

APOYO TÉCNICO EN LABORES DE CONSTRUCCIÓN Y CONTROL DE  
CALIDAD DEL TRAYECTO 18 DEL PROYECTO BRICEÑO TUNJA SOGAMOSO

MAURO SOLARTE PEÑA

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
SAN JUAN DE PASTO  
2006

APOYO TÉCNICO EN LABORES DE CONSTRUCCIÓN Y CONTROL DE  
CALIDAD DEL TRAYECTO 18 DEL PROYECTO BRICEÑO TUNJA SOGAMOSO

MAURO SOLARTE PEÑA

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

Director Ing. MAURICIO RUIZ  
Codirector Ing. HERNANDO SARA

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
SAN JUAN DE PASTO  
2006

“Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo son responsabilidad exclusiva de sus autores”

Art. 1º del Acuerdo No. 324 del 11 de Octubre de 1966 emanado del honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. ASPECTOS GENERALES	16
1.1 TITULO	16
1.2 MODALIDAD: PASANTIA	16
1.3 ALCANCE Y DELIMITACIONES	16
1.4 TIEMPO	16
2. METODOLOGIA	17
3. MARCO DE REFERENCIA	18
3.1 ESPACIO GEOGRÁFICO	18
3.2. ASPECTOS FUNDAMENTALES DEL PROYECTO BRICEÑO TUNJA SOGAMOSO	20
3.2.1. Características geométricas generales	21
3.2.2 Especificaciones técnicas	22
4. CONTROL DE CALIDAD	23
4.1. TERRAPLENES Y RELLENOS PARA ESTRUCTURAS	23
4.2. PEDRAPLENES	26
4.3. MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE	27
4.4. BASE GRANULAR	28
4.5. BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO	30
4.6. CONCRETO ASFÁLTICO	31
4.6.1. Agregados tolvas en frío	32
4.6.2. Mezcla densa en caliente	33
4.7. CONCRETO HIDRÁULICO	35
4.7.1. Diseño de mezcla	35
4.7.2. Agregados finos	36

4.7.3. Agregados gruesos	37
4.7.4. Mezcla	37
5. PROCESO CONSTRUCTIVO	39
5.1 TERRAPLEN	39
5.1.1 Preparación del terreno	39
5.1.2 Cuerpo del terraplén	40
5.1.3 Corona del terraplén	40
5.2 BASE GRANULAR	41
5.2.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados	41
5.2.2 Fase de experimentación en bases granulares y estabilizadas	42
5.2.3 Acopio de los materiales	42
5.2.4 Extensión, mezcla y conformación del material	42
5.2.5 Compactación	43
5.2.6 Apertura al tránsito	44
5.3 BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO	44
5.3.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados	44
5.3.2 Diseño de la mezcla	44
5.3.3 Preparación de la superficie existente	45
5.3.4 Transporte de suelos y agregados	45
5.3.5 Pulverización del suelo	46
5.3.6 Aplicación del cemento	46
5.3.7 Mezcla	47
5.3.8 Compactación	47
5.3.9 Juntas de trabajo	48
5.3.10 Curado de la capa compactada	48
5.4 CARPETA ASFÁLTICA	49
5.4.1 Preparación de la superficie existente	49
5.4.2 Elaboración de la mezcla	50
5.4.3 Transporte de la mezcla	53
5.4.4 Extensión de la mezcla	53

5.4.5 Compactación de la mezcla	55
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS	57
7. CONCLUSIONES	63
8. RECOMENDACIONES	64
BIBLIOGRAFÍA	65
ANEXOS	66

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1 Descripción de actividades	17
Tabla 2 Trayectos del proyecto Briceño Tunja Sogamoso	20
Tabla 3 Características geométricas	21
Tabla 4 Granulometrías para relleno	25
Tabla 5 Granulometrías para base granular	29
Tabla 6 Granulometrías para concreto asfáltico	31
Tabla 7 Resistencia promedio requerida	35
Tabla 8 Resistencia mínima promedio requerida	35
Tabla 9 Límites para la consistencia del concreto	36
Tabla 10 Granulometrías para agregados finos de concreto	36
Tabla 11 Granulometrías para agregados gruesos de concreto	37
Tabla 12 Resumen del plan de inspección de control de calidad	59

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1 Localización del proyecto	19
Figura 2 Cuarteo	24
Figura 3 Lavado sobre tamiz 200	24
Figura 4 Secado de la muestra	24
Figura 5 Tamizado de la muestra	24
Figura 6 Adición de materiales	27
Figura 7 Proctor	29
Figura 8 Molde proctor	29
Figura 9 Densidades de campo con densímetro nuclear	31
Figura 10 Plantillas para índice de alargamiento y aplanamiento	32
Figura 11 Centrifuga	33
Figura 12 Extracción de asfalto	33
Figura 13 Probetas para ensayo Marshall	34
Figura 14 Extracción de núcleos	34
Figura 15 Núcleo de mezcla asfáltica	34
Figura 16 Cilindros de concreto hidráulico	38
Figura 17 Agregado ciclópeo	38
Figura 18 Conformación terraplén	39
Figura 19 Corona de terraplén	41
Figura 20 Base granular	43
Figura 21 Preparación de la superficie existente	45
Figura 22 Aplicación del cemento	46
Figura 23 Mezcla de base estabilizada con cemento	47
Figura 24 Compactación de base estabilizada con cemento	48
Figura 25 Curado de base estabilizado con cemento	49
Figura 26 Preparación de la superficie existente para carpeta asfáltica	49

Figura 27 Imprimación	50
Figura 28 Tolvas en frío	51
Figura 29 Tambor secador	52
Figura 30 Descarga de mezcla asfáltica	53
Figura 31 Extensión de mezcla asfáltica	54
Figura 32 Compactación de mezcla asfáltica	55

Nota de aceptación

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

San Juan de Pasto, marzo de 2006

## RESUMEN

ESTA PASANTÍA HACE REFERENCIA AL APOYO TÉCNICO EN LABORES DE CONSTRUCCIÓN Y CONTROL DE CALIDAD DEL TRAYECTO 18 DEL PROYECTO BRICEÑO – TUNJA – SOGAMOSO. ESTE PROYECTO FORMA PARTE DE LA RED TRONCAL NACIONAL PAVIMENTADA E INTEGRA CON OTROS PROYECTOS, EL CORREDOR CENTRO – ATLÁNTICO, CUENTA CON UN IMPORTANTE VOLUMEN DE TRÁFICO Y ESTÁ UBICADO EN LOS DEPARTAMENTOS DE CUNDINAMARCA Y BOYACÁ. SU CONSTRUCCIÓN FUE INICIADA POR CSS CONSTRUCTORES S.A. POR EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 0377 DEL 15 DE JULIO DEL 2002. SU LONGITUD ES DE 215 KM DISTRIBUIDOS EN 18 TRAYECTOS.

PARA EL TRAYECTO 18 SE REALIZÓ LA AMPLIACIÓN DE LA CORONA A 10,9 M DE ACUERDO CON LA LEY 105 DE 1993 Y RECTIFICACIÓN DE CURVAS PARA UNA VELOCIDAD DE DISEÑO DE 80 KM POR HORA.

EN LA PASANTÍA SE TUVO LA OPORTUNIDAD DE DESEMPEÑAR LAS SIGUIENTES FUNCIONES: APOYO Y SEGUIMIENTO EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO; VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN SUMINISTRADOS POR LOS DIFERENTES PROVEEDORES A TRAVÉS DE ENSAYOS DE LABORATORIO Y REVISIÓN DE LOS CERTIFICADOS DE CALIDAD; CONTROL MINUCIOSO DE LA CALIDAD DE LAS ACTIVIDADES CULMINADAS, POR MEDIO DE ENSAYOS DE CAMPO COMO: TOMA DE DENSIDADES A TERRAPLENES, EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS EN MEZCLA ASFÁLTICA, TOMA DE CILINDROS DE CONCRETO, ETC.; DILIGENCIAMIENTO OPORTUNO DE FORMATOS DE AVANCE DE OBRA Y CONTROL DE CALIDAD

## ABSTRACT

THIS REPORT IS REFEREED TO THE MAIN ACTIVITIES DEVELOPED AS A TECHNICAL HELP ON BUILD AND QUALITY CONTROL OF 18 PATH OF THE PROJECT "BRICEÑO – TUNJA – SOGAMOSO". THIS PROJECT BELONGS TO PAVEMENT MAIN NATIONAL WAY THAT INTEGER TOGETHER WITH OTHER PROJECTS THE HIGHWAY "CENTRO – ATLÁNTICO", IT HAS A VERY HIGH TRAFFIC VOLUME AND IT IS LOCATED IN CUNDINAMARCA AND BOYACÁ DEPARTMENTS. THE CONTRACTOR WAS CSS CONSTRUCTORES SA WHICH BEGAN THE BUILDING BASED ON CONTRACT 0377 DATED ON JULY 15<sup>TH</sup> 2002. THE LENGTH IS 215 KM DISTRIBUTED IN 18 PATHS.

IN 18 PATH THE CROWN WAS EXTENDED TO 10,9 M ACCORDING TO THE 105 LAW OF 1993 AND THE CURVES WHERE RECTIFIED TO ALLOW DESIGN VELOCITY OF 80 KM/H.

DURING THE WORK IT WAS POSSIBLE TO CARRY OUT FOLLOWING ACTIVITIES: SUPPORT AND INSPECTION TO THE CONSTRUCTION PROCESS; VERIFICATION OF QUALITY OF THE MATERIALS SUPPLIED FOR DIFFERENT SUPPLIERS THROUGH LABORATORIES ASSAYS AND THE REVIEWING OF QUALITY CERTIFICATES; EXHAUSTIVE CONTROL OF THE ACTIVITIES FINISHED QUALITY BY GROUND ASSAYS LIKE MEASUREMENTS OF EMBANKMENT'S DENSITY, NUCLEAR EXTRACTION IN ASPHALT MIXTURES, TESTS OF THE CONCRETE MIXTURES IN CYLINDER, ETC.; OPPORTUNE FILL FORMAT'S WORKS AND QUALITY CONTROL.

## GLOSARIO

*Asfalto:* Betún negro, sólido de origen natural u obtenido artificialmente como residuo de la destilación del petróleo; se usa para pavimentar.

*Base:* Capa de material seleccionado, mezcla de suelo, cemento o mezcla de concreto pobre que se coloca encima de la subrasante.

*Calzada:* Zona dispuesta para la circulación de vehículos en una carretera.

*Concesionario:* Individuo o entidad que tiene la exclusiva de producción o distribución de determinados productos en una zona.

*Curado:* Procedimiento de hidratación que se le hace al concreto después de la fundición.

*Descapote:* Retiro de la capa vegetal superficial de un predio, preparándolo así para un replanteo.

*Escarificación:* Labrado de la tierra.

*Explanación:* Construcción de terraplenes hasta dar al terreno la nivelación o el declive que se desea.

*Granulometría:* Ensayo de laboratorio y parte de la petrografía que trata de la medida del tamaño de las partículas, granos y rocas de los suelos.

*INVIAS:* Instituto Nacional de Vías.

*Terraplén:* Macizo de tierra que se levanta con algún fin. Desnivel en el terreno con una cierta pendiente.

*Pavimento:* Toda estructura que descansa sobre el terreno de fundación y que se halla formada por las diferentes capas: sub-base y capa de rodamiento.

*Subrasante:* Correspondiente al terreno

*Tamiz:* Cedazo muy tupido.

*Turba:* Materia combustible de aspecto terroso debida a la descomposición de restos vegetales en sitios pantanosos.

*Tolvas:* Receptáculos. (Cajas Cubiertas)

## INTRODUCCIÓN

Dentro de las funciones que se ejercen en la pasantía se encuentran: Apoyo y seguimiento en el proceso constructivo; verificación de la calidad de los materiales de construcción suministrados por los diferentes proveedores a través de ensayos de laboratorio y la revisión de los certificados de calidad; control minucioso de la calidad de las actividades culminadas, por medio de ensayos de campo como: toma de densidades a terraplenes, extracción de núcleos en mezcla asfáltica, toma de cilindros de concreto hidráulico, etc.; diligenciamiento oportuno de formatos de avance de obra y control de calidad

El proyecto está estructurado de la siguiente manera: en primer lugar se establecen las generalidades respecto al tema, modalidad, alcances y delimitaciones. En segundo lugar se presenta la metodología donde se especifican las actividades desarrolladas en la pasantía y además se indica como se realizó el seguimiento y control de calidad de la obra, objeto de la pasantía. El tercer capítulo corresponde al Marco de Referencia que muestra aspectos relacionados con el espacio geográfico y los aspectos fundamentales del proyecto Briceño Tunja Sogamoso en lo concerniente a: características geométricas y especificaciones técnicas. El cuarto capítulo se refiere al Control de Calidad de las actividades realizadas en la obra y de los materiales suministrados. Aquí se relacionan los ensayos realizados, la frecuencia de los mismos y los criterios de aceptación. En el quinto capítulo se presenta el Proceso constructivo de terraplén, base, base estabilizada con cemento y carpeta asfáltica. El sexto capítulo hace referencia al análisis de resultados el cumplimiento de los objetivos planteados en la Pasantía y desde los logros alcanzados en la formación profesional a partir de la experiencia Finalmente se presentan las conclusiones, recomendaciones y bibliografía. Se presentan los anexos que se refieren a formatos de ensayos y formatos de control de actividades.

## 1. ASPECTOS GENERALES

### 1.1 TÍTULO:

APOYO TÉCNICO EN LABORES DE CONSTRUCCIÓN Y CONTROL DE CALIDAD DEL TRAYECTO 18 DEL PROYECTO BRICEÑO - TUNJA - SOGAMOSO,

### 1.2 MODALIDAD: PASANTIA

### 1.3 ALCANCE Y DELIMITACIONES:

En esta pasantía se desarrollaron actividades propias del Ingeniero en el apoyo técnico en las labores de construcción y control de calidad del Trayecto 18 del proyecto Briceño Tunja Sogamoso., mediante la aplicación de los conocimientos adquiridos durante el transcurso de la carrera y a la vez permitió adquirir experiencia y dominio de las técnicas de construcción aplicadas en obras de infraestructura vial; de igual manera permitió completar mi formación como Ingeniero, gracias a los aportes brindados por el personal vinculado a la obra. De igual manera, la pasantía permitió conocer y utilizar adecuadamente la maquinaria, equipos y herramientas que se requieren en la ejecución de obras viales.

### 1.4. TIEMPO:

La pasantía se realizó en un periodo de 6 meses, de acuerdo con la reglamentación establecida por el Comité Curricular de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Nariño, a partir del 12 de Julio de 2005.

## 2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de los objetivos propuestos en la pasantía, se tuvo en cuenta la ejecución de las actividades que se describen a continuación (tabla 1):

Tabla 1. Descripción de actividades

OBJETIVO ESPECIFICO	ACTIVIDADES PARA ALCANZAR EL OBJETIVO
Conocer y analizar a profundidad el Plan Maestro de la Concesión Briceño Tunja Sogamoso.	Estudio del Plan maestro concesión Briceño Tunja Sogamoso, el conocimiento y análisis de este documento de este proyecto es importante porque orienta el desarrollo de las demás actividades que se realizan en la pasantía
Verificar la calidad de los materiales de construcción como la arena, el triturado, el cemento, el asfalto y el recebo suministrados por los diferentes proveedores.	Realización de ensayos de granulometría, índices de plasticidad, contenido de asfalto en la mezcla y pruebas Marshall. Diligenciamiento de los formatos y procesamiento de datos. Manejo del equipo y herramienta disponible en el laboratorio: Tamices, hornos, probetas, balanzas, Cazuela de Casagrande y plantillas de alargamiento y aplanamiento.
Realizar el control minucioso de la calidad del producto final.	Realización de ensayos de campo como extracción de núcleos en concreto hidráulico, toma de densidades a terraplenes y toma de cilindros en concreto rígido. Manejo del equipo disponible en el laboratorio: Centrifuga, Prensa Marshall,
Dirigir y apoyar la construcción de terraplenes, base, carpeta asfáltica, obras de drenaje y puentes.	Control y seguimiento en la ejecución de las actividades diarias programadas, especialmente en la fabricación y vaciado de la mezcla en el laboratorio y en el campo respectivamente.
Diligenciar y entregar oportunamente los informes correspondientes al avance y control de la obra.	Elaboración de informes periódicos necesarios para las memorias del corte de obra. (Ver anexo B.)

### 3. MARCO DE REFERENCIA

#### 3.1. ESPACIO GEOGRÁFICO

El proyecto Briceño – Tunja – Sogamoso forma parte de la Red Troncal Nacional pavimentada e integra, con otros proyectos, el Corredor Centro – Atlántico. El proyecto está ubicado en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, y cuenta con un importante volumen de tráfico.

El departamento de Cundinamarca se sitúa en el centro del país, sobre la cordillera Oriental, y tiene límite con los departamentos de Boyacá, Meta, Huila, Tolima y Caldas.

El departamento de Boyacá está ubicado en la parte centro – oriental de Colombia, y limita con los departamentos de Santander, Norte de Santander, Arauca, Casanare, Cundinamarca y Antioquia. La capital del departamento es Tunja.

El proyecto atraviesa terrenos ubicados en la sabana de Bogotá y el valle del río Sogamoso. Su alcance comprende la rehabilitación de la calzada actual, construcción de segundas calzadas y/o terceros carriles, variantes, intersecciones a desnivel, viaductos, retornos a nivel, puentes, etc. El recorrido comprende el paso por la ruta 55 desde Briceño hasta Sogamoso, y el trayecto de la ruta 62 desde el cruce en la Ye con la ruta 55 hasta Sogamoso, pasando por Nobsa.

A lo largo de la vía se encuentran ubicadas, entre otras, las siguientes poblaciones: Briceño, Tocancipá, Gachancipá, Sesquilé, Chocontá, Villapinzón, Ventaquemada, Tierranegra, Tunja, Paipa, Duitama, Nobsa, Tibasosa y Sogamoso. (Ver Figura. 1)

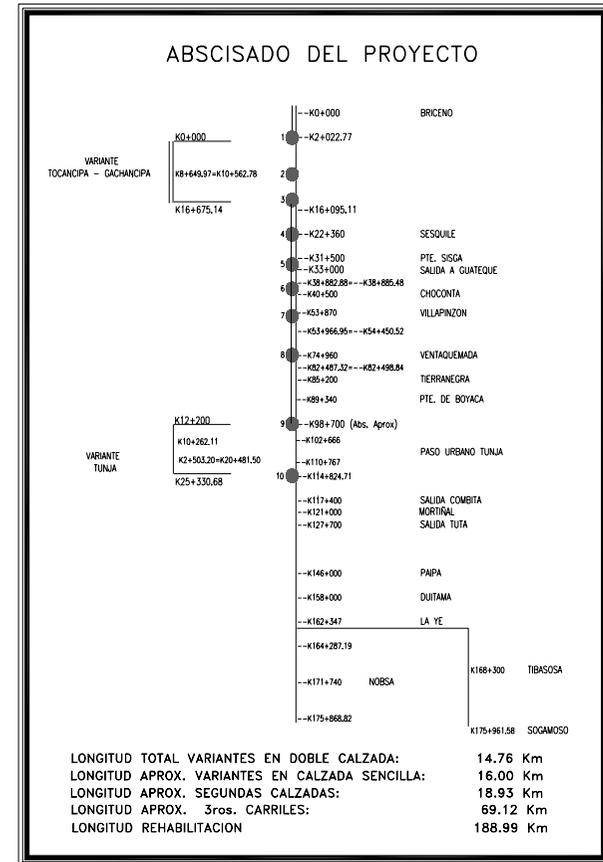
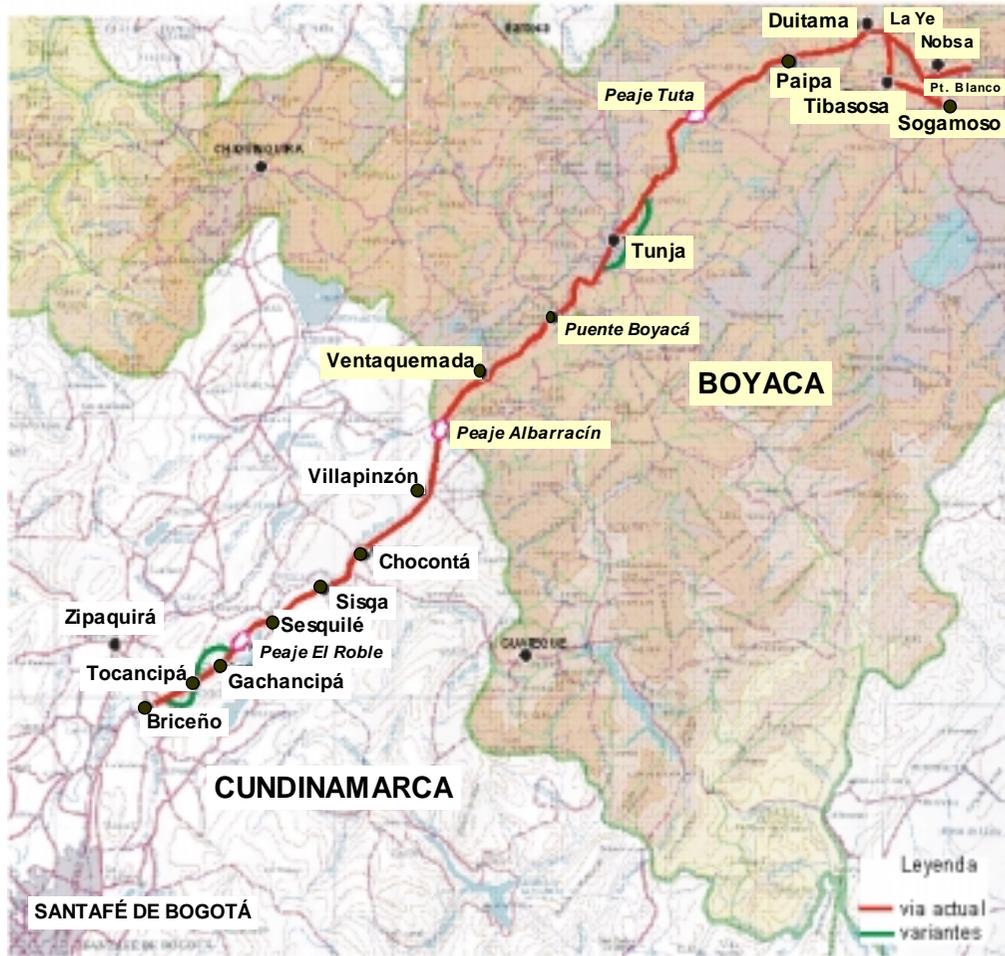


Figura 1. Localización del Proyecto

### 3.2. ASPECTOS FUNDAMENTALES DEL PROYECTO BRICEÑO TUNJA SOGAMOSO

La vía Briceño – Tunja – Sogamoso se encuentra ubicada entre los departamentos de Cundinamarca y Boyacá. Su construcción fue iniciada por el Consorcio Solarte Solarte por el contrato de concesión N°0377 del 15 de Julio de 2002. Su longitud aproximada es de 215 kilómetros, distribuidos por trayectos, así:

Tabla 2. Trayectos del proyecto Briceño Tunja Sogamoso

Trayecto	Inicio	Fin	Alcance Básico	Alcance Condicionado	Alcance Diseñado	Longitud (m)
1. Briceño – Inicio Variante Tocancipá Gachancipá	K0+900	K2+050	DC	-	DC	1,150
2. Vía existente Tocancipá - Gachancipá	K2+550	K14+850	RE	-	RE	12,300
3. Variante Tocancipá Gachancipá	K0+000	K14+620	VDC	-	VDC	14,620
4. Fin Variante Tocancipá Gachancipá – Sesquilé	K14+620	K21+380	TC	DC	DC	6,760
5. Sesquilé – Guateque	K21+380	K30+650	TC	DC	DC	9,270
6. Guateque – Chocontá	K30+650	K39+020	RE	DC ó TC	DC	8,370
7. Chocontá – Villapinzón	K39+020	K52+610	RE	TC	DC	13,590
8. Villapinzón – Peaje Albarracín	K52+610	K62+150	RE	TC	DC	9,540
9. Peaje Albarracín – Ventaquemada	K62+150	K73+150	RE	TC	DC	11,000
10. Ventaquemada – Tunja	K76+250	K102+600	RE	TC	DC	26,350
11. Paso Urbano Tunja	K102+600	K111+370	RE	-	RE	8,770
12. Variante Tunja	K0+000	K16+133	-	VCS	VDC	16,133
13. Tunja – Mortiñal	K111+370	K121+840	RE	-	DC	10,470
14. Mortiñal – Paipa	K121+840	K146+200	RE	-	DC	24,360
15. Paipa – Duitama	K146+200	K157+100	RE	-	DC	10,900
16. Duitama – La Ye	K157+100	K162+900	RE	-	DC	5,800
17. La Ye – Tibasosa – Sogamoso	K163+200	K175+719	RE	-	RE	12,519
18. La Ye – Nobsa	K163+200	K176+383	RE	-	RE	13,183

DC: Doble calzada.

RE: Rehabilitación.

VDC: Variante de doble calzada.

TC: Tercer carril.

VCS: Variante de calzada sencilla.

Para los trayectos 1, 4 al 10 y 13 al 16, está proyectada la ampliación a segunda calzada con rectificación de curvas en el sentido óptimo de acuerdo con las condiciones técnicas y socio-ambientales, un separador (verde) de 4 metros de ancho y ampliación y construcción de obras de drenaje.

Para los trayectos 2, 10, 13, 17 y 18, está proyectada la ampliación de la corona a 10.9 metros, de acuerdo con la ley 105/93, rectificación de curvas para una velocidad de 80 km/h y ampliación y construcción de obras de drenaje.

En el trayecto 11 que corresponde al paso urbano por Tunja se rehabilitará la vía en las condiciones geométricas existentes.

En los trayectos 3 y 12 que corresponden a las variantes se construirá la doble calzada con separador de 4 metros, se adelantarán las obras de drenaje necesarias y 4 intersecciones a desnivel con las vías existentes en cada variante.

3.2.1. Características Geométricas Generales. El proyecto definitivo que elabore el Concesionario deberá cumplir con las siguientes características técnicas generales:

Tabla 3 Características Geométricas Generales

Clase de Terreno	Plano – Ondulado – Montañoso
Velocidad de Diseño	80 Km/h
Ancho de Calzada	7.30 metros
Ancho de Bermas (Rehabilitación y 3r Carril)	1.80 metros
Ancho de Bermas (Doble calzada)	1.80 metros (Externa) - 0.80 (metros Interna)
Ancho de Corona (Calzada Sencilla)	10.90 metros
Ancho de Corona (Tres Carriles)	14.55 metros
Ancho de Corona (Doble Calzada)	9.90 metros c/calzada
Ancho de separación en dobles calzadas	Entre 4.00 y 0.80 m según afectación predial
Pendiente Máxima	De acuerdo al tipo de terreno en concordancia con el manual diseño geométrico
Peralte máximo	7.5 % de acuerdo con Manual de Diseño Geométrico para Carreteras.
Radio Mínimo	235 metros en concordancia con la velocidad específica.
Tipos de Empalme	Empalme óptimo, de acuerdo a las condiciones topográficas y las normas del Manual de Diseño Geométrico para Carreteras

Se deben mejorar las condiciones de diseño geométrico y de los dispositivos y señalización vial para garantizar las condiciones de seguridad en todos los trayectos que son objeto de rehabilitación, buscando la solución óptima en el alineamiento horizontal que más se ajuste al eje vial existente, en concordancia

con las normas y especificaciones señaladas en el Manual de Diseño Geométrico para Carreteras, en lo referente a los tipos de empalme. Igualmente el Concesionario deberá encontrar la mejor alternativa de diseño de la alineación vertical en los sitios de conflicto (disminución de la distancia de visibilidad de parada o efectos visuales que no garanticen la seguridad vial) en concordancia con los criterios entre el alineamiento vertical y horizontal estipulados en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras.

Para la construcción de dobles calzadas las características técnicas generales del proyecto serán las estipuladas en el Manual de Diseño Geométrico, manteniendo en lo posible las condiciones de velocidad de diseño antes mencionadas.

En los trayectos por rehabilitar es importante adecuar las intersecciones viales existentes, como mínimo, a las condiciones geométricas y de operación requeridas, en concordancia con la demanda real descrita en el Manual de Diseño Geométrico para Carreteras.

Para los trayectos por rehabilitar se ha establecido como obligación que las estructuras de los puentes se adapte a las nuevas solicitaciones de carga estipuladas por INVIAS y a las normas sismo resistentes existentes. Igualmente su sección transversal se deberá adecuar a los anchos mínimos reglamentados por el INVIAS, de acuerdo con las características geométricas de cada trayecto.

3.2.2. Especificaciones técnicas. Las especificaciones técnicas se refieren a las características que deberán cumplir los diseños, las obras de construcción, el mantenimiento y la operación del corredor vial, incluyendo normas sobre procedimientos de elaboración, exigencias a que quedan sometidos los materiales y pruebas de control que deben superar las diferentes etapas de la construcción.

El Concesionario deberá cumplir con las especificaciones generales de construcción, los datos técnicos establecidos y las especificaciones técnicas de operación y mantenimiento de tal forma que diseñe, construya, opere y mantenga cada una de las obras, ciñéndose como mínimo a los lineamientos y obligaciones previstas como parte de su contrato.

El cumplimiento de las especificaciones generales de construcción, no eximirá al concesionario del cumplimiento y de la obtención de los resultados previstos en las especificaciones técnicas de operación y mantenimiento, pues las obligaciones son independientes entre sí y el concesionario deberá cumplir con todas ellas, para entenderse que ha cumplido con este contrato en esos aspectos.

## 4. CONTROL DE CALIDAD

La realización de los ensayos para el control de calidad tiene diferentes objetivos. Uno de ellos es la aprobación o rechazo de un posible suministro de material para cualquier actividad por parte de un proveedor, es decir, en caso de que el material objeto de la evaluación haya incumplido con una o más de las especificaciones seguidamente descritas, se toma la determinación de rechazarlo; y en caso contrario, se aprueba.

Existen otros ensayos de campo y laboratorio que controlan la calidad del producto terminado, tales como la toma de densidades de campo del terraplén instalado, la extracción de núcleos de mezcla asfáltica, la toma de cilindros de concreto hidráulico, entre otros.

A continuación se enumeran y describen los ensayos que corresponden a cada actividad:

### 4.1. TERRAPLENES Y RELLENOS PARA ESTRUCTURAS

Este trabajo consiste en la escarificación, nivelación y compactación del terreno o del afirmado en donde haya de colocarse un terraplén nuevo, previa ejecución de las obras de desmonte y limpieza, demolición, drenaje y subdrenaje; y la colocación, el humedecimiento o secamiento, la conformación y compactación de materiales apropiados de acuerdo con las especificaciones, los planos y secciones transversales del proyecto y las instrucciones del Interventor.

Partes del terraplén. En los terraplenes se distinguen tres partes o zonas constitutivas:

- 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 (30 cm), salvo que los planos del proyecto o las especificaciones particulares indiquen un espesor diferente.

Requisitos de los materiales. Todos los materiales que se emplearon en la construcción de terraplenes provinieron de las excavaciones de la explanación, de préstamos laterales o de fuentes aprobadas; estaban libres de materia orgánica,

raíces y otros elementos perjudiciales. Su empleo fue autorizado por el Interventor, quien de ninguna manera permitió la construcción de terraplenes con materiales de características expansivas.

Los materiales que se emplearon en la construcción de terraplenes cumplieron los requisitos indicados.

Los suelos seleccionados se usaron para corona, núcleo o cimiento; los suelos adecuados se usaron para las mismas aplicaciones y los suelos tolerables se utilizaron solamente para núcleo y cimiento.

- **Granulometría.** La frecuencia con que se ejecutó este ensayo fue de una vez por jornada en la etapa de producción o cada vez que se cambiara de fuente de agregados. En terraplenes el tamaño máximo para suelos seleccionados es de 75 mm, para suelos adecuados, 100 mm, y para suelos tolerables, 150 mm. El porcentaje que pasa el tamiz No. 200 para suelos seleccionados debía ser menor o igual al 25% ( $\leq 25\%$ ) en peso de la muestra, para suelos adecuados, menor o igual al 35% ( $\leq 35\%$ ) en peso y para suelos tolerables, menor o igual al 35% ( $\leq 35\%$ ) en peso.



Figura 2. Cuarteo



Figura 3. Lavado sobre tamiz 200

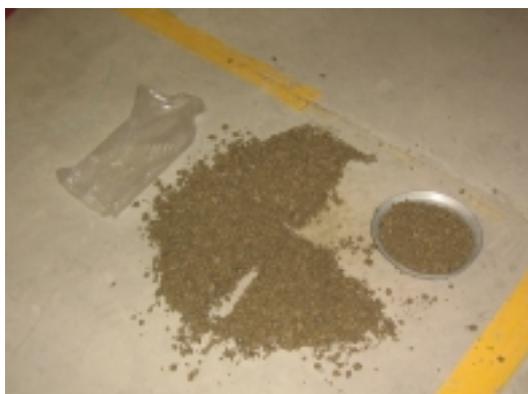


Figura 4. Secado de la muestra



Figura 5. Tamizado de la muestra

En rellenos, las capas filtrantes deben cumplir con algunas de las siguientes granulometrías:

Tabla 4. Granulometrías para relleno

TAMIZ NORMAL	TAMIZ ALTERNO	PORCENTAJE QUE PASA		
		RE-1	RE-2	RE-3
150 mm	6"	100	-	-
100 mm	4"	90 – 100	-	-
75 mm	3"	80 – 100	100	-
50 mm	2"	70 – 95	-	100
25 mm	1"	60 – 80	91 – 97	70 – 90
12.5 mm	½"	40 – 70	-	55 – 80
9.5 mm	3/8"	-	79 – 90	-
4.75 mm	No. 4	10 – 20	66 – 80	35 – 65
2 mm	No. 10	0	-	25 – 50
600 µm	No. 30	-	0 – 40	15 – 30
150 µm	No. 100	-	0 – 8	0 – 3
75 µm	No. 200	-	-	0 – 2

- Límite líquido. La frecuencia con que se ejecutó este ensayo fue de una vez por jornada en la etapa de producción o cada vez que se cambiara de fuente de agregados. Para suelos seleccionados el límite líquido debía ser menor a 30, para suelos adecuados, menor a 40 y para suelos tolerables, menor a 40.
- Índice plástico. Este ensayo de laboratorio se realizó una vez por jornada o cuando se cambió la fuente de agregados y su resultado debía ser menor a 10 para suelos seleccionados y menor a 15 para suelos adecuados.
- CBR de laboratorio y expansión. Este ensayo se realizó mensualmente o de cada fuente de agregados. Para que el material objeto del estudio fuera aceptado el CBR debía ser mayor o igual a 10 ( $\geq 10$ ) para suelos seleccionados, mayor o igual a 5 ( $\geq 5$ ) para suelos adecuados y mayor o igual a 3 ( $\geq 3$ ) para suelos tolerables; además la expansión debería ser del 0% para suelos seleccionados, menor al 2% ( $< 2\%$ ) para suelos adecuados y tolerables.
- Densidad máxima de laboratorio o proctor modificado. Este ensayo se ejecutó una vez de cada fuente de agregados o cuando varió el material.
- Densidades de campo. La frecuencia con la cual se realizó la toma de densidades de campo fue una vez por cada 250 m<sup>2</sup> por cada capa y en los tramos por aprobar, un mínimo de 6 puntos. Para aprobar el tramo que se estaba chequeando, la densidad en cada punto debía ser mayor o igual al

95% ( $\geq 95\%$ ) de la máxima de laboratorio y a su vez, mayor o igual al 98% ( $\geq 98\%$ ) del valor medio del tramo.

#### 4.2. PEDRAPLENES

Este trabajo consiste en la preparación de la superficie de apoyo del pedraplén y la colocación y compactación de materiales pétreos adecuados, de acuerdo con los planos y secciones transversales del proyecto y las instrucciones del Interventor.

Partes del pedraplén. En los pedraplenes se distinguen tres partes o zonas constitutivas:

- Cimiento, parte inferior del pedraplén, con contacto con el terreno natural.
- Núcleo, parte del pedraplén comprendida entre el cimiento y la transición. El cimiento y el núcleo conforman el cuerpo del pedraplén.
- Transición, formada por la parte superior del pedraplén y con espesor igual a un metro (1m), salvo que los planos o las especificaciones particulares modifiquen dicha magnitud.
- Corona (capa subrasante), es la zona comprendida entre la transición del pedraplén y la superficie de la explanación. Sus dimensiones y características son las mismas que se establecen para la corona de los terraplenes.

Materiales. Los materiales empleados en la construcción de pedraplenes pueden proceder de la excavación de la explanación o de fuentes aprobadas y provienen de cantos rodados o rocas sanas, compactas, resistentes y durables.

Debieron, además, cumplir los siguientes requisitos:

- Granulometría: En la etapa de producción se llevó a cabo una granulometría por jornada o por cada vez que se cambiara la fuente de agregados. Para que el pedraplén constituyera un producto conforme era necesario que el tamaño máximo fuera menor o igual a dos tercios ( $\leq 2/3$ ) del espesor de la capa compactada, que el porcentaje en peso de las partículas menores al tamiz de 1" fuera menor o igual al 30% ( $\leq 30\%$ ) y el porcentaje que pasa el tamiz No. 200, menor o igual al 10% ( $\leq 10\%$ ).
- Desgaste en la máquina de los ángeles: Se realizó un ensayo mensual en la etapa de producción o una vez por cada fuente de agregados. Si el resultado de este ensayo fue menor al 50% ( $< 50\%$ ), se consideró que el material es apto para pedraplén y en el caso contrario se rechazó.

#### 4.3. MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE

Este trabajo consiste en la eventual disgregación del material de la subrasante existente, el retiro o adición de materiales, la mezcla, humedecimiento o aireación, compactación y perfilado final de acuerdo con la especificación, conforme y con las dimensiones, alineamientos y pendientes señalados en los planos del proyecto y las instrucciones del Interventor.



Figura 6. Adición de materiales

**Materiales** Los materiales de adición debieron presentar una calidad tal, que la capa de subrasante mejorada cumpliera los requisitos exigidos para los suelos seleccionados.

Fue necesario hacer un mejoramiento de subrasante cuando el porcentaje de compactación no alcanzó los valores especificados o en caso de que, por medio de una inspección rigurosa, se detectara un fallo. Los ensayos que se realizan para el control de calidad de esta actividad se enumeran a continuación:

- **Materiales empleados:** Se controló de manera análoga a lo indicado en la actividad de terraplenes y/o rellenos. Se exigieron los mismos requisitos para la calidad de los materiales de suelos seleccionados.
- **Densidades de campo:** La frecuencia con la cual se realizó la toma de densidades de campo fue una vez por cada 250 m<sup>2</sup> por cada capa y en los

tramos por aprobar, un mínimo de 6 puntos. Para aprobar el tramo que se estaba chequeando, la densidad en cada punto debía ser mayor o igual al 95% ( $\geq 95\%$ ) de la máxima de laboratorio y a su vez, mayor o igual al 98% ( $\geq 98\%$ ) del valor medio del tramo.

#### 4.4. BASE GRANULAR

Para la construcción de bases granulares, fue obligatorio el empleo de un agregado con una fracción producto de trituración mecánica.

Las partículas de los agregados fueron duras, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, blandas o desintegrables y sin materia orgánica u otras sustancias perjudiciales. Sus condiciones de limpieza dependieron del uso que se le dio al material.

A continuación se relacionan los ensayos correspondientes al control de calidad de la actividad de Base Granular:

- CBR de laboratorio. Su frecuencia es de una vez por cada cambio de fuente de agregados o cuando varíe el material. El criterio de aceptación que se empleó en este ítem es que el CBR debe ser mayor o igual al 80% ( $\geq 80\%$ ) referido a la compactación del próctor modificado.
- Desgaste en la máquina de los ángeles. En etapa de producción de base granular se realizó este ensayo una vez al mes o al menos una vez por cada cambio de fuente de agregados o cuando varíen las características del material. Por ningún motivo se aceptó una base que sobrepasara el 40% como resultado del desgaste.
- Índice plástico. Se debió hacer un ensayo por jornada en etapa de producción o cuando cambie la fuente de los agregados. Para dar la conformidad del producto el índice plástico debe ser menor o igual a 3 ( $\leq 3$ ).
- Equivalente de arena. Se realizó un ensayo semanal en etapa de producción o cuando cambió la fuente de los agregados. El criterio de aceptación que se empleó en este ítem es que el equivalente de arena debe ser del 30% como mínimo.
- Partículas fracturadas mecánicamente: Se realizó este ensayo con una frecuencia de una vez por jornada y el resultado que se esperó para aceptar como producto conforme al material fue mínimo el 50%.

- Índice de aplanamiento y alargamiento. Se ejecutó una vez por semana. El criterio de aceptación que se empleó fue que el resultado del ensayo no excediera al 35%.
- Granulometría. En etapa de producción se realizó mínimo una vez por jornada. El material objeto del ensayo debió cumplir con las siguientes gradaciones:

Tabla 5. Granulometrías para base granular

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA	
NORMAL	ALTERNO	BG-1	BG-2
37.5 mm.	1 ½"	100	-
25.0 mm.	1"	70 – 100	100
19.0 mm.	¾"	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
75µm.	No. 200	5 - 15	5 – 15

- Densidad máxima de laboratorio o próctor modificado: Se realizó un ensayo por cada vez que se cambiara la fuente de los agregados o varíe el material.



Figura 7. Proctor



Figura 8. Molde proctor

- Densidades de campo. La frecuencia con la cual se realizó la toma de densidades de campo fue una vez por cada 250 m<sup>2</sup> por cada capa y en los tramos por aprobar, un mínimo de 6 puntos. Para aprobar el tramo que se estaba chequeando, el promedio de las densidades tomadas debía ser mayor o igual al 100% ( $\geq 100\%$ ) de la máxima de laboratorio y a su vez, cada medición individual, mayor o igual al 98% ( $\geq 98\%$ ) del valor medio del tramo.

#### 4.5. BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO

Este trabajo consiste en la construcción de una capa de base, constituida por material adicionado totalmente o resultante de la escarificación de la capa superficial existente, o una mezcla de ambos, estabilizándolos con cemento Portland, de acuerdo con las dimensiones, alineamientos y secciones indicados en los documentos del proyecto o determinados por el Interventor.

El material que se estabilizó con cemento provenía de la escarificación de la capa superficial existente o era un suelo natural proveniente de excavaciones o zonas de préstamo, agregados locales de baja calidad, o escorias o mezclas de cualesquiera de ellos, libres de materia orgánica u otra sustancia que pudiera perjudicar el correcto fraguado del cemento. Enseguida se relacionan los ensayos que se ejecutaron para esta actividad:

- Granulometría (suelo). En la etapa de producción se realiza una granulometría por jornada o cuando cambie la procedencia del suelo. Los criterios de aceptación usados para este ítem fueron que el porcentaje retenido en el tamiz No. 4 sea menor o igual al 50% ( $\leq 50\%$ ), el material que pase en tamiz No. 200 sea menor o igual al 50% ( $\leq 50\%$ ), el tamaño máximo no sea mayor a 75 mm, ni mayor a 0.5 del espesor de la capa compactada.
- Plasticidad (suelo). En la etapa de producción se realiza un ensayo por jornada o cuando cambie la procedencia del suelo. La fracción inferior al tamiz No. 40 debió tener límite líquido menor o igual a 35 ( $LI \leq 35$ ) e índice plástico menor o igual a 15 ( $IP \leq 15$ ).
- Densidad máxima de referencia. Se realizó un ensayo de cada mezcla propuesta.
- Compactación (mezcla). La frecuencia con la cual se realizó este ensayo fue una vez por cada 250 m<sup>2</sup> por cada capa y en los tramos por aprobar, un mínimo de 6 puntos. Para aprobar el tramo que se estaba chequeando, el promedio de las densidades tomadas en cada punto debía ser mayor o igual al 98% ( $\geq 98\%$ ) de la máxima de referencia y a su vez, el valor que se registró individualmente, mayor o igual al 97% ( $\geq 97\%$ ) del valor medio del tramo.



Figura 9. Densidades de campo con densímetro nuclear

#### 4.6 CONCRETO ASFÁLTICO

Este trabajo consiste en la elaboración, transporte, colocación y compactación, de una o más capas de mezcla asfáltica de tipo denso, preparada en caliente, de acuerdo con la especificación y de conformidad con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos o determinados por el Interventor.

Este ítem se divide en tres partes fundamentales: la obtención de la fórmula de trabajo o diseño Marshall, los ensayos para tolvas en frío y la mezcla densa en caliente.

- Granulometría: De acuerdo con el uso de la capa asfáltica, se realiza el diseño el cual debe cumplir con alguna de las siguientes franjas:

Tabla 6. Granulometrías para concreto asfáltico

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA		
NORMAL	ALTERNO	MDC-1	MDC-2	MDC-3
25.00 mm.	1"	100	-	-
19.00 mm.	3/1"	80 – 100	100	-
12.50 mm.	1/2"	57 – 85	80 – 100	-
9.50 mm.	3/8"	60 – 77	70 – 88	100
4.75 mm.	No. 4	43 – 54	51 – 68	65 – 87
2.00 mm.	No. 10	29 – 45	38 – 52	43 – 61
425 µm.	No. 40	14 – 25	17 – 28	16 – 29
180 µm.	No. 80	8 – 17	8 – 17	9 – 19
75 µm.	No. 200	4 - 8	4 – 8	5 – 10

#### 4.6.1. Agregados tolvas en frío

- Desgaste en la máquina de los ángeles. Este ensayo se realizó una vez al mes en etapa de producción, cada vez que cambie la fuente de los agregados o cuando varíe el material. El criterio de aceptación que se asumió para este caso fue que el desgaste fuera del 40% como máximo para capa de base y 30% máximo para capa de rodadura.
- Equivalente de arena. En etapa de producción se midió un equivalente de arena semanalmente o cuando varió la fuente de los agregados. Para aprobar el producto el resultado del ensayo debía ser del 50% de la gradación combinada como mínimo.
- Índice plástico. La frecuencia con que se ejecutó este ensayo fue de una vez por jornada en etapa de producción o cuando cambió la fuente de los agregados. El resultado debía ser no plástico.
- Partículas fracturadas mecánicamente. Este ensayo se realizó una vez por jornada y debía ser del 75% como mínimo.
- Índice de alargamiento y aplanamiento. Este ensayo se realizó una vez por semana y debía ser del 35% como máximo.



Figura 10. Plantillas para índice de alargamiento y aplanamiento

- Granulometría. Se realizó una vez por jornada de trabajo. El criterio de aceptación que se empleó fue que si se revisa la mezcla de agregados en frío, la curva sea sensiblemente paralela a la franja de la granulometría de diseño ajustándose a la fórmula de trabajo con las siguientes tolerancias: El porcentaje que pasa el tamiz No. 4 y los tamices mayores pueden diferir del peso seco de los agregados con un 4% por encima o por debajo; los porcentajes que pasan por los tamices No. 10, 40, 80, pueden ser mas o menos 3% sobre el peso seco de los agregados y el porcentaje que pasa el tamiz No. 200 puede diferir por encima o por debajo sobre el peso seco de los agregados con 1%.

#### 4.6.2. Mezcla densa en caliente

- Contenido de asfalto. Se toman dos muestras de mezcla elaborada por jornada, en etapa de producción, para hacer las extracciones. Para el lote compuesto por seis muestras, se debió tener en cuenta lo siguiente: el porcentaje de asfalto promedio residual del tramo puede diferir por exceso o defecto con un 3% del porcentaje óptimo de asfalto y el porcentaje de asfalto residual de cada muestra individual puede diferir por exceso o defecto con un 5% del porcentaje óptimo de asfalto.



Figura 11. Centrifuga



Figura 12. Extracción de asfalto

- Granulometría. El control de calidad que se realiza para este caso se evalúa de igual manera que la granulometría de las tolvas en frío.
- Estabilidad. La frecuencia con la que se realizó este ensayo fue mínimo 4 probetas diarias de mezcla elaborada en la jornada. La estabilidad media de las 4 probetas debía ser mayor o igual al 90% ( $\geq 90\%$ ) de la estabilidad correspondiente a la del diseño Marshall y a su vez la estabilidad individual debía ser mayor o igual al 80 % ( $\geq 80\%$ ) de la estabilidad media.



Figura 13. Probetas para ensayo Marshall

- Flujo. Para el chequeo del flujo se realizaron mínimo 4 probetas diarias de mezcla elaborada en la jornada, las mismas utilizadas en el ensayo de estabilidad. El criterio de aceptación elaborado fue que el flujo medio de las 4 probetas debía ser mayor o igual al 85% ( $\geq 85\%$ ) del flujo correspondiente al diseño Marshall y menor o igual al 115% ( $\leq 115\%$ ) del mismo. En todo caso no se permite que esté fuera de los límites indicados en el diseño de mezcla asfáltica.

Los siguientes ensayos corresponden al control de calidad del producto terminado:

- Densidad de campo. La toma de densidades de campo se realizó cuando menos cada 250 m<sup>2</sup> y en el tramo por aprobar, un mínimo de 6 mediciones. La densidad media del tramo debía ser mayor o igual al 98% ( $\geq 98\%$ ) de la densidad media obtenida al compactar en el laboratorio con la técnica Marshall las cuatro probetas por jornada de trabajo. La densidad individual debía ser mayor o igual al 97% ( $\geq 97\%$ ) de la densidad media del tramo.



Figura 14 Extracción de núcleos



Figura 15 Núcleo de mezcla asfáltica

- Espesor. Se realizó una medición del espesor sobre la base de cada sitio escogido para el control de la compactación. El criterio de aceptación usado fue que el espesor medio debía ser mayor o igual al ( $\geq$ ) espesor de diseño y a su vez, el espesor individual debía ser mayor o igual al 90% ( $\geq 90\%$ ) del espesor de diseño.

#### 4.7. CONCRETO HIDRÁULICO

4.7.1. Diseño de mezcla. Consiste en la elaboración de la fórmula de trabajo, es decir, la obtención de las proporciones de los agregados y la gradación media. Las cochadas de tanteo en el laboratorio para el diseño de la mezcla y las muestras para los ensayos de resistencia debían ser preparadas y curadas de acuerdo con la norma INV E-402 y ensayada según la norma de ensayo INV E-410; la máxima relación agua cemento permisible (o el contenido mínimo de cemento) para el concreto a ser empleado en la estructura, será la mostrada por la curva que produzca la resistencia promedio requerida que exceda suficientemente la resistencia de diseño del elemento, según lo indicado en los siguientes cuadros:

Tabla 7. Resistencia promedio requerida

RESISTENCIA ESPECIFICADA A LA COMPRESIÓN, $f'_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )
< 210	$f'_c + 70$
210 – 350	$f'_c + 85$
> 350	$f'_c + 100$

Tabla 8. Resistencia mínima promedio requerida

CLASE	RESISTENCIA MÍNIMA A LA COMPRESIÓN A 28 DÍAS (Kg/cm <sup>2</sup> )
CONCRETO PREY POST-TENSADO	
A	350
B	320
CONCRETO REFORZADO	
C	280
D	210
E	175
CONCRETO SIMPLE	
F	140
CONCRETO CICLÓPEO	
G	140

La consistencia debía cumplir con lo indicado en el siguiente cuadro.

Tabla 9. Límites para la consistencia del concreto

Tipo de trabajo	Asentamiento nominal (cm)	Asentamiento máximo (cm)
Elementos construidos con formaletas:		
Secciones de más de 30 cm de espesor	1.3	5
Secciones de 30 cm de espesor o menos	1.4	5
Pilas fundidas en sitio	5.8	9
Concreto sumergido	5.8	9

#### 4.7.2. Agregados finos

- Granulometría. Este ensayo se realizó una vez por jornada en la etapa de producción. El criterio de aceptación que se empleó fue: El módulo de finura se obtiene a partir de la granulometría, utilizando la serie de tamices normalizada. El agregado fino nunca podrá tener más de 45% de material retenido entre dos tamices consecutivos y deberá ajustarse a la siguiente franja:

Tabla 10. Granulometrías para Agregados finos de Concreto

TAMIZ		POPCENTAJE QUE PASA
NORMAL	ALTERNO	
9.5 mm.	3/8"	100
4.75 mm.	No.4	95 – 100
2.36 mm.	No.8	80 – 100
1.18 mm.	No.16	50 – 85
600 µm.	No.30	25 – 60
300 µm.	No.50	10 – 30
150 µm.	No.100	2 – 10

- Índice plástico. La frecuencia con la cual se realizó el índice plástico fue de una vez por jornada en la etapa de producción y para la aprobación del material el resultado del ensayo debía ser no plástico.
- Equivalente de arena. Se realizó semanalmente o cada vez que cambió el material o de cada fuente de agregados. El criterio de aceptación en este caso fue que el equivalente de arena debía ser mayor o igual al 60% ( $\geq 60\%$ ).

#### 4.7.3. Agregados gruesos

- Desgaste en la máquina de los ángeles: De cada fuente de agregados se tomó una muestra o cuando cambió el material. En la etapa de producción se realizó el ensayo una vez al mes. Para la aprobación del material el desgaste debía ser del 40% como máximo.
- Índice de aplanamiento y alargamiento. En la etapa de producción se realizó una vez por semana. El criterio de aceptación empleado fue que el resultado del ensayo debía ser menor o igual al 15% ( $\leq 15\%$ ).
- Granulometría. La frecuencia con que se realizó este ensayo fue de una vez por jornada en etapa de producción. El tamaño máximo nominal debía ser menor o igual a 50mm ( $\leq 50\text{mm}$ ). La gradación debía ajustarse a las siguientes franjas:

Tabla 11. Granulometrías para Agregados gruesos de Concreto

Tamiz alternativo	Porcentaje que pasa						
	Ag-1	Ag-2	Ag-3	Ag-4	Ag-5	Ag-6	Ag-7
2.5"	-	-	-	-	100	-	100
2"	-	-	-	100	95-100	100	95-100
1 1/2"	-	-	100	95-100	-	90-100	35-70
1"	-	100	95-100	-	35-70	20-55	0-15
3/4"	100	95-100	-	35-70	-	0-15	-
1/2"	90-100	-	25-60	-	10-30	-	0-5
3/8"	40-70	20-55	-	10-30	-	0-5	-
No.4	0-15	0-10	0-10	0-5	0-5	-	-
No.8	0-5	0-5	0-5	-	-	-	-

#### 4.7.4. Mezcla

- Consistencia (Asentamiento). Se debió tomar una muestra antes de cada vaciada. Ver cuadro de límites de consistencia del concreto.
- Dosificación. Se realizó este control de calidad antes de cada vaciada. Se debía efectuar en las proporciones establecidas durante su diseño, admitiéndose las siguientes variaciones en el peso de sus componentes: Para agua, cemento y aditivos podía variar por exceso o por defecto 1%, para agregado grueso hasta de 38 mm mas o menos el 2% y para agregado grueso mayor de 38 mm, 3%.

- Resistencia a la compresión. Se debieron tomar 4 cilindros por cada 50 m<sup>3</sup> y fallar 2 a los 7 días y 2 a los 28 días. El criterio que se empleó para la aceptación del producto terminado fue que la resistencia promedio, es decir, el promedio de tres ensayos consecutivos, debía ser mayor o igual a  $f'c$  ( $\geq f'c$ ) y la resistencia individual debía ser mayor o igual a  $f'c$  menos 35 ( $\geq f'c-35$ ).



Figura 16 Cilindros de concreto hidráulico

- Agregado ciclópeo. Se debió hacer un ensayo de cada lote para la elaboración de la mezcla. Para aprobar el material la dimensión mayor y menor de cada piedra debió ser menor que 2:1 ( $< 2:1$ ); el desgaste en la máquina de los ángeles debió ser menor o igual al 50% ( $\leq 50\%$ ); la piedra debía ser limpia y húmeda; en estructuras cuyo espesor fue inferior a 80 cm, la distancia libre entre piedras o entre una piedra y la superficie de la estructura debía ser superior a 10 cm; en estructuras de mayor espesor, la distancia mínima se aumenta a 15 cm; en estribos y pilas no se usó agregado ciclópeo en los últimos 50 cm debajo del asiento de la superestructura o placa; la proporción máxima del agregado ciclópeo fue de 40% del volumen total del concreto.



Figura 17 Agregado ciclópeo

## 5. PROCESO CONSTRUCTIVO

### 5.1. TERRAPLÉN

5.1.1. Preparación del terreno. Antes de iniciar la construcción de cualquier terraplén, el terreno base de éste fue desmontado y limpio, y ejecutadas las demoliciones de estructuras que se requerían. El Interventor determinó los eventuales trabajos de descapote y retiro del material inadecuado, así como el drenaje del área base.

Cuando el terreno base estaba satisfactoriamente limpio y drenado, se procedió a escarificar, conformar y compactar, en una profundidad de quince centímetros (15 cm) la cual se redujo a diez centímetros (10 cm) cuando el terraplén se construyó sobre un afirmado existente.

En las zonas de ensanche de terraplenes existentes o en la construcción de éstos sobre terreno inclinado, previamente preparado, el talud existente o el terreno natural se cortaron en forma escalonada, de acuerdo con los planos o las instrucciones del Interventor, para asegurar la estabilidad del terraplén nuevo.

Si el terraplén se construyó sobre turba o suelos blandos, se aseguró la eliminación total o parcial de estos materiales, su tratamiento previo y consolidación o la utilización de cualquier otro medio propuesto por el Constructor y autorizado por el Interventor, que permita mejorar la calidad del soporte, hasta que éste ofrezca la suficiente estabilidad para resistir esfuerzos debidos al peso del terraplén terminado.



Figura 18 Conformación terraplén

5.1.2 Cuerpo del terraplén. El Interventor sólo autorizó la colocación de materiales de terraplén cuando el terreno base estaba adecuadamente preparado, según se indica en la figura 18.

El material del terraplén se colocó en capas de espesor uniforme, el cual fue lo suficientemente reducido para que, con los equipos disponibles, se obtenga el grado de compactación exigido. Los materiales de cada capa fueron de características uniformes. No se extendió ninguna capa, mientras no se había comprobado que la subyacente cumpliera las condiciones de compactación exigidas. Se debió garantizar que las capas presenten adherencia y homogeneidad entre sí. Es responsabilidad del Constructor asegurar un contenido de humedad que garantice el grado de compactación exigido en todas las capas del cuerpo del terraplén.

Obtenida la humedad más conveniente, se procedió a la compactación mecánica de la capa.

Las zonas que por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte, no permitieron el empleo del equipo que normalmente se utilizó para la compactación, se compactaron con equipos apropiados para el caso.

El espesor de las capas de terraplén fue definido por el Constructor con base en la metodología de trabajo, aprobada previamente por el Interventor, que garantice el cumplimiento de las exigencias de compactación.

5.1.3 Corona del terraplén. Salvo que los planos del proyecto o las especificaciones particulares establecieran algo diferente, la corona alcanzó un espesor compacto de treinta centímetros (30 cm) construidos en dos capas de igual espesor, los cuales se conformaron utilizando suelos seleccionados o adecuados.

Los terraplenes se construyeron 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 por causa de los asentamientos, las cotas de subrasante resultaron inferiores a las proyectadas, incluidas las tolerancias indicadas, se escarificó la capa superior del terraplén en el espesor que ordenara el Interventor y se adicionó del mismo material utilizado para conformar la corona, efectuando la homogeneización, humedecimiento o secamiento y compactación requeridos hasta cumplir con la cota de subrasante.

Si las cotas finales de subrasante resultaron superiores a las proyectadas, teniendo en cuenta las tolerancias, el Constructor retiró, a sus expensas, el espesor en exceso.

Al terminar cada jornada, la superficie del terraplén debía estar compactada y bien nivelada, con declive suficiente que permitiera el escurrimiento de aguas lluvias sin peligro de erosión.



Figura 19. Corona de terraplén

## 5.2. BASE GRANULAR

El Interventor sólo autorizó la colocación de material de base granular cuando la superficie sobre la cual debió asentarse alcanzó la densidad y las cotas indicadas o definidas por el Interventor. Además debió estar concluida la construcción de las cunetas, desagües y filtros necesarios para el drenaje de la calzada.

5.2.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados. Las fuentes de materiales, así como los procedimientos y equipos utilizados para la explotación de aquellas y para la elaboración de los agregados requeridos, debieron tener aprobación previa del Interventor, la cual no implica necesariamente la aceptación posterior de los agregados que el Constructor suministre o elabore de tales

fuentes, ni lo exime de la responsabilidad de cumplir con todos los requisitos de cada especificación.

Los procedimientos y equipos de explotación, clasificación, trituración, lavado y el sistema de almacenamiento, deben garantizar el suministro de un producto de características uniformes.

Todos los trabajos de clasificación de agregados y en especial la separación de partículas de tamaño mayor que el máximo especificado para cada gradación, se efectuaron en el sitio de explotación o elaboración y no en la vía.

Los suelos orgánicos existentes en la capa superior de las canteras se conservaron para la posterior recuperación de las excavaciones y de la vegetación nativa. Al abandonar las canteras temporales, el Constructor remodeló el terreno para recuperar las características hidrológicas superficiales de ellas.

5.2.2. Fase de experimentación en bases granulares y estabilizadas. Antes de iniciar los trabajos, el Constructor emprendió 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 los materiales, de manera que se cumplan los requisitos de cada especificación.

Para tal efecto, construyó varias secciones de ancho y longitud definidos de acuerdo con el Interventor y en ellas se probó el equipo y el plan de compactación.

El Interventor tomó muestras de la capa y las ensayó para determinar su conformidad con las condiciones especificadas de densidad, granulometría y demás requisitos.

Cuando los ensayos indicaron que la base granular o estabilizada no se ajustaba a dichas condiciones, el Constructor efectuó inmediatamente las correcciones requeridas a los sistemas de preparación, extensión y compactación, hasta que ellos resultaran satisfactorios para el Interventor.

5.2.3. Acopio de los materiales. Los agregados para afirmados y base granular se acopiaban cubriéndolos con plásticos, de manera que no sufrieran daños o transformaciones perjudiciales. Cada agregado diferente se acopió por separado, para evitar cambios en su granulometría original. Los últimos quince centímetros (15 cm) de cada acopio que se encontraban en contacto con la superficie natural del terreno no se utilizaron.

5.2.4. Extensión, mezcla y conformación del material. El material se dispuso en un cordón de sección uniforme, donde se verificó su homogeneidad. Si la capa se construyó mediante combinación de varios materiales, éstos se mezclaron formando cordones separados para cada material en la vía, que luego se

combinaron para lograr su homogeneidad. Cuando fue necesario humedecer o airear el material para lograr la humedad de compactación, el Constructor empleó el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudicó la capa subyacente y dejó una humedad uniforme en el material. Este, después de mezclado, se extendió en una capa de espesor uniforme que permitió obtener el espesor y grado de compactación exigidos.

El material de afirmado se distribuyó en una sola capa y en todo el ancho de la corona, calzada más bermas, de tal manera que al extenderse, la capa resultara de espesor uniforme, con una pendiente transversal entre tres por ciento (3%) y cuatro por ciento (4%), para facilitar el escurrimiento de aguas superficiales.



Figura 20. Base granular

5.2.5. Compactación. Una vez el material obtuvo la humedad apropiada y se conformó debidamente, se compactó con el equipo aprobado hasta lograr la densidad especificada. Aquellas zonas que por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitieron la utilización del equipo que normalmente se utiliza, se compactó por los medios adecuados para el caso, en forma tal que las densidades que se alcanzaron, no fueron inferiores a las obtenidas en el resto de la capa.

La compactación se efectuó longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de un tercio ( $1/3$ ) del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se hizo del borde inferior al superior.

No se extendió ninguna capa de material, mientras no se realizó la nivelación y comprobación del grado de compactación de la capa precedente. Tampoco se permitieron los trabajos, si la temperatura ambiente a la sombra fue inferior a dos grados Celsius (2°C) o en instantes en que hubo lluvia.

5.2.6 Apertura al tránsito. Sobre las capas en ejecución se prohibió la acción de todo tipo de tránsito mientras no se completara la compactación. El tránsito que necesariamente tuvo que pasar sobre ellas se distribuyó en forma tal que no se concentraron huellas de rodadas en la superficie.

### 5.3. BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO

5.3.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados. Cuando se empleó en la estabilización, suelos o agregados diferentes de los obtenidos al escarificar la capa superficial existente, tanto éstos como los procedimientos y equipos utilizados para su explotación y elaboración, debieron tener aprobación previa del Interventor, la cual no implica necesariamente la aceptación posterior de los materiales elaborados ni exime de la responsabilidad de cumplir con todos los requisitos de esta especificación.

Todos los trabajos de clasificación de estos materiales y en especial la separación de sobretamaños, se efectuaron en el sitio de explotación o elaboración y no en la vía.

Los suelos orgánicos existentes en la capa superior de las canteras o préstamos se conservaron para la posterior recuperación de las excavaciones. Al abandonar los préstamos y las canteras temporales, el Constructor remodeló el terreno para recuperar las características hidrológicas superficiales de ellas.

5.3.2 Diseño de la mezcla. Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el Constructor entregó al Interventor, para su verificación, muestras representativas del suelo y el cemento que se propone utilizar, avaladas por los resultados de los ensayos de laboratorio que demuestren la conveniencia de utilizarlos en la mezcla e igualmente presentó el diseño de la misma.

Si a juicio del Interventor, los materiales o el diseño de la mezcla resultaron objetables, el Constructor efectuó las modificaciones necesarias para corregir las deficiencias.

Una vez el Interventor manifestaba su conformidad con los materiales y el diseño de la mezcla, éste sólo se podía modificar durante la ejecución de los trabajos, cuando se presentara una variación inevitable en alguno de los ingredientes que intervienen en ella.

La construcción de la base estabilizada con cemento no se inició hasta que la mezcla estuviera diseñada y contara con la aprobación del Interventor.

5.3.3 Preparación de la superficie existente. Si el material por estabilizar era totalmente de aporte, antes de construir la base estabilizada se comprobó que la superficie que iba a servir de apoyo tuviera la densidad y lisura apropiadas, así como las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedieron las tolerancias establecidas en la especificación respectiva, se corrigieron de acuerdo con lo indicado en ella, a plena satisfacción del Interventor.



Figura 21. Preparación de la superficie existente

Cuando la construcción se realizó únicamente con el suelo existente, éste se escarificó en todo el ancho de la capa que se iba a mezclar, hasta una profundidad suficiente para que, una vez compactada, la capa estabilizada alcance el espesor señalado en los planos o indicado por el Interventor.

En todos los casos en que el proceso involucró el suelo del lugar, parcial o totalmente, se comprobó que el material que se encontraba bajo el espesor por estabilizar presentaba adecuadas condiciones de resistencia y, en caso de no tenerlas, el Interventor ordenó las modificaciones previas que consideró necesarias.

5.3.4 Transporte de suelos y agregados. Cuando la estabilización incluyó suelos o agregados de aporte, éstos se transportaron a la vía protegidos con lonas u otros cobertores adecuados, asegurados a la carrocería, de manera de impedir que parte del material cayera sobre las vías por donde transitaban los vehículos.

5.3.5 Pulverización del suelo. Antes de aplicar el cemento, el suelo por tratar se pulverizó con la máquina estabilizadora en el ancho y espesor suficientes que permitieron obtener la sección compactada indicada en los planos u ordenada por el Interventor.

El proceso de pulverización continuó hasta que se lograron los requerimientos granulométricos de la especificación.

Una vez pulverizado el suelo, éste se conformó a la sección transversal aproximada de la calzada, con el empleo de motoniveladora.

5.3.6. Aplicación del cemento. El cemento se aplicó en bolsas o a granel. Se esparció sobre el agregado pulverizado empleando el procedimiento aceptado por el Interventor durante la fase de experimentación, de manera que se esparció la cantidad requerida según el diseño más la cantidad prevista por desperdicios, a todo lo ancho de la capa por estabilizar. Durante la aplicación del cemento, la humedad del suelo no fue superior a la definida durante el proceso de diseño como adecuada para lograr una mezcla íntima y uniforme del suelo con el cemento.

Sobre el cemento esparcido sólo se permitió el tránsito del equipo que lo va a mezclar con el suelo. El cemento sólo se extendió en la superficie que podía quedar terminada en la jornada de trabajo.



Figura 22. Aplicación del cemento

5.3.7 Mezcla. Inmediatamente después de ser esparcido el cemento, se efectuó la mezcla, empleando el equipo aprobado, en todo el espesor establecido en los planos u ordenado por el Interventor. El número de pasadas dependía del equipo utilizado y fue el necesario para garantizar la obtención de una mezcla homogénea según se definió en una fase previa de experimentación. Cuando se requirió, se añadió el agua faltante y se continuó mezclando hasta que la masa resultante presentara completa homogeneidad. La humedad de la mezcla fue la óptima del ensayo proctor normal (norma de ensayo INV E-806), con una tolerancia de más o menos uno por ciento ( $\pm 1\%$ ).



Figura 23. Mezcla de base estabilizada con cemento

5.3.8 Compactación. La compactación de la mezcla se realizó de acuerdo con el plan propuesto por el Constructor y aprobado por el Interventor durante la fase previa de experimentación.

El proceso de compactación fue tal, que evitó la formación de una costra o capa superior delgada, débilmente adherida al resto de la base estabilizada. Cuando ella se produjo, se eliminó hasta obtener una superficie uniforme y compacta. Los trabajos de compactación se terminaron en un lapso no mayor de dos (2) horas desde el inicio de la mezcla. Cuando, durante dicho plazo, no se lograron las condiciones de compactación exigidas, el tramo se puso en observación y se consideró separadamente a los fines de los controles del Interventor.



Figura 24. Compactación de base estabilizada con cemento

Las zonas que por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas no permitieron el empleo del equipo de mezcla y compactación aprobado durante la fase de experimentación, se compactaron con los medios que resultaron adecuados para el caso, de manera que la mezcla resultó homogénea y la densidad alcanzada no fue inferior a la exigida por la especificación.

Una vez terminada la compactación, la superficie se mantuvo húmeda hasta que se aplicó el riego de curado.

5.3.9. Juntas de trabajo. Las juntas entre trabajos realizados en días sucesivos se cuidaron para proteger la capa construida cuando se esparció y compactó la adyacente. Al término de la jornada de trabajo se formó una junta transversal perpendicular al eje de la calzada, haciendo un corte vertical en el material compactado.

5.3.10. Curado de la capa compactada. Terminada la conformación y compactación de la base estabilizada con cemento, ésta se protegió contra pérdidas de humedad por un período no menor de siete (7) días, mediante la aplicación de una película bituminosa con emulsión de rotura rápida tipo CRR-1, a una tasa no inferior a cuatro décimas de litro por metro cuadrado ( $0.4 \text{ l/m}^2$ ) de ligante residual.

En el momento de aplicar el riego, que en ningún caso fue después de veinticuatro (24) horas de terminada la compactación, la superficie de la base estabilizada debía presentar un aspecto denso y homogéneo y contener la humedad suficiente que permitiera el curado.



Figura 25. Curado de base estabilizada con cemento

#### 5.4. CARPETA ASFÁLTICA.

5.4.1 Preparación de la superficie existente. La mezcla no se extendió hasta que se comprobó que la superficie sobre la cual se iba a colocar tuviera la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedieron de las tolerancias establecidas en la especificación respectiva, fueron corregidas de acuerdo con lo establecido en ella.



Figura 26. Preparación de la superficie existente para carpeta asfáltica

Si la extensión de la mezcla necesitó riegos previos de imprimación o de liga, ellos se realizaron conforme a las especificaciones.

Antes de aplicar la mezcla, se verificó que haya ocurrido el curado del riego previo. Cuando transcurrió mucho tiempo desde la aplicación del riego, se comprobó que su capacidad de liga con la mezcla no se hubiera mermado en forma perjudicial; cuando ello sucedió, el Constructor efectuó un riego adicional de adherencia, a su costa, en la cuantía que fijó el Interventor.

5.4.2 Elaboración de la mezcla. Cada fracción del agregado se acopió separada de las demás para evitar ínter contaminaciones. Cuando los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se utilizaron los quince centímetros (15 cm) inferiores de los mismos. Los acopios se construyeron por capas de espesor no superior a un metro y medio (1.5 m), y no por montones cónicos. Las cargas del material se colocaron adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.



Figura 27. Imprimación

La carga de las tolvas en frío se realizó de forma que éstas contengan entre el cincuenta por ciento (50%) y el cien por ciento (100%) de su capacidad, sin rebosar. En las operaciones de carga se tomaron las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones.



Figura 28. Tolvas en frío

Las aberturas de salida de las tolvas en frío se regularon en forma tal, que la mezcla de todos los agregados se ajustó a la fórmula de obra de la alimentación en frío. El caudal total de esta mezcla en frío se reguló de acuerdo con la producción prevista, lo que permite mantener el nivel de llenado de las tolvas en caliente a la altura de calibración.

Los agregados se calentaron antes de su mezcla con el asfalto. El secador se reguló de forma que la combustión fue completa, indicada por la ausencia de humo negro en el escape de la chimenea. Si el polvo recogido en los colectores cumplía las condiciones exigidas al llenante y su utilización estaba prevista, se introducía en la mezcla; en caso contrario, se eliminaba. El tiro de aire en el secador se reguló de forma adecuada, para que la cantidad y la granulometría del llenante recuperado fueran uniformes. La dosificación del llenante de recuperación y/o el de aporte se hizo de manera independiente de los agregados y entre sí.



Figura 29. Tambor secador

Los agregados preparados y eventualmente el llenante mineral seco, se midieron exactamente y se transportaron al mezclador en las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo.

En ningún caso se introdujo en el mezclador el agregado caliente a una temperatura superior en más de quince grados Celsius ( $15^{\circ}\text{C}$ ) a la temperatura del asfalto.

En el momento de la mezcla, la temperatura del asfalto era tal, que su viscosidad se encontraba entre ciento cincuenta y trescientos centiStokes ( $150 \text{ cSt} - 300 \text{ cSt}$ ), verificándose que no se produzcan escurrimientos a dicha temperatura.

A la descarga del mezclador, todos los tamaños del agregado estaban uniformemente distribuidos en la mezcla y sus partículas total y homogéneamente cubiertas. La temperatura de la mezcla al salir del mezclador no excedía de la fijada durante la definición de la fórmula de trabajo.

Se rechazaron todas las mezclas heterogéneas, carbonizadas o sobrecalentadas, las mezclas con espuma, o las que presenten indicios de humedad. En este último caso, se retiraron los agregados de las correspondientes tolvas en caliente. También se rechazaron aquellas mezclas en las que la envuelta no sea perfecta.



Figura 30. Descarga de mezcla asfáltica

5.4.3 Transporte de la mezcla. La mezcla se transportó a la obra en volquetas hasta una hora del día en que las operaciones de extensión y compactación se pudieran realizar correctamente con luz solar. Sólo se permitió el trabajo en horas de la noche si, a juicio del Interventor, existía una iluminación artificial que permitiera la extensión y compactación de manera adecuada.

Durante el transporte de la mezcla se tomaron las precauciones necesarias para que al descargarla sobre la máquina pavimentadora, su temperatura no fuera inferior a la mínima que se determine como aceptable durante la fase de experimentación.

7.4.4. Extensión de la mezcla. La mezcla se extendió con la máquina pavimentadora, de modo que se cumplieron los alineamientos, anchos y espesores señalados en los planos o determinados por el Interventor.



Figura 31. Extensión de mezcla asfáltica

La extensión comenzaba a partir del borde de la calzada en las zonas por pavimentar con sección bombeada, o en el lado inferior en las secciones peraltadas. La mezcla se colocó en franjas del ancho apropiado para realizar el menor número de juntas longitudinales, y para conseguir la mayor continuidad de las operaciones de extendido, teniendo en cuenta el ancho de la sección, las necesidades del tránsito, las características de la pavimentadora y la producción de la planta.

La colocación de la mezcla se realizó con la mayor continuidad posible, verificando que la pavimentadora deje la superficie a las cotas previstas con el objeto de no tener que corregir la capa extendida. En caso de trabajo intermitente, se comprobó que la temperatura de la mezcla que quedó sin extender en la tolva o bajo la pavimentadora no baje de la especificada; de lo contrario, se ajustó una junta transversal. Tras la pavimentadora se dispuso un número suficiente de obreros especializados, agregando mezcla caliente y enrasándola, según se precise, con el fin de obtener una capa que, una vez compactada, se ajuste enteramente a las condiciones impuestas en la especificación.

En los sitios en los que a juicio del Interventor no resultó posible el empleo de máquinas pavimentadoras, la mezcla se extendió a mano. La mezcla se descargó fuera de la zona que se iba a pavimentar, y fue distribuida en los lugares correspondientes por medio de palas y rastrillos calientes, en una capa uniforme y de espesor tal que, una vez compactada, se ajustó a los planos o instrucciones del Interventor, con las tolerancias establecidas en la especificación.

No se permitió la extensión y compactación de la mezcla en momentos de lluvia o cuando la temperatura ambiente a la sombra y la del pavimento fueron inferiores a cinco grados Celsius (5°C).

5.4.5 Compactación de la mezcla. La compactación comenzó, 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 empezó por los bordes y avanzó gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas en donde el cilindrado avanzó del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso en la forma aprobada por el Interventor, hasta que la superficie total haya sido compactada. Los rodillos llevaron su llanta motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que autorice el Interventor, y sus cambios de dirección se hicieron sobre la mezcla ya compactada.



Figura 32. Compactación de mezcla asfáltica

Se tuvo cuidado en el cilindrado para no desplazar los bordes de la mezcla extendida; aquellos que formaron los bordes exteriores del pavimento terminado, fueron chaflanados ligeramente.

La compactación se realizó de manera continua durante la jornada de trabajo y se complementó con el trabajo manual necesario para la corrección de todas las irregularidades que se puedan presentar. Se cuidó que los elementos de

compactación estuvieran siempre limpios y, si es preciso, húmedos. No se permitieron, sin embargo, excesos de agua.

La compactación se continuó mientras la mezcla se encontraba en condiciones de ser compactada hasta alcanzar la densidad especificada y se concluyó con un apisonado final que borre las huellas dejadas por los compactadores precedentes.

## 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Culminada la Pasantía de: APOYO TÉCNICO EN LABORES DE CONSTRUCCIÓN Y CONTROL DE CALIDAD DEL TRAYECTO 18 DEL PROYECTO BRICEÑO TUNJA SOGAMOSO, se hace necesario realizar un análisis de los resultados obtenidos, desde la verificación del cumplimiento de los objetivos y desde los aportes de la misma a la formación profesional, que es uno de los propósitos de la Universidad al establecer la modalidad de la pasantía como una de las posibilidades de aplicar los conocimientos teóricos de la formación profesional en el desempeño de actividades propias del Ingeniero Civil

Con respecto al primer objetivo. Conocer y analizar a profundidad el plan maestro de la concesión Briceño Tunja Sogamoso, se realizó el estudio del plan, lo cual fue de gran importancia para el desarrollo de las actividades asignadas como pasante ya que permitió tener una visión clara de mi participación en el proyecto.

Con relación al segundo objetivo. Verificar la calidad de los materiales de construcción como la arena, el triturado, el cemento, el asfalto y el recebo suministrados por los diferentes proveedores, se pudo lograr lo planteado ya que se realizó una evaluación permanente de los posibles suministros por parte de los proveedores, a través de ensayos de laboratorio establecidos en el plan de inspección y de la revisión de los certificados de calidad. Se puede mencionar que en una ocasión hubo necesidad de rechazar un recebo por no cumplir con la plasticidad que era uno de los parámetros de aceptación.

En cuanto al tercer objetivo. Realizar el control minucioso de la calidad del producto final, se ejecutaron a cabalidad los controles especificados para cada actividad por medio de ensayos de laboratorio y de campo. Resultado de este proceso, surgió la necesidad de dejar en observación un pequeño tramo de carpeta asfáltica, debido a que al extraer el núcleo se detectó que no cumplía con el espesor del diseño.

En el cuarto objetivo. Dirigir y apoyar la construcción de terraplenes, base, carpeta asfáltica, obras de drenaje y puentes, se ejecutaron las actividades referidas, como se presenta el capítulo 7, donde se hace alusión al proceso constructivo.

Es necesario aclarar que no se participó en las obras de drenaje por que ya se habían ejecutado, en su mayoría, antes de la vinculación a la obra. Tampoco se apoyó la construcción de los puentes por que esta actividad se realizó simultáneamente a la construcción de la estructura de la vía como tal; por lo tanto surgió la necesidad, por parte del constructor de requerir de los servicios de dos ingenieros especialistas en puentes.

En lo referente al quinto objetivo: Diligenciar y entregar oportunamente los informes correspondientes al avance y control de la obra, se realizaron y entregaron informes diarios correspondientes a los resultados de los ensayos, como se puede constar en el Anexo B

A continuación se presenta una tabla resumen de las actividades realizadas, los ensayos de cada actividad, su respectiva frecuencia y criterios de aceptación

Tabla 12. Resumen del Plan de Inspección de Control de Calidad

ACTIVIDAD	ENSAYO	FRECUENCIA	RESULTADO ESPERADO
TERRAPLENES	GRANULOMETRIA	DIARIO	TAMAÑO MÁXIMO 75mm % PASA TAMIZ N 200 < =25%
	LIMITE LIQUIDO	DIARIO	< 30.
	INDICE PLASTICO	DIARIO	< 10
	DENSIDAD DE CAMPO	DIARIO	Di > =98%Dm Dm > = 95%D <sub>e</sub>
	CBR DE LABORATORIO	MENSUAL	CBR >= 10%
	PROCTOR MODIFICADO	MENSUAL	NA
PEDRAPLEN	GRANULOMETRIA	DIARIO	TAMAÑO MÁXIMO <= 2/3 DEL e %PARTICULAS <s 1" <= 30% % PASA TAMIZ N 200 < =10%
	DESGASTE	MENSUAL	<50%
	DENSIDAD DE CAMPO	DIARIO	Di > =98%Dm Dm > = 95%D <sub>e</sub>

Continuación Tabla 12

BASE GRANULAR	GRANULOMETRIA	DIARIO	GRADACIÓN TIPO 1
	DENSIDAD DE CAMPO	DIARIO	Di > = 100%Dm Dm > = 98%D <sub>e</sub>
	PARTICULAS FRACTURADAS	DIARIO	> = 50%
	INDICE PLASTICO	DIARIO	< = 3
	EQUIVALENTE DE ARENA	SEMANAL	> = 30%
	APLANAMIENTO Y ALARGAMIENTO	SEMANAL	< = 35%
	PROCTOR MODIFICADO	MENSUAL	NA
	CBR DE LABORATORIO	MENSUAL	> = 80%
	GRANULOMETRIA	DIARIO	% RETENIDO TAMIZ N 4 < = 50% % PASA TAMIZ N 200 < = 50% TAMAÑO MÁXIMO 75mm
	LIMITE LIQUIDO	DIARIO	< = 35
BASE ESTABILIZADA	INDICE PLASTICO	DIARIO	< = 15
	DENSIDAD DE CAMPO	DIARIO	Di > = 98%Dm Dm > = 97%D <sub>e</sub>
	PROCTOR MODIFICADO	MENSUAL	NA

Continuación Tabla 12

CONCRETO ASFALTICO TOLVAS EN FRIO	GRANULOMETRIA	DIARIO	GRADACIÓN TIPO 1 ó 2
	PARTICULAS FRACTURADAS	DIARIO	> = 75%
	INDICE PLASTICO	DIARIO	NO PLÁSTICO
	EQUIVALENTE DE ARENA	SEMANAL	> = 50%
	APLANAMIENTO Y ALARGAMIENTO	SEMANAL	< = 35%
CONCRETO ASFALTICO MEZCLA DENSA EN CALIENTE	DESGASTE	MENSUAL	< =40% PARA TIPO 1 < =30% PARA TIPO 2
	GRANULOMETRIA	DIARIO	GRADACIÓN TIPO 1 ó 2
	ESTABILIDAD	DIARIO	Em > = 90% Ed Ei > = 80% Em
	FLUJO	DIARIO	Fm > = 85% Fd Fi < = 115% Fd
	CONTENIDO DE ASFALTO	DIARIO	+ ó - 3 % óptimo
CONCRETO ASFALTICO PRODUCTO TERMINADO	DENSIDAD DE CAMPO	DIARIO	Di > = 98% Dm Dm > = 97% De
	ESPESOR	DIARIO	> = espesor de diseño
	GRANULOMETRIA	DIARIO	Gradacion Diseño
	INDICE PLASTICO	DIARIO	NO PLÁSTICO
	RESISTENCIA	DIARIO	> = f'c
CONCRETO HIDRAULICO	EQUIVALENTE DE ARENA	SEMANAL	> = 60 %
	APLANAMIENTO Y ALARGAMIENTO	SEMANAL	< = 15 %
	DESGASTE	MENSUAL	< = 40 %

Los resultados esperados permitieron determinar que los materiales fueron aptos para emplearlos en la construcción y para determinar si las actividades culminadas cumplían con las especificaciones.

En términos generales y teniendo en cuenta la verificación del cumplimiento de los objetivos propuestos se puede afirmar que la participación en la obra cumplió con el apoyo técnico en labores de construcción y control de calidad, se asumió la responsabilidad, junto con dos técnicos en obras civiles, de realizar todos los ensayos.

Desde los aportes de la pasantía la formación fue una gran oportunidad para aplicar los conocimientos teóricos y aprender desde la experiencia, sobre la importancia del control de calidad porque es forma de prevenir posibles problemas constructivos siendo, además la única forma de garantizar un producto satisfactorio.

Fue, también un espacio para ganar experticia en la realización de ensayos de campo y de laboratorio ya que en los laboratorios de la Universidad se hacen en forma limitada y no se cuenta con algunos equipos más sofisticados que ya los tiene el Consorcio CSS: Constructores S.A..

## 7. CONCLUSIONES

- En el desarrollo de mis funciones como pasante en este proyecto, pude concluir que el control de calidad, al igual que la misma construcción, es una labor de suma importancia ya que gracias a ella se garantiza un proceso preventivo adecuado y un producto final satisfactorio.
- Se cumplieron a cabalidad los objetivos planteados, ya que se realizó un proceso serio de reconocimiento del Plan Maestro de la Concesión Briceño Tunja Sogamoso, se evaluaron acertadamente posibles suministros de material de construcción, se realizó el control minucioso de calidad de las actividades culminadas y se dirigió con éxito la construcción de terraplenes, bases y carpeta asfáltica.
- Se pudo establecer que el Proyecto Briceño Tunja Sogamoso cuenta con un mejor manejo de los recursos dada su modalidad de contrato, puesto que las concesiones a diferencia de otras modalidades proporciona un seguimiento óptimo de los procesos y un control de los recursos más efectivo.
- Aunque el Consorcio cuenta con los recursos y maquinaria adecuada, se sugiere la adquisición de medios de transporte para agilizar los ensayos de laboratorio y campo ya que estos debían hacerse en lugares muy distanciados, uno del otro. Otra posibilidad para subsanar este inconveniente sería la adquisición de un mayor número de equipos de laboratorio, para evitar desplazamientos que implican emplear más tiempo.

## 8. RECOMENDACIONES

- Desde los aportes de la pasantía se recomienda continuar propiciando por parte de la Universidad esta modalidad para la aplicación confrontación de la teoría en labores propias de la profesión.
- Sería importante compartir las experiencias de las pasantías como una forma de lograr la socialización de los aprendizajes.
- Es importante que los futuros ingenieros tomemos conciencia sobre la necesidad de asumir con responsabilidad nuestra profesión, teniendo en cuenta que sus manos puede estar el bienestar de una comunidad.

## BIBLIOGRAFIA

Asociación Colombiana de Productores de Concreto – ASOCRETO, Tecnología y Propiedades Segunda Edición, 1997.

BERRY, Meter L. y REID, David. “Mecánica de Suelos”, McGraw Hill, Bogotá, 1993.

CIMENTACIONES, Braja M. Ed Limusa, México, 2001.

MATALLANA R. Serie de conocimientos básicos: Concreto. ASOCRETO.

MONTEJO, Alfonso. “Ingeniería de pavimentos para carreteras”. Universidad Católica de Colombia. Bogotá, 2001.

Plan maestro concesión Briceño Tunja Sogamoso.

Principio de construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente, Serie de Manuales No. 22.

REPUBLICA DE COLOMBIA, Ministerio de Transportes, Instituto Nacional de Vías. Especificaciones generales de construcción de carreteras, Santa Fe de Bogotá D.C. 2002.

REPUBLICA DE COLOMBIA, Ministerio de Transportes, Instituto Nacional de Vías. Normas de ensayo de materiales para carreteras, Santa Fe de Bogotá D.C. 2002.

**ANEXOS**

## **Anexo A**

# **CONTROL DE ACTIVIDADES**



CSS CONSTRUCTORES S.A.



<b>Fecha:</b> Mes de Julio	<b>Elabora:</b> CSS. CONSTRUCTORES S.A.
<b>Material:</b> RECEBO	

Fecha	Abcisa Inicial	Abcisa Final	Margen	Longitud	Ancho	Espesor
14-Jul-05	K169+660	K169+700	Izquierda	40	2,2	0,3
15-Jul-05	K169+720	K169+810	Izquierda	90	2,2	0,3
16-Jul-05	K169+720	K169+700	Izquierda	20	2,2	0,3
18-Jul-05	K169+860	K169+945	Izquierda	85	2,2	0,3
19-Jul-05	K169+990	K170+070	Izquierda	80	2,2	0,3
20-Jul-05	K169+655	K169+610	Izquierda	45	2,2	0,3



CSS CONSTRUCTORES S.A.



<b>Fecha:</b> Mes de Julio	<b>Elabora:</b> CSS. CONSTRUCTORES S.A.
<b>Material:</b> Base Estabilizada Con Cemento	

Fecha	Abcisa Inicial	Abcisa Final	Margen	Longitud	Ancho	Espesor
12-Jul-05	K165+200	K165+350	Derecha	150	5,65	0,18
13-Jul-05	K167+890	K167+690	Izquierda	200	5,65	0,18
14-Jul-05	K165+900	K166+100	Izquierda	200	5,65	0,18
14-Jul-05	K167+520	K167+690	Izquierda	170	5,65	0,18
14-Jul-05	K165+220	K165+360	Izquierda	140	5,65	0,18
16-Jul-05	K166+100	K166+300	Izquierda	200	5,65	0,18
16-Jul-05	K166+300	K166+500	Izquierda	200	5,65	0,18
18-Jul-05	K166+500	K166+620	Izquierda	120	5,65	0,18
20-Jul-05	K165+840	K166+040	Derecha	200	5,65	0,18
22-Jul-05	K166+040	K166+240	Derecha	200	5,65	0,18
24-Jul-05	K167+520	K167+820	Derecha	300	5,65	0,18
26-Jul-05	K166+240	K166+580	Derecha	340	5,65	0,18
28-Jul-05	K170+020	K169+740	Derecha	280	5,65	0,18
30-Jul-05	K169+740	K169+490	Derecha	250	5,65	0,18
31-Jul-05	K169+490	K169+370	Derecha	120	5,65	0,18



CSS CONSTRUCTORES S.A.



<b>Fecha:</b> Mes de Julio	<b>Elabora:</b> PAVIBOY LTDA
<b>Tipo de Mezcla:</b> MDC -1	

Fecha	Abcisa Inicial	Abcisa Final	Margen	Observaciones
12-Jul-05	K165+360	K165+501	Derecha	Se hizo con un ancho a = 5,45
13-Jul-05	K165+501	K165+722	Derecha	Se hizo con un ancho a = 5,45
14-Jul-05	K165+199	K165+360	Derecha	Se hizo con un ancho a = 5,45
15-Jul-05	K165+221	K165+360	Izquierda	Se hizo con un ancho a = 5,45
15-Jul-05	K165+722	K165+825	Derecha	Se hizo con un ancho a = 5,45
18-Jul-05	K165+901	K166+140	Izquierda	Se hizo con un ancho a = 5,45
19-Jul-05	K166+140	K166+313	Izquierda	Se hizo con un ancho a = 5,45
21-Jul-05	K167+519	K167+855	Izquierda	Se hizo con un ancho a = 5,45
23-Jul-05	K166+313	K166+623	Izquierda	Se hizo con un ancho a = 5,45
27-Jul-05	K167+855	K168+116	Izquierda	Se hizo con un ancho a = 5,45
28-Jul-05	K168+116	K168+300	Izquierda	Se hizo con un ancho a = 5,45
28-Jul-05	K168+116	K168+290	Izquierda	Se hizo con un ancho a = 5,45
29-Jul-05	K167+825	K167+520	Derecha	Se hizo con un ancho a = 5,45
30-Jul-05	K165+825	K166+119	Derecha	Se hizo con un ancho a = 5,45



CSS CONSTRUCTORES S.A.



<b>Fecha:</b> Mes de Julio	<b>Elabora:</b> PAVIBOY LTDA
<b>Tipo de Mezcla:</b> MDC -2	

Fecha	Abcisa Inicial	Abcisa Final	Margen	Observaciones
12-Jul-05	K174+630	K174+560	Izquierda	Se hizo con un Ancho = 5,45
13-Jul-05	K175+560	K175+157	Derecha	Se hizo con un Ancho = 5,45
14-Jul-05	K175+157	K174+730	Derecha	Se hizo con un Ancho = 5,45
15-Jul-05	K174+730	K174+408	Derecha	Se hizo con un Ancho = 5,45
16-Jul-05	K174+408	K173+935	Derecha	Se hizo con un Ancho = 5,45
17-Jul-05	K173+935	K173+795	Derecha	Se hizo con un Ancho = 5,45
18-Jul-05	K172+235	K171+800	Izquierda	Se hizo con un Ancho = 5,45
19-Jul-05	K171+800	K171+360	Izquierda	Se hizo con un Ancho = 5,45
20-Jul-05	K171+360	K171+097	Izquierda	Se hizo con un Ancho = 5,45
21-Jul-05	K171+097	K170+605	Izquierda	Se hizo con un Ancho = 5,45
22-Jul-05	K170+605	K170+431	Izquierda	Se hizo con un Ancho = 5,45
23-Jul-05	K170+431	K170+227	Izquierda	Se hizo con un Ancho = 5,45
24-Jul-05	K170+229	K170+510	Derecha	Se hizo con un Ancho = 5,45
25-Jul-05	K170+510	K171+026	Derecha	Se hizo con un Ancho = 5,45
26-Jul-05	K171+026	K171+532	Derecha	Se hizo con un Ancho = 5,45
27-Jul-05	K171+532	K171+952	Derecha	Se hizo con un Ancho = 5,45
28-Jul-05	K171+952	K172+235	Derecha	Se hizo con un Ancho = 5,45
29-Jul-05	K169+370	K169+148	Derecha	Se hizo con un Ancho = 5,45
30-Jul-05	K169+148	K168+790	Derecha	Se hizo con un Ancho = 5,45
31-Jul-05	K168+790	K168+542	Derecha	Se hizo con un Ancho = 5,45
31-Jul-05	K169+322	K169+248	Izquierda	Se hizo con un Ancho = 5,45



CSS CONSTRUCTORES S.A.



<b>Fecha:</b> Mes de Agosto	<b>Elabora:</b> CSS. CONSTRUCTORES S.A.
<b>Material:</b> RECEBO	

Fecha	Abcisa Inicial	Abcisa Final	Margen	Longitud	Ancho	Espesor
09-Ago-05	K163+300	K163+410	Izquierda	110	2,2	0,3
10-Ago-05	K163+305	K163+335	Derecha	30	2,2	0,3
11-Ago-05	K163+335	K163+428	Derecha	93	2,2	0,3
12-Ago-05	K163+410	K163+433	Izquierda	23	2,2	0,3
12-Ago-05	K163+470	K163+610	Izquierda	140	2,2	0,3
13-Ago-05	K163+610	K163+650	Izquierda	40	2,2	0,3
14-Ago-05	K163+467	K163+580	Derecha	113	1,3	0,25
14-Ago-05	K163+597	K163+720	Derecha	123	1,3	0,25
15-Ago-05	K163+597	K163+720	Derecha	123	1,3	0,25
16-Ago-05	K163+720	K163+897	Izquierda	177	1,3	0,25
22-Ago-05	K163+930	K164+030	Izquierda	100	1,7	0,25
24-Ago-05	K164+080	K164+170	Izquierda	90	1,7	0,25
25-Ago-05	K164+010	K164+050	Derecha	40	1,7	0,25
27-Ago-05	K164+050	K164+090	Derecha	40	1,7	0,25
28-Ago-05	K164+330	K164+460	Derecha	130	1,7	0,25
29-Ago-05	K164+090	K164+330	Derecha	240	1,7	0,25
31-Ago-05	K163+270	K163+300	Izquierda	30	1,7	0,25



CSS CONSTRUCTORES S.A.



<b>Fecha:</b> Mes de Agosto	<b>Elabora:</b> CSS. CONSTRUCTORES S.A.
<b>Material:</b> Base Estabilizada Con Cemento	

Fecha	Abcisa Inicial	Abcisa Final	Margen	Longitud	Ancho	Espesor
05-Ago-05	K170+170	K169+970	Izquierda	200	5,65	0,18
07-Ago-05	K169+970	K169+770	Izquierda	200	5,65	0,18
08-Ago-05	K169+770	K169+400	Izquierda	370	5,65	0,18



CSS CONSTRUCTORES S.A.



<b>Fecha:</b> Mes de Agosto	<b>Elabora:</b> REYES Y RIVEROS
<b>Tipo de Mezcla:</b> MDC -1	

Fecha	Abcisa Inicial	Abcisa Final	Margen	Observaciones
01-Ago-05	K166+119	K166+321	Derecha	Se hizo con un ancho a = 5,45
04-Ago-05	K170+020	K169+584	Derecha	Se hizo con un ancho a = 5,45
05-Ago-05	K169+584	K169+370	Derecha	Se hizo con un ancho a = 5,45
05-Ago-05	K169+540	K168+518	Izquierda	Se hizo con un ancho a = 5,45
05-Ago-05	K166+321	K166+594	Derecha	Se hizo con un ancho a = 5,45
06-Ago-05	K168+116	K168+166	Izquierda	Se hizo con un ancho a = 5,45
08-Ago-05	K170+171	K169+958	Izquierda	Se hizo con un ancho a = 5,45
09-Ago-05	K169+958	K169+716	Izquierda	Se hizo con un ancho a = 5,45
12-Ago-05	K169+716	K169+399	Izquierda	Se hizo con un ancho a = 5,45



CSS CONSTRUCTORES S.A.



<b>Fecha:</b> Mes de Julio	<b>Elabora:</b> PAVIBOY LTDA
<b>Tipo de Mezcla:</b> MDC -2	

Fecha	Abcisa Inicial	Abcisa Final	Margen	Observaciones
01-Ago-05	K168+463	K168+030	Derecha	Se hizo con un ancho a = 5,45
02-Ago-05	K168+031	K167+566	Derecha	Se hizo con un ancho a = 5,45
03-Ago-05	K167+566	K167+180	Derecha	Se hizo con un ancho a = 5,45
06-Ago-05	K168+518	K168+490	Izquierda	Se hizo con un ancho a = 5,45
06-Ago-05	K169+248	K168+980	Izquierda	Se hizo con un ancho a = 5,45
08-Ago-05	K168+439	K168+980	Derecha	Se hizo con un ancho a = 5,45
09-Ago-05	K168+541	K168+462	Derecha	Se hizo con un ancho a = 5,45
09-Ago-05	K168+439	K168+075	Izquierda	Se hizo con un ancho a = 5,45
10-Ago-05	K168+075	K167+510	Izquierda	Se hizo con un ancho a = 5,45
11-Ago-05	K167+510	K166+946	Izquierda	Se hizo con un ancho a = 5,45
12-Ago-05	K166+946	K166+359	Izquierda	Se hizo con un ancho a = 5,45
13-Ago-05	K166+359	K165+985	Izquierda	Se hizo con un ancho a = 5,45
16-Ago-05	K165+985	K165+415	Izquierda	Se hizo con un ancho a = 5,45
17-Ago-05	K165+415	K165+012	Izquierda	Se hizo con un ancho a = 5,45
18-Ago-05	K165+012	K164+521	Izquierda	Se hizo con un ancho a = 5,45
20-Ago-05	K164+504	K164+859	Derecha	Se hizo con un ancho a = 5,45
21-Ago-05	K164+859	K165+195	Derecha	Se hizo con un ancho a = 5,45
22-Ago-05	K165+195	K165+695	Derecha	Se hizo con un ancho a = 5,45
23-Ago-05	K165+695	K166+175	Derecha	Se hizo con un ancho a = 5,45
24-Ago-05	K166+175	K166+797	Derecha	Se hizo con un ancho a = 5,45
25-Ago-05	K166+797	K167+208	Derecha	Se hizo con un ancho a = 5,45
26-Ago-05	K170+229	K169+964	Derecha	Se hizo con un ancho a = 5,45
27-Ago-05	K169+964	K169+632	Derecha	Se hizo con un ancho a = 5,45
29-Ago-05	K169+632	K169+516	Derecha	Se hizo con un ancho a = 5,45
29-Ago-05				Pav bahias
30-Ago-05	K169+516	K169+368	Derecha	Se hizo con un ancho a = 5,45
30-Ago-05	K169+322	K169+439	Izquierda	Se hizo con un ancho a = 5,45
31-Ago-05	K169+439	K169+902	Izquierda	Se hizo con un ancho a = 5,45



CSS CONSTRUCTORES S.A.



<b>Fecha:</b> Mes de Septiembre	<b>Elabora:</b> CSS. CONSTRUCTORES S.A.
<b>Material:</b> RECEBO	

Fecha	Abcisa Inicial	Abcisa Final	Margen	Longitud	Ancho	Espesor
2-Sep-05	K163+740	K163+900	Izquierda	160	2,2	0,3
3-Sep-05	K163+740	K163+900	Izquierda	160	2,2	0,3
5-Sep-05	K163+740	K163+900	Izquierda	160	2,2	0,3
6-Sep-05	K163+950	K164+000	Izquierda	50	2,2	0,3
6-Sep-05	K163+800	K163+900	Izquierda	100	2,2	0,3
7-Sep-05	K163+950	K164+000	Izquierda	50	2,2	0,3
8-Sep-05	K164+000	K163+950	Izquierda	50	1,3	0,25
8-Sep-05	K163+950	K164+170	Izquierda	220	1,3	0,25
9-Sep-05	K163+950	K164+170	Izquierda	220	1,3	0,25



CSS CONSTRUCTORES S.A.



<b>Fecha:</b> Mes de Septiembre	<b>Elabora:</b> CSS. CONSTRUCTORES S.A.
<b>Material:</b> Base Estabilizada Con Cemento	

Fecha	Abcisa Inicial	Abcisa Final	Margen	Longitud	Ancho	Espesor
14-Sep-05	K163+300	K163+440	Derecha	140	5,65	0,18
15-Sep-05	K163+470	K163+670	Derecha	200	5,65	0,18
16-Sep-05	K164+310	K164+460	Derecha	150	5,65	0,18
17-Sep-05	K164+170	K164+310	Derecha	140	5,65	0,18
21-Sep-05	K163+470	K163+670	Izquierdo	200	5,65	0,18
22-Sep-05	K163+290	K163+430	Izquierdo	140	5,65	0,18
23-Sep-05	K164+310	K164+460	Izquierdo	150	5,65	0,18
24-Sep-05	K164+310	K164+170	Izquierdo	140	5,65	0,18



CSS CONSTRUCTORES S.A.



<b>Fecha:</b> Mes de Septiembre	<b>Elabora:</b> PAVIBOY LTDA
<b>Tipo de Mezcla:</b> MDC -1	

Fecha	Abcisa Inicial	Abcisa Final	Margen	Observaciones
19-Sep-05	K163+670	K163+470	Derecha	Se hizo con un ancho a =5.45
19-Sep-05	K163+440	K163+357	Derecha	Se hizo con un ancho a =5.45
20-Sep-05	K163+357	K163+306	Derecha	Se hizo con un ancho a =5.45
20-Sep-05	K164+463	K164+171	Derecha	Se hizo con un ancho a =5.45
26-Sep-05	K163+300	K163+432	Izquierda	Se hizo con un ancho a =5.45
26-Sep-05	K163+470	K163+617	Izquierda	Se hizo con un ancho a =5.45
29-Sep-05	K164+617	K164+668	Izquierda	Se hizo con un ancho a =5.45
29-Sep-05	K164+461	K164+281	Izquierda	Se hizo con un ancho a =5.45
30-Sep-05	K164+281	K164+174	Izquierda	Se hizo con un ancho a =5.45



CSS CONSTRUCTORES S.A.



<b>Fecha:</b> Mes de Septiembre	<b>Elabora:</b> PAVIBOY LTDA
<b>Tipo de Mezcla:</b> MDC -2	

Fecha	Abcisa Inicial	Abcisa Final	Margen	Observaciones
01-Sep-05	K169+902	K170+227	Izquierda	Se hizo con un ancho a = 5,45



CSS CONSTRUCTORES S.A.



<b>Fecha:</b> Mes de Octubre	<b>Elabora:</b> CSS. CONSTRUCTORES S.A.
<b>Material:</b> RECEBO	

Fecha	Abcisa Inicial	Abcisa Final	Margen	Longitud	Ancho	Espesor
13-Oct-05	K163+985	K164+010	Derecha	25	2,2	0,3
13-Oct-05	K163+985	K164+010	Derecha	25	2,2	0,3
14-Oct-05	K163+930	K164+110	Derecha	180	2,2	0,3
15-Oct-05	K163+930	K164+090	Derecha	160	2,2	0,3
18-Oct-05	K163+930	K164+070	Derecha	140	2,2	0,3
19-Oct-05	K163+930	K164+000	Derecha	70	2,2	0,3
20-Oct-05	K164+000	K164+050	Derecha	50	1,3	0,25
20-Oct-05	K163+930	K164+000	Derecha	70	1,3	0,25
21-Oct-05	K164+000	K164+035	Derecha	35	1,3	0,25
22-Oct-05	K163+930	K164+020	Derecha	90	1,3	0,25
25-Oct-05	K163+930	K164+000	Derecha	70	1,3	0,25
26-Oct-05	K163+930	K163+985	Derecha	55	1,3	0,25
26-Oct-05	K163+930	K163+970	Derecha	40	1,3	0,25



CSS CONSTRUCTORES S.A.



<b>Fecha:</b> Mes de Octubre	<b>Elabora:</b> CSS. CONSTRUCTORES S.A.
<b>Material:</b> Base Estabilizada Con Cemento	

Fecha	Abcisa Inicial	Abcisa Final	Margen	Longitud	Ancho	Espesor

NO SE REALIZO LA ACTIVIDAD DE BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO



CSS CONSTRUCTORES S.A.



<b>Fecha:</b> Mes de Octubre	<b>Elabora:</b> PAVIBOY LTDA
<b>Tipo de Mezcla:</b> MDC -1	

Fecha	Abcisa Inicial	Abcisa Final	Margen	Observaciones

NO SE REALIZO LA ACTIVIDAD DE MDC - 1





CSS CONSTRUCTORES S.A.



<b>Fecha:</b> Mes de Noviembre	<b>Elabora:</b> CSS. CONSTRUCTORES S.A.
<b>Material:</b> RECEBO	

Fecha	Abcisa Inicial	Abcisa Final	Margen	Longitud	Ancho	Espesor
2-Nov-05	K163+870	K163+725	Derecha	145	2,2	0,3
2-Nov-05	K163+780	K163+725	Derecha	55	2,2	0,3
3-Nov-05	K163+870	K163+740	Derecha	130	2,2	0,3
4-Nov-05	K163+850	K163+760	Derecha	90	2,2	0,3
9-Nov-05	K163+850	K163+780	Derecha	70	2,2	0,3
9-Nov-05	K163+850	K163+800	Derecha	50	2,2	0,3
10-Nov-05	K163+850	K163+810	Derecha	40	1,3	0,25
10-Nov-05	K163+850	K163+820	Derecha	30	1,3	0,25
15-Nov-05	K163+870	K163+900	Derecha	30	1,3	0,25
16-Nov-05	K163+710	K163+890	Derecha	180	1,3	0,25
21-Nov-05	K163+249	K163+298	Izquierda	49	1,3	0,25
27-Nov-05	K163+868	K163+900	Derecha	32	1,3	0,25
28-Nov-05	K163+868	K163+900	Derecha	32	1,3	0,25



CSS CONSTRUCTORES S.A.



<b>Fecha:</b> Mes de Noviembre	<b>Elabora:</b> CSS. CONSTRUCTORES S.A.
<b>Material:</b> Base Estabilizada Con Cemento	

Fecha	Abcisa Inicial	Abcisa Final	Margen	Longitud	Ancho	Espesor

NO SE REALIZO LA ACTIVIDAD DE BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO



CSS CONSTRUCTORES S.A.



<b>Fecha:</b> Mes de Noviembre	<b>Elabora:</b> PAVIBOY LTDA
<b>Tipo de Mezcla:</b> MDC -1	

Fecha	Abcisa Inicial	Abcisa Final	Margen	Observaciones

NO SE REALIZO LA ACTIVIDAD DE MDC - 1





CSS CONSTRUCTORES S.A.



**Fecha:** Mes de Diciembre **Elabora:** CSS. CONSTRUCTORES S.A.

**Material:** RECEBO

Fecha	Abcisa Inicial	Abcisa Final	Margen	Longitud	Ancho	Espesor
6-Nov-05	K158+095	K158+107	Derecha	12	2,2	0,3



CSS CONSTRUCTORES S.A.



<b>Fecha:</b> Mes de Diciembre	<b>Elabora:</b> CSS. CONSTRUCTORES S.A.
<b>Material:</b> Base Estabilizada Con Cemento	

Fecha	Abcisa Inicial	Abcisa Final	Margen	Longitud	Ancho	Espesor

NO SE REALIZO LA ACTIVIDAD DE BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO



CSS CONSTRUCTORES S.A.



<b>Fecha:</b> Mes de Diciembre	<b>Elabora:</b> PAVIBOY LTDA
<b>Tipo de Mezcla:</b> MDC -1	

Fecha	Abcisa Inicial	Abcisa Final	Margen	Observaciones
1-Dic-05	K163+200	K163+224	ancho	Se hizo con un ancho a =5.45
1-Dic-05	K163+245	K163+299	calzada	Se hizo con un ancho a =5.45
16-Dic-05	K164+170	K163+970	Derecha	Se hizo con un ancho a =5.45
17-Dic-05	K164+170	K163+970	Izquierda	Se hizo con un ancho a =5.45



CSS CONSTRUCTORES S.A.



<b>Fecha:</b> Mes de Diciembre	<b>Elabora:</b> PAVIBOY LTDA
<b>Tipo de Mezcla:</b> MDC -2	

Fecha	Abcisa Inicial	Abcisa Final	Margen	Observaciones
16-Dic-05	K163+970	K164+170	MD	Se hizo con un ancho a = 5,45
17-Dic-05	K164+170	K163+970	MI	Se hizo con un ancho a = 5,45
17-Dic-05	K163+670	K163+898	MD	Se hizo con un ancho a = 5,45
22-Dic-05	K163+670	K163+896	M.I.	Se hizo con un ancho a = 5.45



CSS CONSTRUCTORES S.A.



<b>Fecha:</b> Mes de Enero	<b>Elabora:</b> CSS. CONSTRUCTORES S.A.
<b>Material:</b> RECEBO	

Fecha	Abcisa Inicial	Abcisa Final	Margen	Longitud	Ancho	Espesor

NO SE REALIZO LA ACTIVIDAD DE RECEBO



CSS CONSTRUCTORES S.A.



<b>Fecha:</b> Mes de Enero	<b>Elabora:</b> CSS. CONSTRUCTORES S.A.
<b>Material:</b> Base Estabilizada Con Cemento	

Fecha	Abcisa Inicial	Abcisa Final	Margen	Longitud	Ancho	Espesor

NO SE REALIZO LA ACTIVIDAD DE BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO



CSS CONSTRUCTORES S.A.



**Fecha:** Mes de Enero

**Elabora:** PAVIBOY LTDA

**Tipo de Mezcla:** MDC -1

Fecha	Abcisa Inicial	Abcisa Final	Margen	Observaciones

NO SE REALIZO LA ACTIVIDAD DE MDC - 1



CSS CONSTRUCTORES S.A.



<b>Fecha:</b> Mes de Enero	<b>Elabora:</b> REYES Y RIVEROS
<b>Tipo de Mezcla:</b> MDC -2	

Fecha	Abcisa Inicial	Abcisa Final	Margen	Observaciones
21-Ene-06	K163+245	K163+510	M.D.	Se hizo con un ancho a = 5.45
22-Ene-06	K163+510	K163+625	MD	Se hizo con un ancho a = 5.45
23-Ene-06	K163+625	K163+898	MD	Se hizo con un ancho a = 5.45
23-Ene-06	K163+926	K163+970	MD	Se hizo con un ancho a = 5.45
23-Ene-06	K163+924	K163+970	MI	Se hizo con un ancho a = 5.45
24-Ene-06	K163+875	K164+105	MD	Se hizo con un ancho a = 5.45
25-Ene-06	K164+105	K164+355	MD	Se hizo con un ancho a = 5.45
26-Ene-06	K163+370	K163+483	MI	Se hizo con un ancho a = 5.45
26-Ene-06	K164+355	K164+503	MD	Se hizo con un ancho a = 5.45
26-Ene-06	K163+255	K163+370	MI	Se hizo con un ancho a = 5.45
27-Ene-06	K163+483	K163+744	MI	Se hizo con un ancho a = 5.45
28-Ene-06	K163+744	K164+080	MI	Se hizo con un ancho a = 5.45

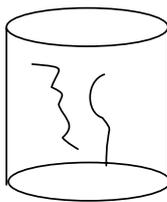
**Anexo B**

**FORMATOS**



REV.0 31-07-2003 CSS-FDF-104	<b>CSS CONSTRUCTORES S.A.</b>  RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE SUELOS	
------------------------------------	---	---

Proyecto: BRICEÑO-TUNJA-SOGAMOSO	Fecha:
Material:	Abscisa:
Procedencia:	Muestra N°:
Doc. aplicable(s): INV E-809	Consecutivo N°:

DEFORMACION 10-3mm	DEFORMACION cms	DEF-UNIT AH/H	1-DEF-UNIT	LECTURA DIAL	CARGA en Kgrs.	AREA CORREGIDA	RESISTENCIA Kgr/cm <sup>3</sup>	MEDIDAS DE LA BRIQUETA	
								DIÁMETRO:	cm
0								ALTURA: (H):	cm
200								ÁREA:	cm
300								VOLUMEN:	cm
400								CONTENIDO DE AGUA	
500								PESO HÚMEDO:	0,0 grs.
600								PESO SECO:	0,0 grs.
800								HUMEDAD: W	%
1000								ÁREA CORREGIDA	
1200								AC= A/(1-DEF-UNIT)	
1400								ESQUEMA FALLA DE LA MUESTRA	
1600									
1800								Qu:	K r/cm
2000								E-Unitaria:	
2200								<b>OBSERVACIONES:</b>	
2400								Fecha de Toma:	
2600								EDAD: días	
2800								% DE CEMENTO:	
3000								ESPECIFICACIÓN: K r/cm	
3200								CUMPLE:	



ELABORÓ:	ING. CC:	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:	Nombre:	Nombre:

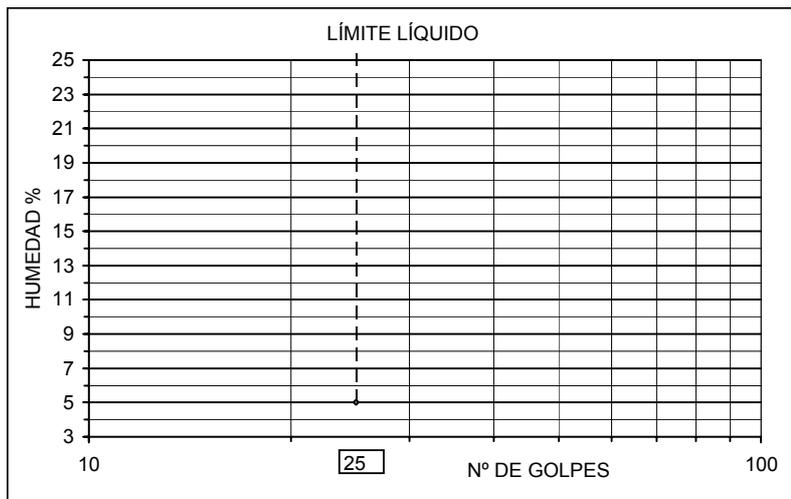
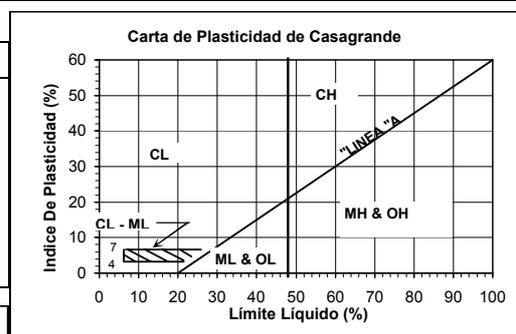


REV. No. 1 31-07-2003 CSS-FDF-53	<b>CSS CONSTRUCTORES S.A.</b>	
LÍMITES DE CONSISTENCIA ( L.L. - L.P. - I.P.) Y CLASIFICACIÓN DE SUELOS		

Proyecto: BRICEÑO-TUNJA-SOGAMOSO	Abscisa:
Material:	Profundidad (m):
Doc. aplicable(s): INV-E-125 Y 126	Muestra N°:
Fecha:	Consecutivo N°:

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO		HUMEDAD NATURAL	
Número de Golpes, N			
Recipiente N° (lata)			
Peso suelo humedo+lata			
Peso suelo seco+lata			
Peso lata			
Peso suelo seco			
Peso de agua			
Contenido de Humedad, %			

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO	
Recipiente N° (lata)	
Peso suelo humeda+lata	
Peso suelo seco+lata	
Peso lata	
Peso suelo seco	
Peso de agua	
Contenido de Humedad, %	



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
<b>VER CSS-FDF-59-DEL 00 de Enero de 1900</b>

RESULTADOS:	ESPECIFICACION	CUMPLE (SI / NO)
Límite Líquido: Índice de Plasticidad: 0 %	L.L. Máximo:	
Límite Plástico: Humedad Natural: 10.2 %	I.P. Máximo:	
Clasificación:	%Pasa N°200 Máximo:	
USC:	AASHTO:	

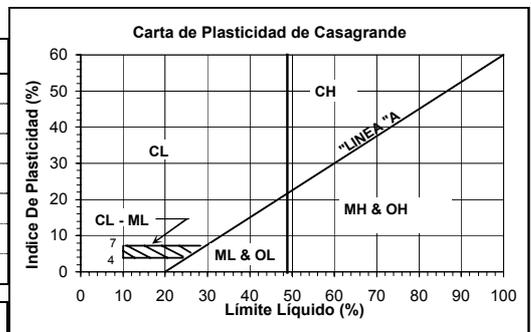
Observaciones:

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:	Nombre:	Nombre:

Proyecto: BRICEÑO-TUNJA-SOGAMOSO	Abscisa:
Material:	Profundidad (m):
Doc. aplicable(s): INV-E-125 Y 126	Muestra N°:
Fecha:	Consecutivo N°:

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO				HUMEDAD NATURAL	
Número de Golpes, N					
Recipiente N° (lata)					
Peso suelo humedo+lata					
Peso suelo seco+lata					
Peso lata					
Peso suelo seco					
Peso de agua					
Contenido de Humedad, %					

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO			
Recipiente N° (lata)			
Peso suelo humeda+lata			
Peso suelo seco+lata			
Peso lata			
Peso suelo seco			
Peso de agua			
Contenido de Humedad, %			



LÍMITE LÍQUIDO		
35		
33		
31		
29		
27		
25		
23		
21		
19		
17		
15		
13		
11		
9		
7		
5		
10	25	100
N° DE GOLPES		

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

**Ver CSS-FDF-59 del 00 de Enero de 1900**

Límite Líquido:	Índice de Plasticidad: %	L.L. Máximo:
Límite Plástico:	Humedad Natural: %	I.P. Máximo:
Clasificación:		%Pasa N°200 Máximo:
USC:	AASHTO:	

Observaciones:

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:	Nombre:	Nombre:









FORMATO LABORATORIO TUNJA	<b>ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA</b>		
Fecha: _____ Elaboró _____			
Descripción muestras:			
	Muestra1	Muestra2	Muestra3
Tiempo 1(Vertimiento en el recipiente)			
Tiempo 2 (Fin de agitación e irrigación)			
Tiempo 3( Toma de lecturas)			
Lectura de arcilla			
Lectura de arena			
Equivalente de arena			
Procedencia			
Tiempo 2 = 10 minutos de humedecimiento después del vertimiento. Tiempo 3= 20'±15" después del retiro del tubo irrigador			
OBSERVACIONES:			

FORMATO LABORATORIO TUNJA	<b>ENSAYO DE PESO ESPECIFICO PARA AGREGADOS GRUESOS</b>		
Fecha: _____ Elaboró _____			
Descripción muestra 1: _____			
Descripción muestra 2: _____			
Descripción muestra 3: _____			
	Muestra1	Muestra2	Muestra3
Recipiente N°:			
Recipiente N°:			
Peso del recipiente:			
Peso de la muestra seca + recipiente:			
Peso m. saturada superf. seca + recip:			
Peso canastilla sumergida + recip:			
Peso canastilla + muestra sumergidas:			
Procedencia			

Rev. No. 1  
31-07-2003  
CSS-FDF-69

**CSS CONSTRUCTORES S.A.**



DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES DE ALARGAMIENTO Y APLANAMIENTO

Proyecto: CONCESIÓN BRICEÑO-TUNJA-SOGAMOSO	Frete:
Material:	Fecha:
Procedencia:	Muestra N°:
Doc. aplicable(s): INV-E-230	Consecutivo N°:

TAMICES		1	2	3	4	5	6	7	8
PASA	RETIENE	Total Frac. en gramos	Partic.Largas en gramos	Partic.Planas en gramos	(2/1) x 100	(3/1) x 100	% gradación original	Pond.Total Partic.Alarg. ( 4 x 6 )	Pond.Total Partic.Aplan. ( 5 x 6 )
2 1/2"	2"								
2"	1 1/2"								
1 1/2"	1"								
1"	3/4"								
3/4"	1/2"								
1/2"	3/8"								
3/8"	1/4"								
TOTAL		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

ESPECIFICACIÓN:		Máximo:	<u>15</u>	%	CUMPLE (SI/NO )
ÍNDICE DE ALARGAMIENTO	% = Total Columna 7 / Total Columna 6 =			%	<u>SI</u>
ÍNDICE DE APLANAMIENTO	% = Total Columna 8 / Total Columna 6 =			%	<u>SI</u>

- 1 Peso Total de la Fracción en gramos.
- 2 Peso de las Partículas que No Pasan (Partículas Alargadas) en grsmos.
- 3 Peso de las Partículas que Pasan (Partículas Planas) en gramos.
- 4 Índice de Alargamiento de cada Fracción en %.
- 5 Índice de Aplanamiento de cada Fracción en %.
- 6 Retenido en la Gradación Original en %
- 7 Promedio Ponderado del Índice de Alargamiento de La Fracción en %.
- 8 Promedio Ponderado del Índice de Aplanamiento de La Fracción en %.

Observaciones:

---



---



---



---

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:	Nombre:	Nombre:

REV. No.1 31/07/2003 CSS-FDF-57	<b>CSS CONSTRUCTORES S.A.</b>  ENSAYO DE SOLIDEZ	
---------------------------------------	--	---

Proyecto: CONCESIÓN BRICEÑO - TUNJA - SOGAMOSO	Fecha:	
Descripción del material:	Consecutivo N°:	
Procedencia:	Muestra N°:	
Solución utilizada: S	Densidad solución: 1,299 gr/cc	N° de ciclos:
Documento Aplicable: INV-E220		

TAMAÑO DEL TAMIZ		1.- GRADACIÓN MUESTRA ORIGINAL %	PESO FRACCIONES (gr.)		4.- PÉRDIDA % 4=(2-3)/2x100	5.- PÉRDIDA CORREGIDA % 5=(1 x 4) / 100
PASA	RETIENE		2.- ANTES DEL ENSAYO	3.- DESPUÉS DEL ENSAYO		
2 1/2"	2"					
2"	1 1/2"					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"					
1/2"	3/8"					
3/8"	N° 4					
TOTALES						

**ENSAYO DE SOLIDEZ A LA FRACCIÓN GRUESA = SUMA TOTAL COLUMNA 5 :** \_\_\_\_\_

<b>ESPECIFICACIÓN:</b>	<b>CUMPLE (SI/NO)</b>
MÁXIMA PÉRDIDA CON SULFATO DE MAGNESIO: _____ N/A %	_____ <b>N/A</b>
MÁXIMA PÉRDIDA CON SULFATO DE SODIO: _____ 12 %	_____ <b>NO</b>

3/8"	N° 4					
N° 4	N° 8					
N° 8	N° 16					
N° 16	N° 30					
N° 30	N° 50					
N° 50	N° 100					
N° 100	FONDO					
TOTALES						

**ENSAYO DE SOLIDEZ A LA FRACCIÓN FINA = SUMA TOTAL COLUMNA 5:** \_\_\_\_\_

<b>ESPECIFICACIÓN:</b>	<b>CUMPLE (SI/NO)</b>
MÁXIMA PÉRDIDA CON SULFATO DE MAGNESIO: _____ N/A %	_____ <b>N/A</b>
MÁXIMA PÉRDIDA CON SULFATO DE SODIO: _____ 10 %	_____ <b>NO</b>

Observaciones:

---



---



---

ELABORÓ	ING. CC	ING. RESIDENTE	CLIENTE
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:	Nombre:	Nombre: