y se podría utilizar compactadores manuales o de impacto.

En casos especiales, cuando los terraplenes deban ser construidos en zonas pantanosas, se colocara material en una (1) sola capa hasta la elevación mínima a la cual pueda trabajar la unidad compactadora. Por encima de dicha elevación, el terraplén se construirá por capas que deben cumplir con los niveles de densificación mínimos.

Los taludes de los terraplenes tendrán una inclinación uniforme, la que en general será de 3:2 (H: V), salvo indicación distinta en los documentos del proyecto o las especificaciones particulares.

3.1.3.2 Corona del terraplén

Salvo que los planos del proyecto o las especificaciones particulares establezcan algo diferente, la corona deberá tener un espesor compacto de treinta centímetros (30 cm) construidos en dos capas de igual espesor, las cuales se conformarán utilizando suelos adecuados o seleccionados. Los suelos se humedecerán o airearan según sea necesario, y se compactara mecánicamente hasta obtener los niveles mínimos de densificación³. (Ver figura 3.13).

Figura 29 Corona del terraplén



³Ibíd. Pág. 5

Los terraplenes se deberán construir hasta una cota superior a la indicada en los planos, en la dimensión suficiente para compensar los asentamientos producidos por efecto de la consolidación y obtener la rasante final a la cota proyectada.

Si las cotas finales se subrasante resultan inferiores a las proyectadas, se deberá escarificar la capa superior del terraplén en el espesor adecuado y adicionar del mismo material utilizado para conformar la corona, efectuando la homogeneización, humedecimiento o secamiento y compactación requeridos hasta cumplir con las cotas de subrasante.

Si las cotas finales de subrasante resultan superiores a las proyectadas, se deberá retirar el espesor en exceso, este retiro no podrá afectar desfavorablemente ni el grado de compactación ni la pendiente transversal exigida a esta capa.

En la corona de terraplenes, la densidad seca que se alcance con el proceso de compactación no será inferior a la mínima exigida para dicha capa.

Al terminar cada jornada de trabajo, la superficie debe estar compactada y bien nivelada, con el declive suficiente que permita el escurrimiento de aguas lluvias sin peligro de erosión, para evitar que haya empozamientos en la vía y el material de terraplén se sature, y dificulte los trabajos, ya que los materiales utilizados en terraplén son muy sensible al cambio de humedad; con el fin de disminuir el efecto erosivo del agua sobre los taludes de los terraplenes, estos se deben proteger mediante su empradización o con concreto clase (G) ciclópeo f'c 140 kg/cm³ (60% concreto F y 40% rajón).

3.1.4 CONTROL DE CALIDAD

3.1.4.1 Calidad de los materiales

Los materiales utilizados deben cumplir con los requisitos de la tabla 3.1, para garantizar que el material que se utilice cumpla con los requisitos se debe realizar

unas verificaciones periódicas, las cuales se muestran en la siguiente tabla. (Tabla 3.2).

Tabla 2 Verificaciones periódicas de calidad de los materiales

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Granulometría	E-123	Una (1) vez por jornada
Contenido de materia orgánica	E-121	Una (1) vez a la semana
Limite liquido	E-125	Una (1) vez por jornada
Índice plástico	E-126	Una (1) vez por jornada
C.B.R. de laboratorio	E-148	Una (1) vez por mes
Expansión en prueba C.B.R.	E-148	Una (1) vez por mes
Índice de colapso	E-157	Una (1) vez por mes
Contenido de sales solubles	E-158	Una (1) vez a la semana
Fuente Norma INVIAS Artículo 220-07		

Los resultados de estos ensayos deben ser satisfactorios para poder utilizarlos como material de terraplén, por ningún motivo se debe construir terraplenes con materiales inadecuados, ya que podrían causar deformaciones excesivas en la superficie.

3.1.4.2 Capa terminada

La capa terminada de terraplén de ser una superficie uniforme y ajustarse a las cotas y pendientes establecidas en los diseños.

La cota de cualquier punto de la subrasante en terraplenes, conformada y compactada, no deberá variar en más treinta milímetros (30 mm) de la cota proyectada, medida verticalmente hacia abajo, y en ninguna caso la cota de subrasante podrá superar a la cota del proyecto⁴.

Si las cotas en campo exceden las tolerancias de las cotas proyectadas, se debe realizar los respectivos llenos o cortes necesarios para cumplir con este requisito.

⁴Ibíd. Pág. 8

3.1.4.3 Compactación

Para el control de la compactación de una capa de terraplén (cimienta, núcleo o corona), la densidad seca en el terreno promedio de la muestra que representa al lote, se deberá comparar con la máxima, obtenida sobre una muestra representativa del material en laboratorio, para cada tipo de capa existen unos parámetros establecidos, los cuales rigen el porcentaje de compactación. (Ver especificación 220 de la norma INVIAS).

Si el porcentaje de compactación es inferior al mínimo exigido en la norma, se debe escarificar la superficie del terraplén, humedecerlo y compactarlo de nuevo, hasta cumplir este requisito.

Figura 30 Toma densidad en el campo de corona del terraplén



Hasta que la capa de subrasante cumpla con todos los requisitos se podrá continuar con la construcción de la siguiente capa del pavimento, ya sea subbase granular o base granular dependiendo del diseño de la estructura.

3.2 CONSTRUCCION DE LA BASE GRANULAR

La base granular es la capa de pavimento que tiene como funciona primordial, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la subbase y a través de esta a la subrasante, y es la capa sobre la cual se coloca la capa de rodadura, en el proyecto de pavimentación de la vía troncal del Magdalena Medio – el Carmen de Chucurí, sector K0+000 al K43+000, departamento de Santander, no se utilizó subbase granular, debido a factores económicos por lo cual se rediseñó el pavimento con una nueva estructura, eliminando la capa de subbase granular y aumentando el espesor de la base granular.

Su estabilidad dependerá de la graduación de las partículas, su forma, densidad relativa, fricción interna y cohesión, y todas estas propiedades dependerán de la proporción de finos con respecto al agregado grueso.

3.2.1 MATERIALES

3.2.1.2 REQUISITOS DE LOS MATERIALES

Los agregados para la construcción de base granular deberán satisfacer los requisitos indicados en tabla 3.3 para dichos materiales. Además, se deberá ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se indican en la tabla 3.4. Los documentos del proyecto indicarán la franja a utilizar.

Para la construcción de bases granulares, será obligatorio el empleo de un agregado que contenga una fracción de trituración mecánica.

Las partículas de los agregados serán duras, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables y sin materia orgánica u otras sustancias perjudiciales. Sus condiciones de limpieza dependerán del uso que se vaya a dar al material, como se observa en la tabla 3.3 del presente manual (Artículo 300 de la norma INVIAS).

Figura 31 Cono de la trituradora mecánica



Tabla 3 Franjas granulométricas de base granular

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA	
NORMAL	ALTERNO	BG-1	BG-2
37.5 mm	1 1/2"	100	-
25.0 mm	1"	70-100	100
19.0 mm	3/4"	60-90	70-100
9.5 mm	3/8"	45-75	50-80
4.75 mm	No.4	30-60	35-65
2.0 mm	No.10	20-45	20-45
425 µm	No.40	10-30	10-30
75 µm	No.200	5-15	5-15

Fuente Norma INVIAS Artículo 330-07

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos, el material que se produzca deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme y sensiblemente paralela a los límites de la franja, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de un tamiz adyacente y viceversa.

Dentro de la franja elegida se debe contar con una “Formula de Trabajo” a la cual se deberá ajustar durante la construcción de la capa, con las tolerancias que se indican en la tabla 3.5, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada.

Tabla 4 Tolerancias granulométricas de subbase y base granular

TAMIZ	TOLERANCIA EN PUNTOS DE PORCENTAJE SOBRE EL PESO SECO DE LOS AGREGADOS
% pasa tamiz de 9.5 mm (3/8") y mayores	± 7%
% pasa tamiz de 4.75 mm (N° 4) a 425µm (N° 40)	± 6%
% pasa tamiz 75µm (N° 200)	± 3%
Fuente Norma INVIAS Artículo 330-07	

Además, la relación entre el porcentaje que pasa el tamiz No. 200 y el porcentaje que pasa el tamiz No. 40, no debe exceder de 2/3 y el tamaño máximo nominal no debe exceder de 1/3 del espesor de la capa compactada.

3.2.2 EJECUCION DE LOS TRABAJOS

3.2.2.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Los procedimientos y equipos de explotación, clasificación, trituración, lavado, mezcla de fracciones para obtener una determinada granulometría y el sistema de almacenamiento, deberán garantizar el suministro de un producto de características uniformes.

Cuando la obtención de la granulometría especificada requiera de la mezcla de dos o más fracciones de la misma o diferente fuente, esta mezcla se deberá realizar en un patio de trabajo especialmente adecuado para ello y bajo ninguna circunstancia se debe realizar su mezclado en la vía.

Tabla 5 Requisitos de los agregados para afirmados, bases granulares y bases granulares

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INV	NT1			NT2			NT3	
		AFIRMADO	SUBBASE GRANULAR	BASE GRANULAR	AFIRMADO	SUBBASE GRANULAR	BASE GRANULAR	SUBBASE GRANULAR	BASE GRANULAR
Composición									
Granulometría	E-213	Tabla 311.1	Tabla 320.1	Tabla 330.1	Tabla 311.1	Tabla 320.1	Tabla 330.1	Tabla 320.1	Tabla 330.1
Dureza									
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A):									
• En seco, 500 revoluciones (%)	E-128	≤ 50	≤ 50	≤ 40	≤ 50	≤ 50	≤ 40	≤ 50	≤ 35
• En seco, 100 revoluciones (%)		-	-	≤ 8	-	-	≤ 8	-	≤ 7
• Después de 48 horas de inmersión, 500 revoluciones (%)		-	-	≤ 55	-	-	≤ 55	-	≤ 50
• Relación húmedo/seco, 500 revoluciones		-	-	≤ 2	-	-	≤ 2	-	≤ 2
Desgaste en el equipo Micro-Deval (%)	E-238	-	-	-	-	≤ 35	≤ 30	≤ 30	≤ 25
Evaluación de la resistencia mecánica por el método del 10% de Finos:									
• Valor en seco (KN)	E-224	-	-	-	-	-	≥ 70	-	≥ 90
• Relación húmedo/seco (%)		-	-	-	-	-	≥ 75	-	≥ 75
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznable (%)	E-211	-	≤ 2	-	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2
Durabilidad									
Perdidas en el ensayo de solidez en sulfatos:									
• Sulfato de Sodio (%)	E-220	≤ 12	≤ 12	≤ 12	≤ 12	≤ 12	≤ 12	≤ 12	≤ 12
• Sulfato de magnesio (%)		≤ 18	≤ 18	≤ 18	≤ 18	≤ 18	≤ 18	≤ 18	≤ 18
Limpieza									
Límite líquido (%)	E-125	≤ 40	≤ 40	≤ 40	≤ 40	≤ 40	-	≤ 40	-
Índice de plasticidad (%)	E-126	4-9	≤ 6	≤ 3	4-9	≤ 6	0	≤ 6	0
Equivalencia de arena (%)	E-133	-	≥ 25	≥ 30	-	≥ 25	≥ 30	≥ 25	≥ 30
Valor de azul de metileno (1)	E-135	-	-	≤ 10	-	-	≤ 10	-	≤ 10
Contratación lineal	E-127	Artículo 311	-	-	Artículo 311	-	-	-	-
Geometría de las partículas									
Índices de alargamiento y aplazamiento (%)	E-230	-	-	≤ 35	-	-	≤ 35	-	≤ 35
Porcentaje de caras fracturadas (una cara)	E-227	-	-	≥ 50	-	-	≥ 50	-	≥ 60
Angularidad de la fracción fina (%)	E-239	-	-	-	-	-	≥ 35	-	≥ 35
resistencia del material									
CBR (%) Nota: Porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días de inmersión. Método D	E-148	≥ 15	≥ 30	≥ 80	≥ 15	≥ 30	≥ 80	≥ 30	≥ 100

Siempre que las condiciones lo permitan, los suelos orgánicos existentes en la capa superior de las canteras deberán ser conservados para la posterior recuperación de las excavaciones y de la vegetación nativa. Al abandonar las canteras temporales, el constructor remodelará el terreno para recuperar las características hidrológicas superficiales a ellas.

3.2.2.2 Preparación de la superficie existente

Solo se iniciara la colocación del material de base granular cuando la superficie la cual debe asentarse (subrasante o subbase) tenga la compactación apropiada y las cotas y secciones indicadas en los planos con las tolerancias establecidas. Además, deberá estar concluida la construcción de las cunetas, desagües y filtros necesarios para el drenaje de la calzada (Ver figura 3.16).

3.2.2.3 Fase de experimentación en la construcción de base granular

Antes de iniciar los trabajos, se debe realizar una fase de experimentación para verificar el estado de los equipos y determinar, en secciones de ensayo, el método definitivo de preparación, transporte, colocación y compactación, de manera que se cumplan los requisitos de cada especificación.

Para tal efecto, se construirá una o varias secciones de ancho y longitud definidos, que se emplee como prototipo y en ellas se probarán el equipo y el plan de preparación, extensión y compactación.

Se debe tomar muestras de la capa construida y ensayarlas para verificar las condiciones especificadas de granulometría, densidad seca y demás requisitos.

En el caso que los ensayos indiquen que la base granular no se ajusta a dichas condiciones, se deberá efectuar inmediatamente las correcciones requeridas a los sistemas de preparación, extensión y compactación, hasta que ellos resulten satisfactorios. Solo cuando estas correcciones hayan sido realizadas se podrá iniciar la construcción a escala industrial.

Figura 32 Superficie compactada para construcción de base granular



3.2.2.4 Transporte, almacenamiento y colocación del material

Todo transporte de materiales sobre las vías públicas se deberá realizar en vehículos aprobados para circular sobre las carreteras nacionales, los cuales deberán cumplir la reglamentación vigente sobre pesos y dimensiones del Ministerio de Transporte, así como las normas sobre protección ambiental, expedidas por la entidad que tenga la jurisdicción respectiva.

Los vehículos deberán contar con dispositivos para depositar los materiales de tal modo que no se produzca segregación, ni se cause daño o contaminación en la superficie existente (Ver figura 3.17).

Cuando los materiales para la construcción de base requieran almacenamiento, se deberán acopiar en cobertizos o cubriéndolos con plásticos, de manera que no sufran daños o transformaciones perjudiciales. Cada agregado diferente se deberá acopiar por separado, para evitar cambios en su granulometría original. Los últimos quince centímetros (15 cm) de cada acopio que se encuentre en contacto con la superficie natural del terreno no deberá ser utilizado, a menos que se haya colocado sobre este lonas que prevengan la contaminación del material de acopio o que la superficie tenga pavimento asfáltico o rígido. (Ver figura 3.18).

Figura 33 Colocación de base granular



Figura 34 Acopio de material para base granular



3.2.2.5 Extensión y conformación del material

Si la capa de base granular se va a construir mediante la combinación de dos (2) o más materiales, estos se deberán mezclar en un patio fuera de la vía, por cuanto su mezcla dentro del área del proyecto no está permitida. En caso de que sea necesario humedecer o airear el material para lograr la humedad óptima de compactación, se debe emplear el equipo adecuado, de manera que no

perjudique la capa subyacente y deje el material con una humedad uniforme. Éste, después de humedecido o aireado, se extenderá en todo el ancho previsto en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de experimentación (Ver figura 3.19 y 3.20).

En todo caso, la cantidad de material extendido deberá ser tal, que el espesor de la capa compactada no resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor de base compactada por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se deberá colocar en dos o más capas, procurándose que el espesor de ellas sea sensiblemente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm), el material extendido deberá mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes⁵. Además, se debe verificar la compactación de la capa ejecuta para continuar con la construcción de la siguiente.

Figura 35 Extensión del material



⁵INVIAS. Especificaciones Técnicas Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y Normas de Ensayo para Materiales de Carreteras. Artículo 330-07. Pág.3 2007. Disponible: http://www.invias.gov.co/invias/hermesoft/portallG/home_0/descargas/leerdescarga.jsp?nombre=/01_general/documentos/27092010/especificaciones_construccion.zip&sitio=1

Figura 36 Humedecimiento de la base granular



3.2.2.6 Compactación

Una vez que el material extendido de la base granular tenga la humedad apropiada, se conformará ajustándose razonablemente a los alineamientos y secciones típicas del proyecto y se compactara con el equipo adecuado, hasta alcanzar la densidad seca especificada (Ver figura 3.21).

Figura 37 Compactación de base granular



Aquellas zonas que por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan la utilización del equipo que normalmente se utiliza, se compactara por los medios adecuados para el caso, en tal forma que la densidad seca que se alcance no sea inferior a la obtenida en el resto de la capa.

La compactación se efectuará longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de la mitad del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se hará del borde inferior al superior.

3.2.3 CONTROL DE CALIDAD

3.2.3.1 Calidad de los materiales

Los materiales utilizados deben cumplir con los requisitos de la tabla 2.6, para garantizar que el material que se utilice cumpla con los requisitos se debe realizar unas verificaciones periódicas, las cuales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 6 Verificaciones periódicas de calidad de los materiales

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Granulometría	E-123	Una (1) vez por jornada
Límite líquido	E-125	Una (1) vez por jornada
Índice de plasticidad	E-126	Una (1) vez por jornada
Equivalente de arena	E-133	Una (1) vez a la semana
Valor de azul	E-235	Una (1) vez a la semana *
Densidad seca máxima	E-142	Una (1) vez a la semana
Fuente Norma INVIAS Artículo 330-07		

* El ensayo de valor azul solo será necesario si el valor del equivalente de arena es inferior a treinta por ciento (30%), pero es igual o superior a veinticinco por ciento (25%).

Los resultados de estos ensayos deben ser satisfactorios para poder utilizarlos como material de base granular.

3.2.3.2 Capa terminada

La capa de base granular terminada debe ser una superficie uniforme, sin agrietamientos, baches ni segregaciones. Si la capa presenta algún daño, se debe escarificar un espesor de cien milímetros (100 mm) y realizar las respectivas correcciones. El sector intervenido debe cumplir con todos los estándares de calidad en su proceso constructivo y el material utilizado.

La capa de base granular terminada deberá ajustarse a las rasantes y las pendientes establecidas en los diseños, sin que existan zonas donde se retenga el agua superficial. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la berma no será inferior a la señalada en los planos. Las variaciones de las cotas, respecto de las establecidas en el proyecto, no podrán exceder de +0.0mm y -20.0 mm.

Si las cotas de campo exceden las tolerancias establecidas, se debe escarificar en un espesor mínimo de cien milímetros (100 mm), para extender, conformar, humedecer y compactar este material, el cual debe cumplir a cabalidad todos los requisitos de calidad en su proceso constructivo.

3.2.3.3 Compactación

Para el control de la compactación de la base granular (Ver figura 3.22), la densidad seca en el terreno promedio de la muestra que representa al lote, se deberá comparar con la máxima, obtenida sobre una muestra representativa del mismo material, (Ver especificación 330 de la norma INVIAS).

Si el porcentaje de compactación es inferior al mínimo exigido en la norma, se debe escarificar la superficie, humedecerlo y compactarlo de nuevo, hasta cumplir este requisito.

Figura 38 Toma densidad en el campo de base granular



Las verificaciones de compactación se deben efectuar en todo el espesor de la capa, es decir, si la base está siendo construida en dos o más capas, se debe verificar la compactación en cada capa, si esta no cumple las condiciones mínimas de compactación exigidas en la especificación, se debe escarificar, humedecer y compactar nuevamente hasta obtener el valor de densidad seca especificado y continuar así con la construcción de las siguientes capas.

3.2.3.4 Medidas de deflexión

Se debe verificar la solidez de la estructura construida al nivel de base granular, realizando medidas de deflexión con la viga Benkelman, según la norma de ensayo INV E-795. Los resultados de las medidas, que se realizaran en tresbolillo cada veinte metros (20 m), servirán para verificar la homogeneidad de la estructura que se construye y realizar los respectivos ajustes que pudieran resultar necesarios al diseño estructural del pavimento.

3.3 CONSTRUCCION DE LA CAPA DE RODADURA

Proporciona una superficie estable, uniforme y antideslizante, todo lo cual se traduce en comodidad para el usuario de la vía. Soporta la mayor de las cargas vehiculares y efectos ambientales como la lluvia y la radiación solar. Sirve como

capa impermeabilizante, impidiendo el paso de agua al interior del pavimento, y al mismo tiempo la dreña evitando el deslizamiento de los vehículos.

En el proyecto de pavimentación de la vía troncal del Magdalena Medio – el Carmen de Chucurí, sector K00+000 al K43+000, departamento de Santander; se utilizó mezcla asfáltica MDC-2, por lo cual se explicará el proceso constructivo de la capa de rodadura compuesta de mezcla asfáltica MDC-2.

3.3.1 MEZCLA ASFÁLTICA

La mezcla asfáltica es una combinación de cemento asfáltico y agregados pétreos en proporciones exactas y previamente especificadas, las proporciones relativas de estos materiales determinan las propiedades y características de la mezcla.

Las mezclas asfálticas se pueden fabricar en caliente o en frío, siendo más comunes las primeras, por lo que se enfocará el estudio hacia las mezclas asfálticas en caliente. Existen distintos procedimientos para calcular las cantidades de cada material en la mezcla en caliente. Entre ellos están el procedimiento Marshall y el procedimiento Hveem, que tienen una larga trayectoria de uso a nivel mundial.

El tipo de mezcla asfáltica en caliente por emplear en función del tipo y espesor de la capa asfáltica, se debe definir siguiendo los siguientes criterios.

Tabla 7 Tipo de mezcla por utilizar en función del tipo y espesor compactado de la capa.

TIPO DE CAPA	ESPESOR COMPACTO (mm)	TIPO DE MEZCLA
Rodadura	30 - 40	MDC-3
	40 - 60	MDC-2 - MSC-2
	> 6	MDC-1 - MDC-2 - MSC-2
Intermedia	> 50	MDC-1 - MSC-1

Base	> 75	MSC-1 - MGC-0 - MGC-1
Alto modulo	60 - 130	MAM
Bacheos	50 -75	MSC-1 - MGC-1
	> 75	MSC-1 - MGC-0 - MGC-1
Fuente Norma INVIAS Articulo 450-07		

3.3.1.1 Materiales

Agregados pétreos:

Se denominara agregado grueso la porción del agregado retenida en el tamiz de 4.75 mm (No. 4); agregado fino la porción comprendida entre los tamices de 4.75 mm y 75 μ m (No. 4 y No. 200) y llenante mineral la que pase el tamiz de 75 μ m (No. 200).

El agregado grueso deberá proceder de la trituración mecánica de roca o de grava o por una combinación de ambas; sus fragmentos deben ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables, exentas de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan impedir la adhesión completa del asfalto.

El agregado fino estará constituido en su totalidad de la trituración de piedra de cantera o de grava natural, o parcialmente de fuentes naturales de arena. Los granos del agregado fino deberán ser duros, limpios y de superficie rugosa y angular. El material deberá estar libre de cualquier sustancia que impida la adhesión del asfalto. Además, la proporción de agregado fino no triturado, no podrá exceder la del agregado fino triturado.

El llenante mineral podrá provenir de los procesos de trituración y clasificación de los agregados pétreos o podrá ser aporte como producto comercial, generalmente cal hidratada o cemento Portland.

Los requisitos de calidad para estos materiales se muestran en la tabla 400.1 del artículo 400 de la norma INVIAS, y depende del nivel de tráfico (NT1, NT2 y NT3).

La granulometría del agregado obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones incluido el llenante mineral, deberá estar comprendida dentro de alguna de las franjas fijadas en la tabla 3.8.

Tabla 8 Franjas granulométricas para mezclas asfálticas en caliente

TIPO DE MEZCLA		TAMIZ (mm / U.S. Standard)									
		37.5	25.0	19.0	12.5	9.5	4.75	2.00	0.425	0.180	0.075
		1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No.40	No. 80	No. 200
		% PASA									
Densa	MDC-1		100	80 - 95	67 - 85	60 - 77	43 - 59	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
	MDC-2			100	80 - 95	70 - 88	49 - 65	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
	MDC-3					100	65 - 87	43 - 61	16 - 29	9 - 19	5 - 10
Semidensa	MSC-1		100	80 - 95	65 - 80	55 - 70	40 - 55	24 - 38	9 - 20	6 - 12	3 - 7
	MSC-2			100	80 - 95	65 - 80	40 - 55	24 - 38	9 - 20	6 - 12	3 - 7
Gruesa	MGC-0	100	75 - 95	65 - 85	47 - 67	40 - 60	28 - 46	17 - 32	7 - 17	4 - 11	2 - 6
	MGC-1		100	75 - 95	55 - 75	40 - 60	28 - 46	17 - 32	7 - 17	4 - 11	2 - 6
Alto módulo	MAM		100	80 - 95	65 - 80	55 - 70	40 - 55	24 - 38	10 - 20	8 - 14	6 - 9

Fuente Norma INVIAS Artículo 450-07

Cemento asfáltico:

El cemento asfáltico a emplear en las mezclas asfálticas elaboradas en caliente será seleccionado en función de las características climáticas de la región y las condiciones de operación de la vía. Las especificaciones que debe cumplir el cemento asfáltico se indican en la tabla 3.9.

Tabla 9 Especificaciones del cemento asfáltico

CARACTERÍSTICA	UNIDADES	NORMA DE ENSAYO INV	GRADO DE PENETRACIÓN			
			60 - 70		80 - 100	
			Mín.	Max	Mín.	Max
Penetración (25°C, 100g, 5s)	0.1 mm	E-706	60	70	80	100

Índice de penetración	-	E-724	-1	+1	-1	+1
Viscosidad absoluta (60°C)	P	E-716 o E-717	1500	-	1000	-
Ductilidad (25 °C, 5 cm/min)	cm	E-702	100	-	100	-
Solubilidad en tricloroetileno	%	E-713	99	-	99	-
Contenido de agua	%	E-704	-	0.2	-	0.2
Punto de ignición mediante copa abierta de Cleveland	°C	E-709	230	-	230	-
Pérdida de masa por calentamiento en película delgada en movimiento (163°C, 75 minutos).	%	E-720	-	1.0	-	1.0
Penetración del residuo luego de la pérdida por calentamiento (E-720), en % de la penetración original.	%	E-706	52	-	48	-
Incremento en el punto de ablandamiento luego de la pérdida por calentamiento en película delgada en movimiento (E-720).	°C	E-712	-	9	-	9
Fuente Norma INVIAS Artículo 450-07						

3.3.2 DISEÑO MARSHALL

En Colombia es muy común utilizar el método Marshall para el diseño de mezclas asfálticas en caliente; el concepto del método Marshall fue desarrollado por Bruce Marshall, ex ingeniero de Bitúmenes del Departamento de Carreteras del Estado de Mississippi.

En la siguiente tabla 3.10 se muestra los criterios básicos de diseño de la mezcla asfáltica.

Tabla 10 Criterios de diseño de la mezcla asfáltica en caliente por el método Marshall

CARACTERISTICAS	NORMA DE ENSAYO INV	MEZCLAS DENSAS, SEMIDENSAS Y GRUESAS			MEZCLA DE ALTO MÓDULO
		CATEGORÍA DE TRÁNSITO			
		NT1	NT2	NT3	
Compactación (golpes/cara)	E-748	50	75	75	75
Estabilidad mínima (Kg)	E-748	500	750	900	1500
Flujo (mm)	E-748	2 - 4	2 - 4	2 - 3.5	2 - 3

Vacíos con aire (Va)*, %	Rodadura	E-736	3 - 5	3 - 5	4 - 6	-
	Intermedia	o	4 - 8	4 - 8	4 - 7	4 - 6
	Base	E-799	-	5 - 9	5 - 8	-
Vacíos en los agregados minerales (VAM), %	Mezclas 0	E-799	≥ 13	≥ 13	≥ 13	-
	Mezclas 1		≥ 14	≥ 14	≥ 14	≥ 14
	Mezclas 2		≥ 15	≥ 15	≥ 15	-
	Mezclas 3		≥ 16	≥ 16	≥ 16	-
% de vacíos llenos de asfalto (VFA) (Volumen de asfalto efectivo/ Vacíos en los agregados minerales)*100 Capas de 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			
Fuente Norma INVIAS Artículo 450-07						

El diseño preliminar de la formula de trabajo, obtenida a partir de los requisitos establecidos en la tabla 3.10, deberá ser sometido a una primera comprobación, con base en los criterios de la siguiente tabla.

Tabla 11 Criterios de comprobación del diseño volumétrico de la fórmula de trabajo

CARACTERISTICA	MEZCLA DENSAS, SEMIDENSAS Y GRUESAS			MEZCLA DE ALTOMÓDULO
	CATEGORÍA DE TRANSITO			
	NT1	NT2	NT3	
Relación Estabilidad/Flujo (kg/mm)	200 a 400	300 a 500	300 a 600	-
Fuente Norma INVIAS Artículo 450-07				

3.3.3 PROCESO CONSTRUCTIVO

3.3.3.1 Riego de imprimación

Antes de iniciar los trabajos de colocación de mezcla asfáltica, se debe realizar la imprimación, pero la superficie de base granular debe estar totalmente terminada y

cumplir con los requisitos de compactación, secciones y cotas de diseño (Ver figura 3.23 y 3.24).

Figura 39 Superficie de base granular para imprimación



El riego de imprimación es una aplicación de emulsión asfáltica que cubre la capa de base, sirve para tres propósitos:

- Ayuda a prevenir la posibilidad de que se desarrolle un plano de deslizamiento entre la capa de base y la capa superficial.
- Evita que el material de base se desplace bajo las cargas de tránsito, durante la construcción, antes de que se coloque la primera capa.
- Protege la capa de base de la intemperie.

Figura 40 Riego de imprimación



El ligante bituminoso por emplear será una emulsión cationica de rotura lenta tipo CRL-0, también se podrá emplear una emulsión cationica de rotura lenta tipo CRL-1 la cual para su aplicación deberá diluirse en agua hasta que contenga una concentración aproximada de cuarenta por ciento (40%).

3.3.3.2 Transporte y descargue

La mezcla asfáltica elaborada se coloca en volquetas que la transportan hasta el sitio de obra. Los dos equipos de camiones más comunes son el vaciado por extremo y el de descarga inferior o de fondo. Los volcos o platoes de las volquetas deben ser de metal y deben estar limpios, lisos y sin hoyos. La caja de metal se debe revestir con una ligera capa de lubricante para evitar que la mezcla fresca se pegue a las superficies. La mezcla se carga y se protege con el uso de lonas y/o carpas para evitar la pérdida de temperatura (Ver figura 3.25).

El número de camiones requeridos en una obra depende de muchos factores: la producción de mezcla en la planta, la longitud del recorrido, el tipo de tránsito encontrado en el recorrido y el tiempo necesario para descargar la mezcla.

Figura 41 Descargue de la mezcla en obra



Una vez llega a la obra, el inspector debe encargarse de medir la temperatura de llegada en la volqueta. Cuando se va a comenzar el proceso de colocación, se

retira la lona y se deposita la mezcla en la tolva de la terminadora de mezcla asfáltica, conocida también como Finisher.

La terminadora de mezcla asfáltica debe estar lista para recibir la mezcla. La plancha deber estar caliente; para ello, cuenta con dispositivos calentadores.

3.3.3.3 Colocación de la mezcla

El espesor de la capa asfáltica depende de varios parámetros, uno de ellos es el volumen de tráfico para el diseño; es muy común encontrar que la capa asfáltica se construye en dos capas debido a su espesor. El proceso principal de construcción de pavimento consiste en extender la mezcla a lo largo de la vía y compactarla adecuadamente hasta la densidad mínima especificada en las normas.

Una vez esta lista la capa de soporte del concreto asfaltico y la volqueta ha descargado en la pavimentadora el material, se toma la temperatura en la tolva antes de ser extendida, esta es la temperatura de extensión de la mezcla (Ver figura 3.26).

Figura 42 Temperatura en la tolva



La pavimentadora debe comenzar a moverse a la velocidad apropiada y a extender el material. Es este proceso se debe chequear que se está colocando un espesor superior al espesor compactado, ya que el proceso de compactación disminuye el espesor colocado; este delta de espesores se debe cuantificar mediante la determinación del porcentaje de compactación (Ver figura 3.27).

Figura 43 Chequeo del espesor colocado



La máquina pavimentadora debe dejar una superficie continua en la mezcla, además se debe tener cuidado con la terminación de los hombros, en el caso de las juntas dejar una pendiente mínima para que cuando se coloque el otro lado del carril puedan ligarse para que no forme un plano de deslizamiento (ver figura 3.28).

3.3.3.4 Compactación de la mezcla

El proceso de compactación consiste en comprimir la mezcla con lo cual se reducen los vacíos, se aumenta la densidad y se disminuye la permeabilidad generando la resistencia necesaria de la mezcla asfáltica.

Al compactar la mezcla, esta adquiere estabilidad, cohesión e impermeabilidad, que se traduce en capas de rodadura, resistentes, durables y lisas.

Adicionalmente, la compactación cierra los espacios a través de los cuales el aire y el agua pueden penetrar y causar envejecimiento rápido y/o desprendimiento. La mezcla tiene un rango el cual se debe compactar este rango oscila entre 120°C y 140°C, siendo 130°C la temperatura más óptima de compactación (Ver figura 3.29).

El proceso de compactación, una vez extendida la mezcla, a la temperatura más alta posible con que ella pueda soportar la carga a que se somete, sin que se produzcan agrietamientos o desplazamientos indebidos.

La compactación se realizara longitudinalmente se manera continua y sistemática. Deberá empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas en donde el equipo de compactación avanzara del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía.

Figura 44 Extensión de la mezcla



Al compactar los bordes de la mezcla extendida, se debe tener cuidado de no desplazar la mezcla presente en dichos bordes, los bordes exteriores del pavimento deben ser chaflanados.

La secuencia de las operaciones de compactación implica tres tipos de operaciones: compactación inicial, compactación final y compactación final.

- Compactación inicial

Es la primera pasada del compactador sobre la carpeta recién colocada, se usan compactadores vibratorios o estáticos. Esta actividad se debe hacer sobre toda la carpeta (Ver figura 3.30).

Figura 45 Temperatura de compactación de la mezcla



Fuente BOLZAN, Pablo. Mezclas Asfálticas

Figura 46 Compactación inicial con vibrocompactador



- Compactación intermedia

Para obtener la densidad requerida antes del enfriamiento de la mezcla, en esta etapa se utiliza un compactador de rodillo tándem. El cual debe

realizar el número de pasadas establecidas en los tramos de prueba, los cuales garantizan que el número de pasadas es el suficiente para alcanzar la compactación exigida (Ver figura 3.31).

Figura 47 Compactación con vibrocompactador de rodillo



- Compactación final

Para eliminar marcas sobre la superficie, impermeabilizar la superficie y alcanzar la suavidad final. Generalmente se usan los compactadores neumáticos. Se hace mientras la mezcla esta todavía lo suficientemente caliente para permitir la eliminación de cualquier marca de la compactación (Ver figura 3.32).

3.3.3.5 Riego de liga

Los riegos de liga son aplicaciones de asfalto (usualmente emulsiones) rociadas sobre la superficie de una capa de pavimento, antes de colocar la segunda capa o una capa de refuerzo. El propósito de un riego de liga es mejorar la ligazón entre dos capas de pavimento asfáltico. Los riegos de liga también se usan en lugares donde la mezcla en caliente entra en contacto con la cara vertical de las aceras, las cunetas y las estructuras y juntas de pavimento frío.

Es necesario conocer previamente la dosificación apropiada de aplicación de estos riegos y el tiempo de curado o de rotura necesario para lograr los efectos esperados; en condiciones normales, se recomienda dosificaciones del orden de doscientos a trescientos gramos de ligante residual por metros cuadrado (200 a 300 g/m²) (Ver figura 3.33).

Figura 48 Compactación con compactador de llantas



Figura 49 Riego de liga



El ligante por emplear será una emulsión asfáltica cationica convencional o modificada con polímeros, de rotura rápida, que obedezca a algunas de las siguientes denominaciones:

- Emulsión asfáltica CRR-1 o CRR-2
- Emulsión asfáltica modificada con polímeros CRR-1m 0 CRR-2m

3.3.4 CONTROL DE CALIDAD

3.3.4.1 Calidad de los materiales

El cemento asfáltico y los agregados pétreos deben cumplir todos los requisitos de la tabla 3.9 y la tabla 400.1 del artículo 400 de la norma INVIAS respectivamente.

Se debe realizar algunos ensayos para verificar la calidad de los agregados a utilizar; los ensayos realizados deben arrojar resultados que cumplan con las exigencias para ser utilizados en la producción de mezcla asfáltica. Los ensayos exigidos por Invias son los mostrados en la tabla 3.12.

Tabla 12 Ensayos de verificación sobre los agregados para mezclas en caliente

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición		
Granulometría	E-213	1 por jornada
Dureza		
Desgaste Los Ángeles (Gradación A)	E-218	1 por mes
Micro-Deval	E-238	1 por mes
10% de Finos	E-224	1 por mes
Durabilidad		
Pérdidas en el ensayo de solidez en sulfato de sodio o magnesio	E-220	1 por mes
Limpieza		
Índice de plasticidad	E-125 Y E-126	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana
Valor de azul de metileno	E-235	Nota 1
Contenido de impurezas	E-237	1 por semana
Geometría de las partículas		
Partículas fracturadas mecánicamente	E-227	1 por jornada

Angularidad del agregado fino	E-239	1 por jornada
Partículas planta y alargadas	E-240	1 por jornada
Gravedad específica		
Gravedad específica y absorción	E-222 Y E-223	1 por mes
Resistencia al pulimento		
Coefficiente de pulimento acelerado (capa de rodadura)	E-232	Cuando cambie la procedencia de los agregados
Fuente Norma INVIAS Artículo 450-07		

Cada vez que se coloque mezcla asfáltica se debe tomar una muestra representativa, para determinar el contenido de asfalto; sobre la muestra utilizado para este fin de debe determinar la composición granulométrica de los agregados la cual debe ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la formula de trabajo con las tolerancias que se indican en la tabla 3.13 pero sin permitir que la curva se salga de la franja.

Tabla 13 Tolerancias granulométricas de los agregados para mezclas densas, semidensas y gruesas en caliente y mezclas de alto módulo

TAMIZ	TOLERANCIA EN PUNTOS DE % SOBRE EL PESO SECO DE LOS AGREGADOS
4.75 mm (No4) y mayores	±4%
2.00 mm (No. 10)	±3%
425 µm (No. 40)	
180 µm (No. 80)	
75 µm (No. 200)	±1%

3.3.4.2 Calidad de la mezcla

Se debe tomar dos (2) muestra de la mezcla asfáltica elaborada, se compactaran probetas (dos por muestra), a la temperatura apropiada según el asfalto empleado en la mezcla., para verificar en el laboratorio su estabilidad y flujo en el ensayo Marshall (INV E-748). (Ver figura 3.34).

Figura 50 Elaboración de briquetas



Elaboración de la probeta en campo

Vacíos con aire de probetas compactadas:

Los vacíos en el agregado mineral pueden llenarse de aire o de asfalto. Es importante tener una pequeña cantidad de vacíos con aire por donde fluya el asfalto durante la compactación producida por el tránsito, pero no demasiados para evitar la filtración de agua que cause deterioro.

A dichas probetas se les determina los vacíos con aire. El valor promedio de los vacíos con aire de las cuatro (4) probetas deben encontrarse en el rango establecido en la tabla 3.10 dependiendo del tipo de mezcla, ningún valor individual puede alejarse en más de medio por ciento (0.5%) de los límites del rango.

Estabilidad:

Es la capacidad para resistir la deformación bajo las cargas del tránsito. Un pavimento inestable presenta ahuellamientos, corrugaciones y otras señas que indican cambios en la mezcla.

La estabilidad media de las cuatro (4) probetas debe ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90%) de la estabilidad de la mezcla de la formula de trabajo. Ningún valor individual podrá exceder en más de veinticinco por ciento (25%) el

valor de la estabilidad de la fórmula de trabajo, ni encontrarse por debajo del valor mínimo establecido en la tabla 3.10.

Además, la estabilidad de cada probeta deberá ser igual o superior al ochenta por ciento (80%) del valor medio de estabilidad, admitiéndose solo un valor individual por debajo de ese límite.

Valores muy altos de estabilidad producen un pavimento demasiado rígido y por lo tanto, menos durable que lo deseado.

Flujo:

El flujo es medido en mm, lo cual representa la deformación de la briqueta. La deformación está indicada por la disminución en el diámetro vertical de la briqueta. El flujo medio de las probetas sometidas al ensayo de estabilidad deberá encontrarse entre el ochenta por ciento (80%) y el ciento veinte por ciento (120%) del valor obtenido en la mezcla aprobada como fórmula de trabajo, pero el valor no debe encontrarse por fuera de los límites establecidos en la tabla 3.10.

Relación estabilidad/flujo:

La relación la relación de estabilidad/flujo con las probetas elaboradas para establecer la estabilidad y flujo.

Los valores obtenidos deben encontrarse dentro del rango establecido en la tabla 3.11, según el tránsito de diseño de la vía (NT1, NT2 o NT3) para la cual fue hecho el diseño. Nunca esta relación debe quedar por fuera de los límites establecidos.

Susceptibilidad a la humedad:

Según el aspecto y comportamiento de la mezcla colocada, se debe verificar en el laboratorio la susceptibilidad de la mezcla compactada a la acción del agua, empleando el ensayo de tracción indirecta descrito en la norma de ensayo INV E-725.

Calidad de la capa terminada:

La capa terminada de mezcla asfáltica en caliente debe presentar una superficie uniforme y ajustarse a la rasante y pendientes establecidas.

La cota de cualquier punto de la mezcla asfáltica compactada en capas de base, no deberá variar en más de quinde milímetros (15 mm) de la proyectada y la variación no podrá exceder de diez milímetros (10 mm) cuando se trate de capas intermedia y de rodadura.

Compactación

Después de haber colocado la mezcla y haber pasado aproximadamente 24 horas, se debe extraer un núcleo y determinar su densidad como lo indica la norma INV E- 733, esta densidad debe compararse con la densidad máxima teórica, dependiendo el tipo de capa se debe cumplir un porcentaje mínimo de compactación (Ver figura 3.35).

Figura 51 Extracción del núcleo



En los sitios donde son extraídos los núcleos, quedan huecos los cuales deben ser rellenados con mezcla asfáltica tan pronto como sea posible; si estos huecos no rellenan al agua lluvia se infiltra hacia las capas inferiores y por lo tanto desestabilizan la estructura del pavimento (Ver figura 2.36).

Figura 52 Huecos debido a la extracción de núcleo



Fuente construcción de la autopista Huacho-Pativilca red vial 5

3.3.4.3 Espesor

Al núcleo extraído para determinar el porcentaje de compactación, se debe determinar el espesor, el cual no debe ser inferior al espesor de diseño.

Figura 53 Espesor de núcleos



Fuente construcción de la autopista Huacho-Pativilca red vial 5

El valor obtenido en cada determinación individual deberá ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90%) del espesor de diseño.

CONCLUSIONES

- La práctica empresarial desarrollada en un proyecto vial, permite al estudiante visualizar físicamente la ejecución de este, donde aprende los procesos constructivos y especificaciones técnicas de cada actividad ejecutada.
- En la construcción de una vía es de vital importancia los rendimientos que se tienen, ya que se pueden ver gravemente afectados por el clima invernal, principalmente en la construcción de terraplenes ya que estos se constituyen de materiales finos muy susceptibles al agua.
- Cuando los materiales de la estructura de los pavimentos están saturados se aconseja airearlos, ya que este contenido de humedad supera la humedad óptima e imposibilita una adecuada compactación.
- En época de lluvias se observa fácilmente el efecto erosivo del agua para lo cual se deben construir obras de arte con el fin de contrarrestar su efecto.
- La protección de los taludes con empedrado o concreto permite que estos no se erosionen y que el agua no pueda afectar la estructura del pavimento.
- La temperatura de la mezcla asfáltica es un factor relevante para una buena compactación; el riego de liga debe ser en una cantidad adecuada para evitar planos de deslizamientos de la mezcla.
- Cuando la capa asfáltica se construye en dos capas se debe tener especial precaución en la liga de los bordes ya que si es insuficiente, el agua pasa de un lado al otro por el plano que forman las dos capas, sobre todo en las curvas debido a su peralte.

- El control de calidad en los materiales y procesos constructivos garantizan la vida útil de la vía.

BIBLIOGRAFÍA

- ICONTEC. Instituto Colombiano de Normas Técnicas. ISO 9001 en empresas de ingeniería civil. Bogotá D.C, 2004.ISBN:958-9383-44-0
- INVIAS. Especificaciones Técnicas Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y Normas de Ensayo para Materiales de Carreteras.Artículo 220, Artículo 330, Artículo 300, Artículo 420, Artículo 421, Artículo 450 y Artículo 400. Disponible: www.invias.gov.co
- ASOPAC. Asociación de Productores y Pavimentadores Asfálticos de Colombia. Cartilla del Pavimento Asfáltico. Bogotá DC, 2004. ISBN 958-33-6312-X. Páginas 52.
- UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA. Estructuras del pavimento. Ministerio de Transporte y obras públicas.
- UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA. Estudio de los Suelos para Obras Viales. Ministerio de Transporte y obras públicas.
- UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA. Elementos que Constituyen un Pavimento. Ministerio de Transporte y obras públicas.
- BECERRIT ZENON. Materiales de Pavimentación. Páginas 78.
- CRV5. Consorcio Constructor. Construcción de la autopista Huacho-Pativilca. Control de Mezcla Asfáltica y Compactación de Asfalto, 2007. Páginas 49.