

CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES PARA: EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE, CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO COMPUESTA POR SUB-BASE, BASE Y CONCRETO ASFÁLTICO, AMPLIACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS EXISTENTES TALES COMO PUENTES Y ALCANTARILLAS, CORRESPONDIENTES A LA ADECUACIÓN DE UN CARRIL ADICIONAL DE LA DOBLE CALZADA EXISTENTE ENTRE FLORIDABLANCA (PAPI QUIERO PIÑA) Y PIEDECUESTA (ESTACIÓN EL MOLINO)

LUIS CARLOS SALAZAR LARROTTA



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2007**

CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES PARA: EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE, CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO COMPUESTA POR SUB-BASE, BASE Y CONCRETO ASFÁLTICO, AMPLIACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS EXISTENTES TALES COMO PUENTES Y ALCANTARILLAS, CORRESPONDIENTES A LA ADECUACIÓN DE UN CARRIL ADICIONAL DE LA DOBLE CALZADA EXISTENTE ENTRE FLORIDABLANCA (PAPI QUIERO PIÑA) Y PIEDECUESTA (ESTACIÓN EL MOLINO)

LUIS CARLOS SALAZAR LARROTTA

Trabajo de Grado para Optar por el Título de Ingeniero Civil

Modalidad Práctica Empresarial

Director

EDUARDO CASTAÑEDA

Ingeniero Civil, Docente de la Escuela de Ingeniería Civil UIS

Tutor

HECTOR ARAQUE SALAZAR

Director de Construcciones, Unión Temporal Concesión Vial Los Comuneros

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2007**

A Dios,

A mi madre Carmen, por su apoyo en cada proyecto,

A mi abuela Cecilia, por su amor diario e incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que me apoyaron durante el desarrollo del trabajo de grado, en especial a la Ingeniera Luz Mérida Gamboa y el Ingeniero Héctor Araque, muchas gracias por sus enseñanzas, consejos y colaboración.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	XVI
METODOLOGÍA.....	XVIII
1. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DONDE SE DESARROLLA EL PROYECTO.....	1
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA VÍA A MODIFICAR.....	1
1.2. CONOCIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LAS OBRA.....	3
1.3. CARACTERÍSTICAS DE LA NUEVA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.....	8
2. PLANES DE MANEJO DE TRÁFICO.....	14
2.1. CARACTERÍSTICAS.....	14
2.2. IMPLEMENTACIÓN.....	17
2.2.1. METODOLOGÍA	19
3. CONTROL DE CALIDAD.....	22
3.1. INTRODUCCIÓN.....	22

3.2. PLAN DE INSPECCIÓN Y ENSAYOS DE LABORATORIO.....	23
4. CANTIDADES DE OBRA.....	38
4.1 MEDICIÓN DE CANTIDADES DE OBRA.....	38
CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES.....	40
BIBLIOGRAFÍA.....	42
ANEXOS.....	43

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Terraplenes.....	24
Tabla 2. Subbases Granulares.....	26
Tabla 3. Granulometría Subbases.....	27
Tabla 4. Bases Granulares.....	28
Tabla 5. Granulometría Bases.....	30
Tabla 6. Mezclas Asfálticas.....	31
Tabla 7. Granulometría Mezcla Asfáltica.....	34
Tabla 8. Concretos Estructuras.....	35
Tabla 9. Concretos Ciclópeos.....	36

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Localización del Proyecto.....	2
Figura 2. Localización Red Vial SITM.....	3
Figura 3. Condiciones de la Vía antes de las Obras.....	4
Figura 4. Sección Transversal Típica PQP-ICP.....	5
Figura 5. Sección Transversal Típica ICP-EDS El Molino.....	6
Figura 7. Estructura de Pavimento K4+150-K7+600 Occidental.....	10
Figura 8. Estructura de Pavimento K7+600-K12+543 Occidental.....	10
Figura 9. Estructura de Pavimento K4+150-K7+000 Oriental.....	11
Figura 10. Estructura de Pavimento K7+000-K10+100 Oriental	11
Figura 12. Estructura de Pavimento K10+100-K12+543 Oriental.....	12
Figura 13. Estructura de Pavimento K12+543-K14+926.....	12
Figura 14. PMT Cierre Dos Carriles.....	15
Figura 15. PMT Cierre Un carril.....	16
Figura 16. PMT K6+120-K7+040.....	17
Figura 18. Paso Peatonal en PMT.....	18
Figura 19. Delineadores Tubulares.....	20
Figura 20. Delineadores Tubulares en Obra.....	20
Figura 21. PMT K5+320-K7+700.....	21
Figura 22. Formato Liberación de Actividades.....	38

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo 1. Inconvenientes presentados con los materiales tipo Problemario y Soluciones tratadas en obra.....	44

GLOSARIO

ADITIVO sustancia que se agrega a los materiales para mejorar sus cualidades.

AGREGADOS conjunto de partículas inorgánicas derivadas de la trituración natural o artificial de diversas piedras; pueden tener tamaños que van desde partículas casi invisibles hasta pedazos de piedra.

AHUELLAMIENTO tipo de falla que se produce en los pavimentos asfálticos. Consiste en una depresión canalizada en la huella de circulación de los vehículos.

BANDERERO persona que efectúa señales con una bandera o paleta, para controlar el paso de personas, vehículos y maquinaria pesada.

BASE capa construida entre la subbase y la carpeta del pavimento, constituida por agregados pétreos adecuadamente graduados y compactados, pero de mejor calidad que la subbase.

BERMA franja longitudinal afirmada comprendida entre el borde del carril exterior de una vía y la cuneta ó el talud.

CALZADA ancho de una calle comprendida entre las aceras.

CARPETA ASFÁLTICA es la parte superior del pavimento flexible que proporciona la superficie de rodamiento, es elaborada con material pétreo seleccionado y un producto asfáltico.

CONCRETO mezcla homogénea de material cementante, agregados inertes y agua, con o sin aditivos.

CONCRETO ASFÁLTICO combinación de agregados gruesos triturados, agregado fino y llenante mineral, uniformemente mezclados en caliente con cemento asfáltico.

CONCRETO CICLÓPEO mezcla de concreto simple y agregado grueso seleccionado con tamaños entre 150 mm y 300 mm.

COTA número que en los planos indica la altura de un punto sobre el nivel del mar o sobre otro plano de nivel.

CUNETA canal que se adosa a los lados de la corona de la vía y paralelamente al eje longitudinal de la misma. Recibe el agua que proviene del talud y de la superficie de rodamiento.

CURADO proceso por medio del cual el concreto endurece y adquiere resistencia, una vez colocado en su posición final.

EMULSIÓN ASFÁLTICA mezcla de asfalto con emulsificantes que con el agua forman una emulsión estable que permite tender las carpetas asfálticas a temperaturas menores de 100°C.

ESFUERZO intensidad de fuerza por unidad de área.

GRANULOMETRÍA determinación de los tipos de grano o partículas del suelo y los porcentajes que se encuentran presentes.

SUBBASE capa construida entre la subrasante y la base, generalmente constituida por agregados pétreos apropiadamente graduados y compactados.

SUBRASANTE terreno de fundación de un pavimento.

PASACALLE cartel o anuncio que cruza la calzada de una vía por lo alto.

PAVIMENTO conjunto de capas superficiales, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactado.

TERRAPLEN plataforma de tierra con que se rellena un hueco, o que se levanta para hacer un camino u otra obra semejante.

ABREVIATURAS

EDS Estación De Servicio

ICP Instituto Colombiano de Petróleos

INCO Instituto Nacional de Concesiones

INVIAS Instituto Nacional de Vías

MDC Mezcla Densa en Caliente

PMT Plan de Manejo de Tráfico

PQP Papi Quiero Piña

SITM Sistema Integrado de Transporte Masivo

UTCVC Unión Temporal Concesión Vial Los Comuneros

RESUMEN

TÍTULO:

CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES PARA: EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE, CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO COMPUESTA POR SUBBASE, BASE Y CONCRETO ASFÁLTICO, AMPLIACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS EXISTENTES TALES COMO PUENTES Y ALCANTARILLAS, CORRESPONDIENTES A LA ADECUACIÓN DE UN CARRIL ADICIONAL DE LA DOBLE CALZADA EXISTENTE ENTRE FLORIDABLANCA (PAPI QUIERO PIÑA), Y PIEDECUESTA (ESTACIÓN EL MOLINO) *

AUTOR: LUIS CARLOS SALAZAR LARROTTA **

PALABRAS CLAVES: Control de Calidad, Subrasante, Subbase Granular, Base Granular, Concreto Asfáltico, Box Culvert, Estructura de Pavimento.

DESCRIPCIÓN

El propósito del presente proyecto es exponer la labor realizada durante el tiempo del desarrollo del trabajo de grado en la modalidad de práctica empresarial en la Unión Temporal Concesión Vial Los Comuneros, encargada de ejecutar los trabajos para la adecuación de un carril adicional de la doble calzada existente desde Floridablanca (Papi Quiero Piña) hasta Piedecuesta (Estación El Molino) con el fin de vincular esta vía al Sistema Integrado de Transporte Masivo de la ciudad de Bucaramanga y su área metropolitana.

El contenido del proyecto se enfoca en el control de calidad de los materiales que conforman: Subrasantes, estructuras de pavimentos compuestas por Subbases Granulares, Bases Granulares y Concretos Asfálticos. También un control sobre los Concretos utilizados en la ampliación de puentes, Box Culverts y Alcantarillas existentes a lo largo de la vía.

Este control de calidad se implementó mediante un "Plan de Inspección y Ensayos de Laboratorio" elaborado en base a las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras INVIAS, en su edición del año 1996 y su actualización en el año 2002, para mejorar de una forma efectiva la calidad de los procesos constructivos y aumentar la vida útil de las estructuras.

* Proyecto de Grado. Modalidad Práctica Empresarial.

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas UIS, Escuela de ingeniería Civil,
Director: Ing. Eduardo Castañeda.

ABSTRACT

TITLE:

QUALITY MATERIAL CONTROL FOR: THE IMPROVEMENT OF SUBGRAZING, CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE OF PAVEMENT COMPOSED BY SUBBASE, BASES AND CONCRETE ASPHALT, EXTENSION OF THE EXISTING STRUCTURES SUCH AS BRIDGES AND CULVERTS, CORRESPONDING TO THE ADJUSTMENT OF AN ADDITIONAL TRACK OF THE EXISTING DOUBLE ROAD BETWEEN FLORIDABLANCA (PAPI QUIERO PIÑA), AND PIEDECUESTA (STATION EL MOLINO)*

AUTHOR: LUIS CARLOS SALAZAR LARROTTA **

KEY WORDS: Quality control, Subgrazing, Granular Subbases, Granular Bases, Concrete Asphalt, Box Culvert, Structure of Pavement.

DESCRIPCIÓN

The purpose of this project is to expose the work made during the time of the practice in the Temporary Union Road Concession Los Comuneros, ordered to execute the works for the adjustment of an additional track of the double existing road from Floridablanca (Papi Quiero piña) to Piedecuesta (station El Molino) with the purpose of unify this road to the Integrated System of Massive Transport in Bucaramanga and its metropolitan area.

The content of the project is based in the quality control of the materials that conform: Subgrazing, structures of pavements composed by Granular Subbases, Granular Bases and Concrete Asphalt. Also a control on the Concrete used in the extension of bridges, and existing Box Culverts through the road.

This quality control was implemented by a "Plan of Inspection and Tests of Laboratory" in base of the General Specifications of Road construction INVIAS, in its edition of the year 1996 and its update in 2002, to improve of an effective form the quality of the constructive processes and to increase the useful life of the structures.

* Degree Project.

**UIS Faculty of Physical - Mechanical Engineering, School of Civil Engineering, Director: Eng. Eduardo Castañeda.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de las ciudades colombianas ha seguido un patrón desequilibrado generando como consecuencia la adopción de modelos que integren la planeación urbana y la planeación del transporte. Un Sistema Integrado de Transporte Masivo, es un medio que responde a la necesidad de ordenar el transporte público en la ciudad, al tiempo que ofrece una alternativa integral de desarrollo urbano.

Actualmente, para la ciudad de Bucaramanga, se está implementando un SITM cuya finalidad, a parte generar bienes para la ciudad, es expandir su uso al área metropolitana y así transportar grandes cantidades de personas en lapsos cortos.

La vía actual que conduce desde el municipio de Floridablanca hasta Piedecuesta (Área Metropolitana de Bucaramanga), es considerada vía nacional y su mantenimiento se encuentra a cargo de la Unión Temporal Concesión Vial Los Comuneros.

Debido a que el SITM requiere la utilización de carriles totalmente exclusivos en sus corredores viales para la movilización del sistema, se utilizarán dos carriles vehiculares de la doble calzada existente entre el municipio de Floridablanca y Piedecuesta. Con la finalidad de no reducir la capacidad de flujo actual de la vía es necesaria la adecuación de un carril adicional a dicho corredor vial; obra a ejecutar por la concesión y de grandes beneficios para el desarrollo social.

El presente proyecto consiste en adoptar un Plan de Inspección y Ensayos de Laboratorio para el control de calidad de los materiales que conforman o mejoran la Subrasante de la vía y aquellos materiales de la estructura de pavimento como lo son Subbases Granulares, Bases Granulares y Concretos Asfálticos, además

de materiales para la ampliación de las estructuras existentes tales como puentes y alcantarillas.

El desarrollo de este proyecto se llevo a cabo con la metodología usada por el Instituto Nacional de Vías, INVIAS, en sus Especificaciones Técnicas donde la entidad ha establecido políticas, reglas y normas para el diseño, construcción, mantenimiento y operación de la red vial nacional, de manera que en el presente Plan de Inspección y Ensayos de Laboratorio se den las condiciones de calidad, seguridad y eficiencia de los materiales a controlar.

Como aporte a la Escuela de Ingeniería Civil, se presenta un anexo donde se exponen las experiencias ocurridas durante el desarrollo de la práctica respecto a los materiales y su calidad, planteándolas al estilo de un problemario junto con las respectivas soluciones dadas en obra, con el propósito de que se proyecten en las aulas de clase.

METODOLOGÍA

La práctica empresarial se desarrolló con dedicación de tiempo completo tanto en la obra, Vía Floridablanca desde Papi Quiero Piña hasta Piedecuesta a la altura de la estación El Molino, como en las oficinas de la Unión Temporal Concesión Vial Los Comuneros localizadas en el municipio de Piedecuesta, teniendo en cuenta los siguientes aspectos para la consecución del plan de inspección y ensayos de laboratorio.

En primera instancia se inspeccionó aquellos los lugares de afectación mediante visitas de campo en compañía de los especialistas de la firma interventora y consultora para conocer en detalle las características de la vía y las obras.

Se revisaron los estudios y diseños de las obras para la adecuación del carril adicional con el propósito de complementar, junto con las inspecciones en campo, el conocimiento sobre las obras a ejecutar por parte de la UTCVC.

Se implementaron Planes de Manejo de Tráfico con el fin de plantear alternativas y estrategias para el manejo temporal del tráfico durante la ejecución de las obras, cierres y desvíos viales, garantizando la seguridad vial, minimizando la congestión vehicular y permitiendo el desarrollo de los trabajos en los diferentes frentes de obra.

Con base a las Especificaciones Técnicas del INVIAS, se estudió la metodología de ensayos para así implementar un Plan de Inspección y Ensayos de Laboratorio en el control de calidad de los materiales que conforman las subrasantes y las estructuras de los pavimentos, con el objetivo de garantizar una buena vida útil de la vía, ya sea del carril exclusivo para el SITM o la doble calzada de uso particular.

Por último se midieron las cantidades de obra mediante Preactas y Actas de Avance para cada uno de los frentes de trabajo, como certificado final de la obra; chequeando el correcto cumplimiento de la ejecución, en otras palabras que esté de acuerdo lo ejecutado con lo presentado y con los cálculos de las mediciones.

1. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DONDE SE DESARROLLA EL PROYECTO

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA VÍA A MODIFICAR

La vía Floridablanca - Piedecuesta que enlaza ambos municipios del departamento de Santander, forma parte de la conexión entre Bucaramanga y la capital del país, Bogotá. El principal flujo vehicular es el que se genera entre Bucaramanga y Floridablanca con el municipio de Piedecuesta y viceversa, debido a la formación de una amplia zona conurbana, que ha caracterizado a Piedecuesta y Floridablanca como una zona residencial por excelencia.

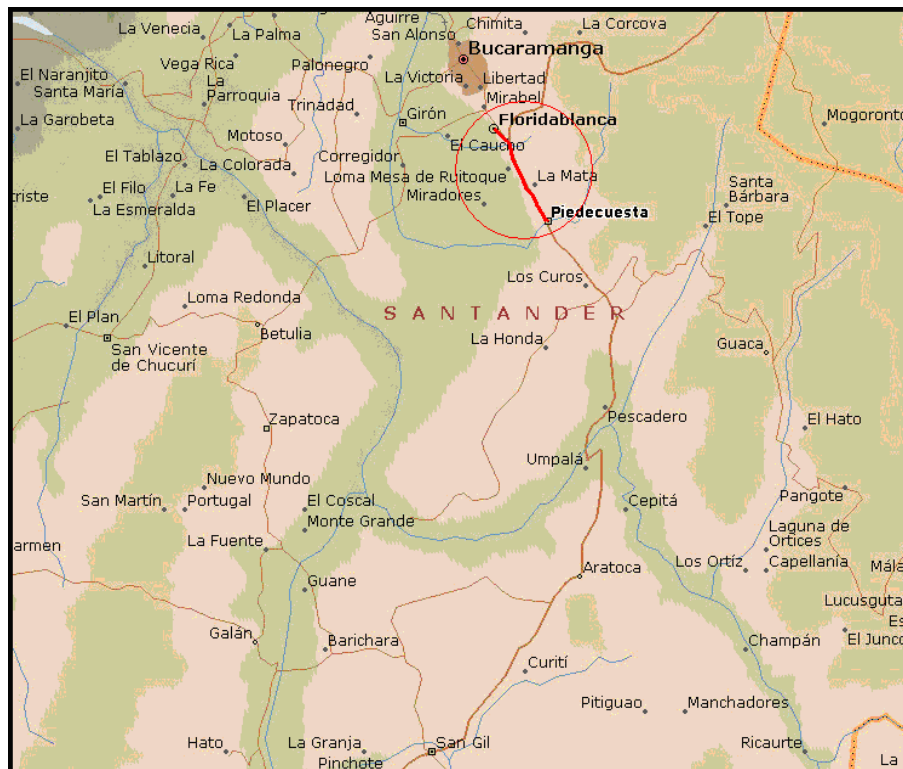
Los municipios de Floridablanca y Piedecuesta se encuentran ubicados a ocho (8) y dieciocho (18) kilómetros al sur de la ciudad de Bucaramanga, respectivamente. Ambos pertenecen al Área Metropolitana de Bucaramanga. La figura 1 muestra la localización de los municipios mencionados.

El proyecto a desarrollar por la UTCVC, es la adecuación para un carril adicional de la doble calzada existente desde Floridablanca (Papi Quiero Piña) hasta Piedecuesta (Estación El Molino), de manera que permita la circulación exclusiva de un carril por calzada al SITM, con los dos carriles restantes operando como parte de la vía nacional a la que pertenece, para una extensión de ocho (8) kilómetros, entre los sectores comprendidos "Papi Quiero Piña" (intercambiador de la entrada al casco urbano de Floridablanca) y el intercambiador del ICP ubicado en el municipio de Piedecuesta, y de dos (2) kilómetros entre el intercambiador del ICP y la Estación de Servicio "El Molino". La figura 2 muestra la red vial del SITM para la ciudad Bucaramanga y su Área Metropolitana.

La vía a modificar en el tramo PQP-ICP corresponde a una doble calzada por cada sentido de circulación, con un ancho de calzada que varía entre 7 y 8 metros por cada sentido. A su vez el tramo comprendido entre el intercambiador del ICP y la Estación de Servicio El Molino, en el municipio de Piedecuesta, corresponde a una carretera de una sola calzada con dos carriles, uno por sentido.

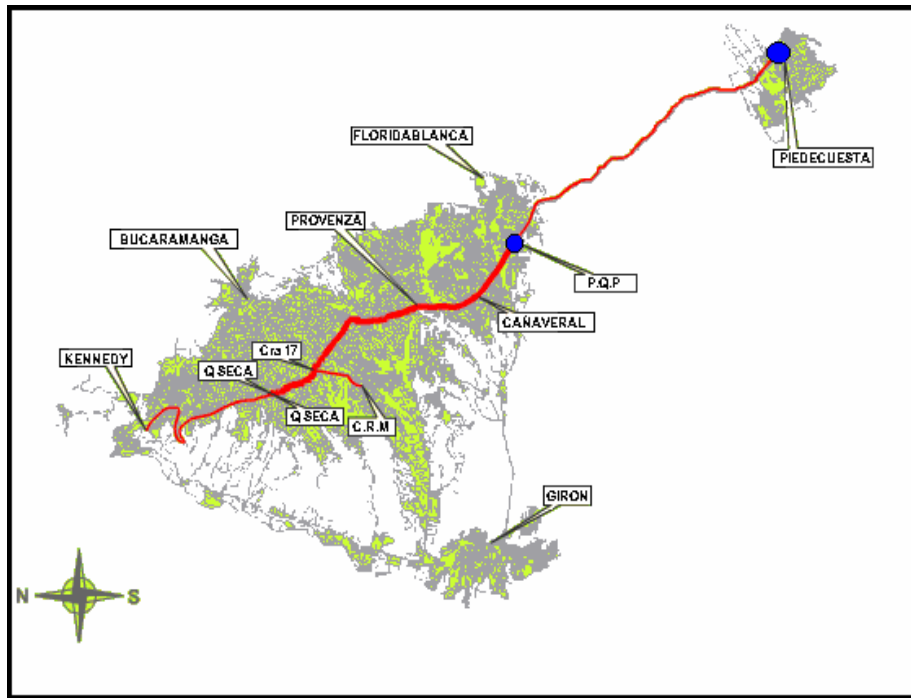
En los dos tramos la superficie de rodadura esta conformada por una estructura de Concreto Asfáltico, Base y Subbase.

Figura 1. Localización del Proyecto



Fuente: Diseños UTCVC.

Figura 2. Localización Red Vial SITM



Fuente: Diseños UTCVC.

1.2 CONOCIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LAS OBRAS

La vía, una carretera de categoría primaria, se desempeña sobre tramos de terreno plano y ondulado; Está formada por una doble calzada con superficie de rodamiento en pavimento flexible, anchos de carriles de 3,5 metros, ancho de berma y cunetas de 1,0 metro y pendientes longitudinales entre 1 y 8 %. En la figura 3 se puede apreciar la carretera a transformar, que es la vía principal alrededor de la cual se presentan desviaciones para zonas veredales y zonas residenciales próximas a la carretera.

Figura 3. Condiciones de la Vía Antes de las Obras



Fuente: Diseños UTCVC.

Con base en las características geométricas existentes la adecuación del carril adicional cumple las siguientes especificaciones de diseño:

Velocidad de Diseño: 60 kph.

Tipo de Terreno: Plano, Ondulado y Montañoso.

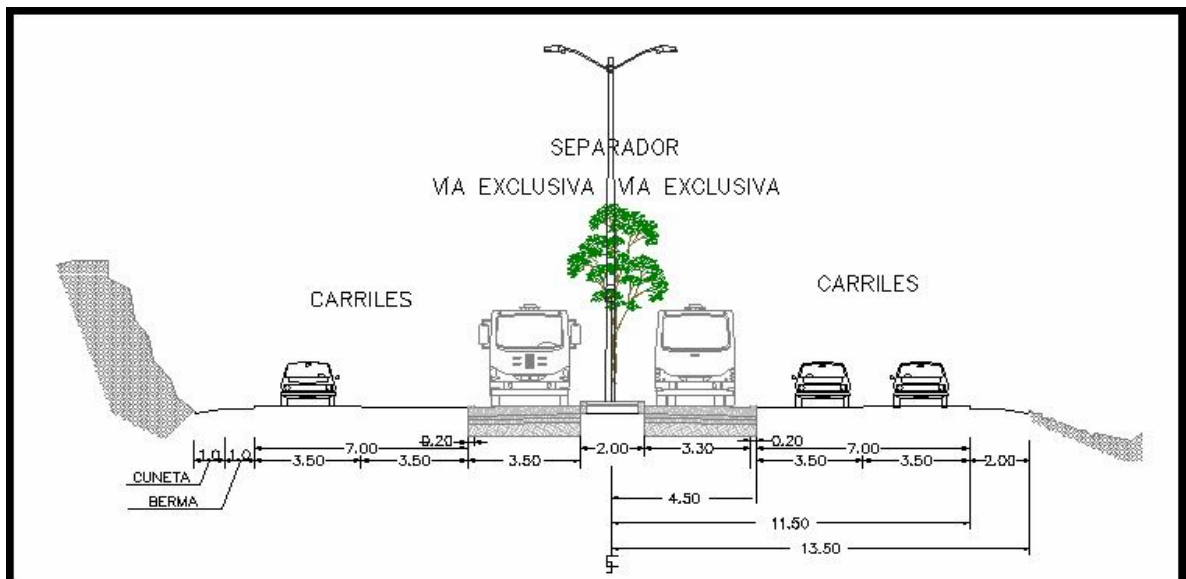
Tipo de Curvas: Circulares, Simples y Espiralizadas.

Radio Mínimo: 120 metros.

En el tramo comprendido entre PQP y el ICP la calzada tendrá un ancho total de 27,00 metros compuesta por un separador central de 2,00 metros, calzadas de 10,50 metros compuesta por tres carriles de 3,5 metros, bermas de 1,00 metros a cada lado y cunetas en donde requiera hidráulicamente de 1,00 metros.

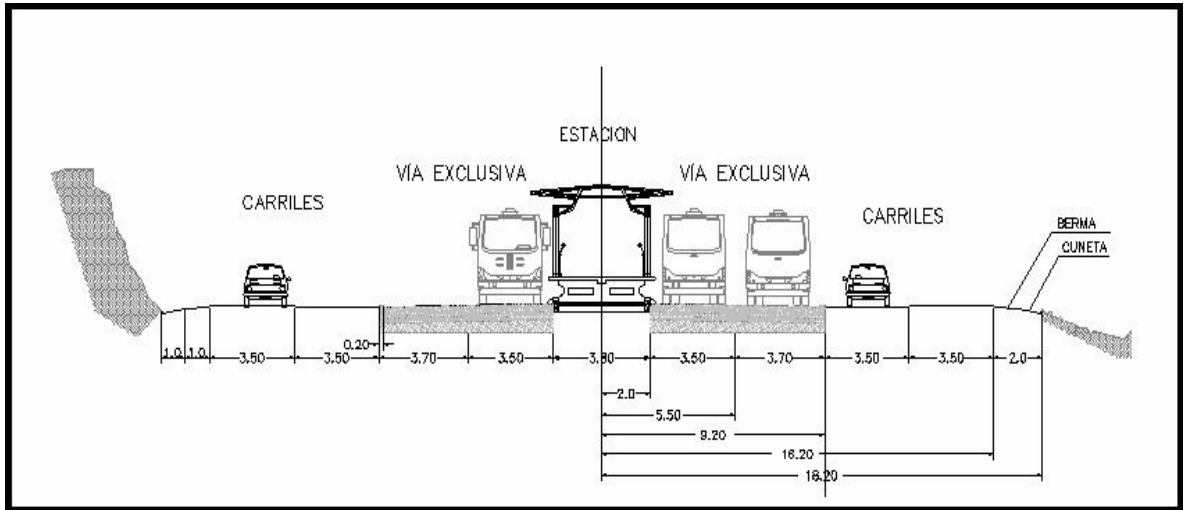
Existirán seis estaciones de parada en donde los diseños obligan a un cuarto carril a cada lado de 3,70 metros para permitir el adelantamiento de los buses en el SITM mientras hay buses parados en el carril exclusivo en la operación de ascenso y descenso de pasajeros; también en estos sectores el ancho del separador se aumenta a 3,80 metros para la ubicación de la plataforma. Luego el ancho total en estos tramos es de 36,20 metros, compuesto separador de 3,80 metros, calzadas de 14,20 metros compuesta por tres carriles de 3,50 metros y uno de 3,70 metros, bermas a cada lado de 1,00 metros y cunetas en donde se requiera hidráulicamente de 1,00 metros. En las figuras 4 y 5 se muestran las secciones tipo de los corredores viales para este sector.

Figura 4. Sección Transversal Típica PQP-ICP



Fuente: Diseños UTCVC.

Figura 5. Sección Transversal Tipo Estación PQP-ICP

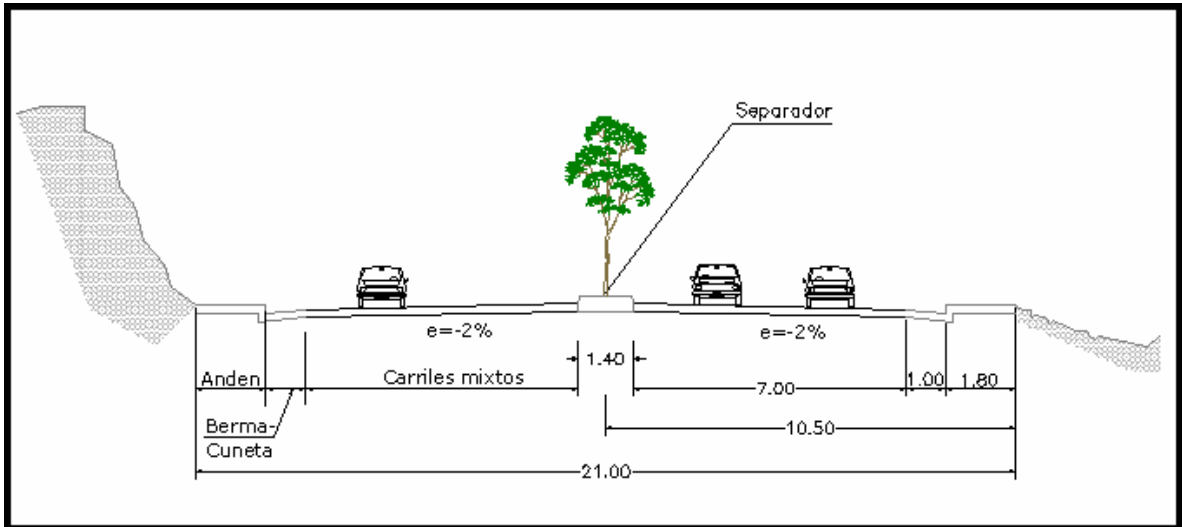


Fuente: Diseños UTCVC.

Los diseños indican que en algunas curvas no será posible diseñar con el radio mínimo de 120 metros, porque puede requerir la afectación de la quebrada Menzulí, quebrada que va paralela a la vía y la cruza en varios sectores, o la afectación de predios de gran valor. Estas curvas con radios ligeramente inferiores están ubicadas en intersecciones donde se deba controlar la velocidad por seguridad de los usuarios.

En el tramo ICP - EDS El Molino, la nueva operación vehicular será en doble calzada dividida con separador central de 1,40 metros, calzadas de 7,00 metros compuestas por dos carriles de 3,5 metros, bermas de 1,00 metro y andenes de 1,80 metros a cada lado, para un ancho total de 21,00 metros como se enseña en la figura 6.

Figura 6. Sección Transversal Típica ICP-EDS El Molino



Fuente: Diseños UTCVC.

En la vía existen cuatro puentes vehiculares ubicados en la autopista Floridablanca - Piedecuesta y dos puentes vehiculares en la zona urbana de Piedecuesta, los cuales serán ampliados para así obedecer las debidas adecuaciones de la vía actual.

El proyecto tiene el siguiente kilometraje:

Papi Quiero Piña:	K4+150
ICP:	K12+572
EDS El Molino:	K14+926

Los puentes vehiculares se encuentran en las siguientes abscisas y para el proyecto se denominan de la siguiente manera:

Puentes Autopista Floridablanca - Piedecuesta:

Puente Papi Quiero Piña	K 4+210
-------------------------	---------

Puente EDS ESSO	K 4+540
Puente Mac Pollo	K 4+960
Puente Río Hato	K 11+070

Puentes Zona Urbana Piedecuesta:

Puente La Milagrosa	K 13+230
Puente Río de Oro	K 14+250

La ampliación de estos puentes está diseñada bajo la normatividad del Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes INVIAS 1995, y las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras INVIAS entre otros soportes bibliográficos.

1.3 CARACTERÍSTICAS DE LA NUEVA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

En Colombia se puede encontrar la siguiente clasificación de pavimentos:

- Pavimentos Flexibles
- Pavimentos Semi-rígidos o Semi-flexibles
- Pavimentos Rígidos
- Pavimentos Articulado

Los Pavimentos Flexibles se caracterizan por estar conformados por una carpeta bituminosa apoyada, por lo general, sobre dos capas no rígidas que son Base Granular y Subbase Granular. Su período de vida varía entre 10 y 15 años siempre y cuando tenga un mantenimiento constante.

El tipo de Pavimento Semi-rígido tiene básicamente la misma estructura de un pavimento flexible, pero una de sus capas se encuentra rigidizada, de manera artificial, con un aditivo que puede ser: emulsión, asfalto, cal, cemento o químicos con el fin de mejorar las propiedades mecánicas de los materiales y así reducir costos de construcción debido a la lejanía de materiales más apropiados para la elaboración de la estructura de pavimento.

Los Pavimentos Rígidos son aquellos conformados por una losa de concreto hidráulico, la cual se encuentra apoyada sobre la subrasante o una subbase de pavimento rígido elaborada con un tipo de material seleccionado. Tiene un período de vida entre 20 y 40 años con un mantenimiento mínimo.

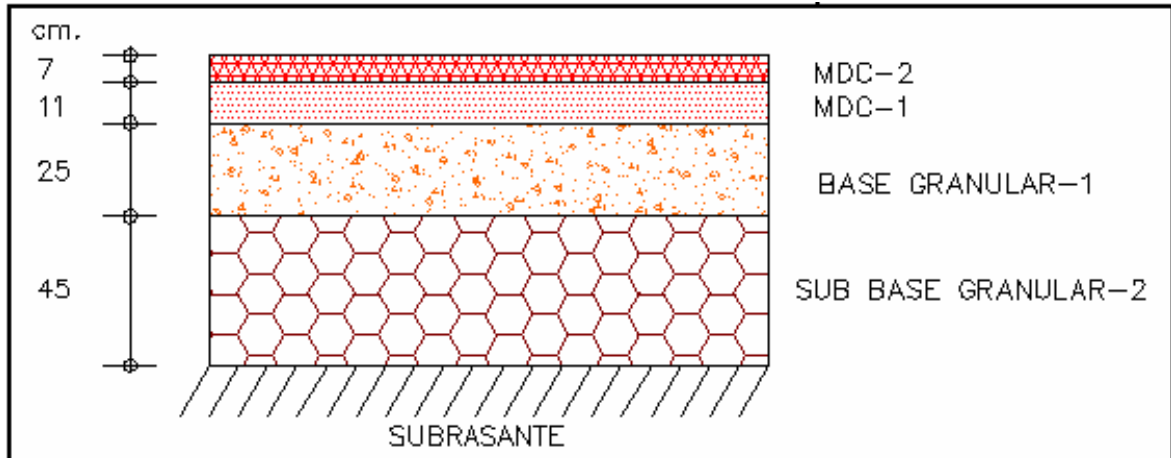
Por último, los Pavimentos Articulado están compuestos por una capa de rodadura elaborada con bloques de concreto prefabricados (adoquines) de espesor uniforme e iguales entre sí; Esta capa de rodadura puede ir sobre una capa de arena que se apoya sobre una base granular o sobre la subrasante.

En las obras a ejecutar por la UTCVC se trabajó El Plan de Inspección y Ensayos de Laboratorio para el control de calidad de los materiales para un pavimento flexible y que está conformado con las siguientes capas en los carriles adicionales de la vía.

En el sector PQP-ICP (K4+150-K12+538), la estructura de pavimento está diseñada sobre dos ejes:

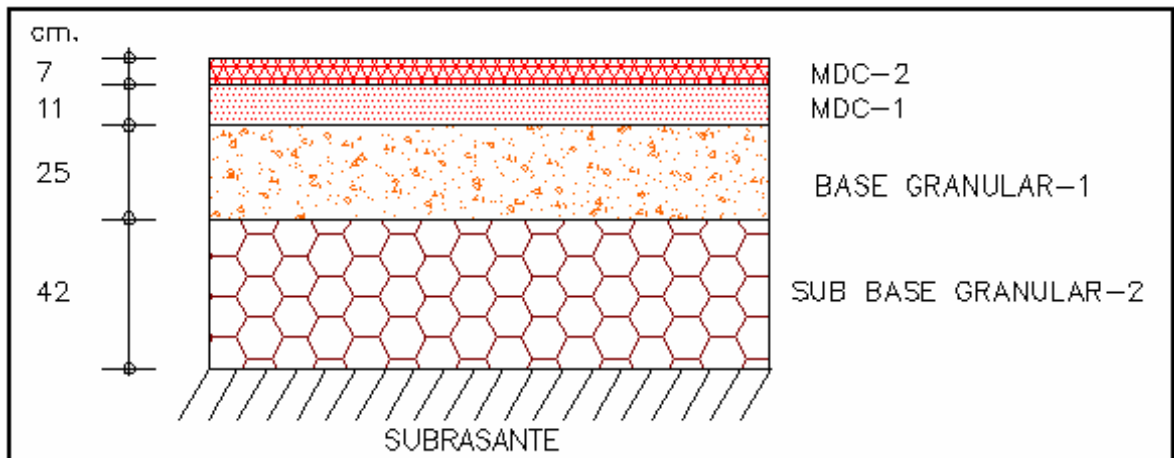
Eje Occidental:

Figura 7. Estructura de Pavimento K4+150-K7+600 Occidental



Fuente: Diseños UTCVC.

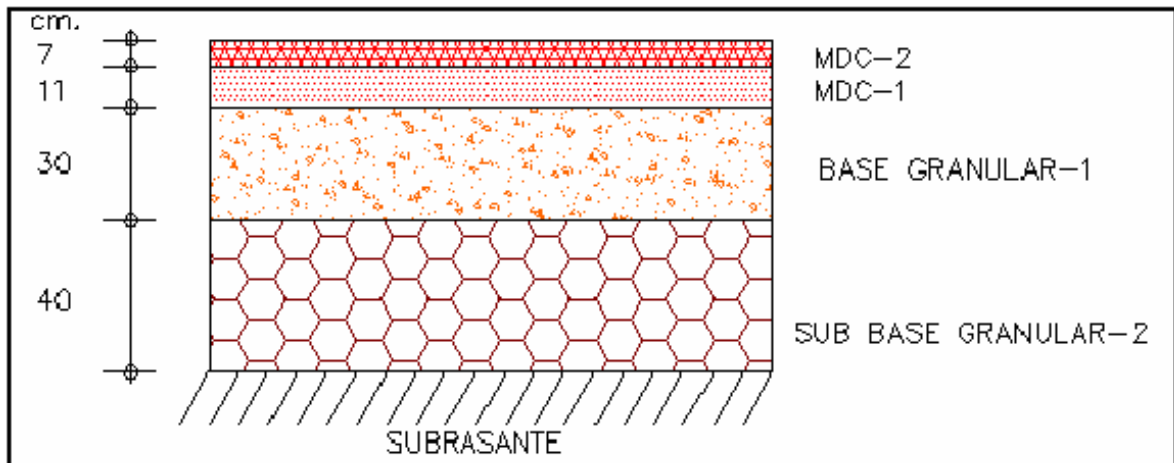
Figura 8. Estructura de Pavimento K7+600-K12+543 Occidental



Fuente: Diseños UTCVC.

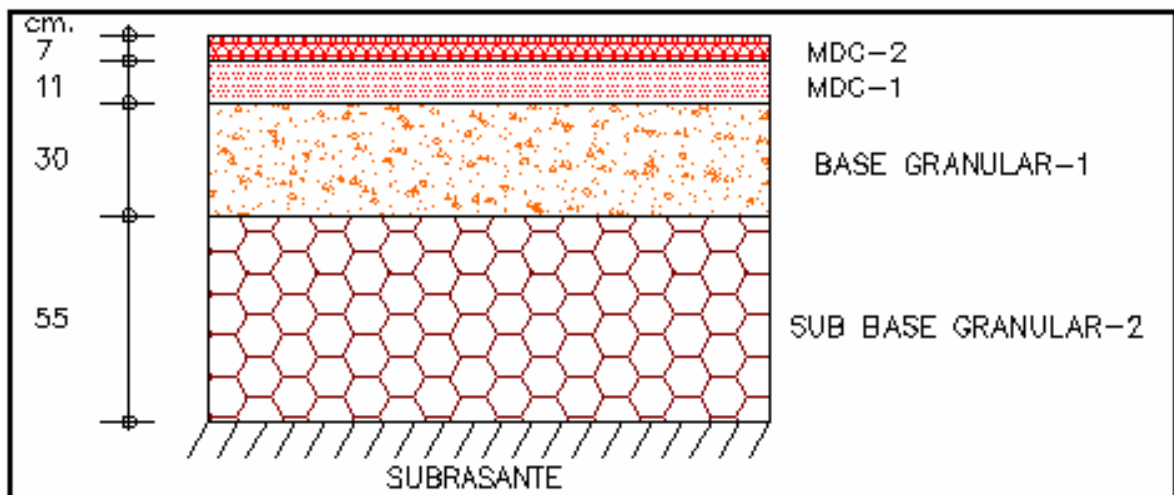
Eje Oriental:

Figura 9. Estructura de Pavimento K4+150-K7+000 Oriental



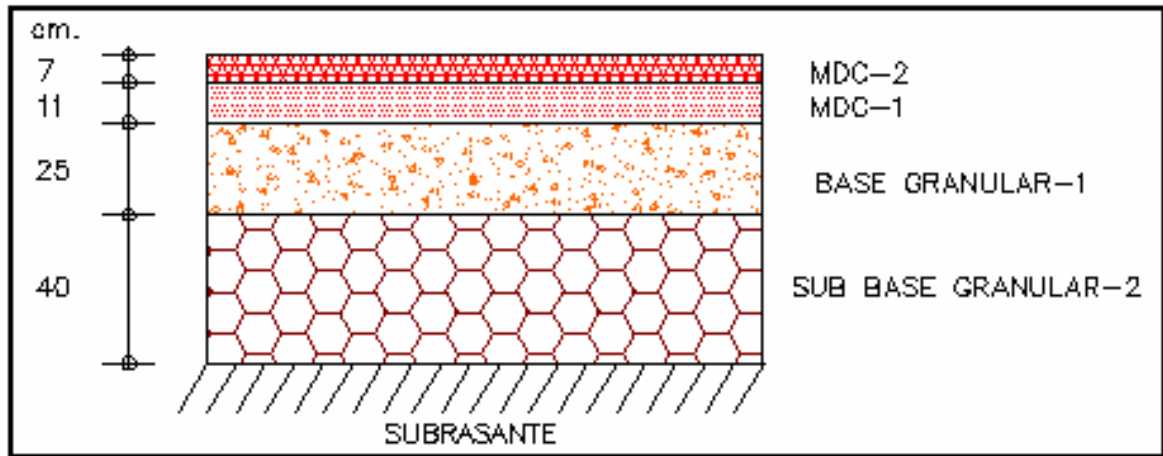
Fuente: Diseños UTCVC.

Figura 10. Estructura de Pavimento K7+000-K10+100 Oriental



Fuente: Diseños UTCVC.

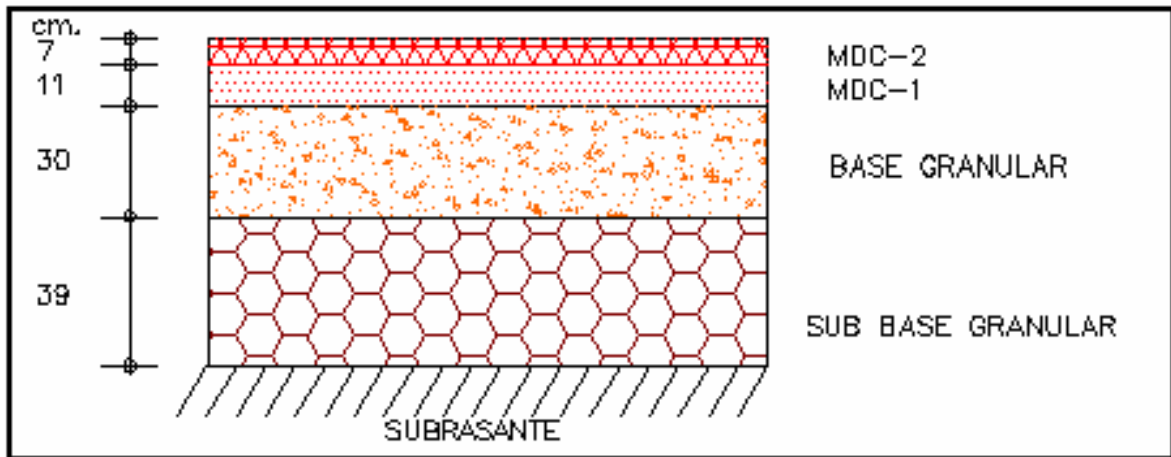
Figura 12. Estructura de Pavimento K10+100-K12+543 Oriental



Fuente: Diseños UTCVC.

En el tramo ICP-EDS El Molino se trabajó sobre un solo eje de diseño y cuya estructura de pavimento se aprecia en la figura 13.

Figura 13. Estructura de Pavimento K12+543-K14+926



Fuente: Diseños UTCVC.

A continuación se describen las principales funciones que desempeña la estructura de pavimento.

Subbase Granular:

Su principal función es netamente económica, pues se da un aumento en el espesor del pavimento distribuyendo capas de mayor calidad en la parte superior y de menor calidad, y por consiguiente más barata, en la parte inferior de la estructura; Previene la intrusión de finos del suelo de subrasante en las capas de base para no reducir su calidad; Impide deformaciones en la capa subrasante y a su vez en la superficie de rodamiento. Soporta esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos, drena el agua que se introduce en la estructura de pavimento e impide la ascensión capilar.

Base Granular:

Transmitir a la subbase y a la subrasante esfuerzos de tránsito de vehículos en una intensidad apropiada y de la misma manera que la subbase respecto a la base cumple una función económica respecto a la carpeta asfáltica.

Carpeta Asfáltica:

Como superficie de rodamiento debe ser uniforme y estable con el fin de resistir los efectos abrasivos del tránsito, impedir el paso del agua a la estructura de pavimento y dar resistencia a tensión a toda la estructura.

A parte de la estructura de pavimento explicada, la Subrasante es considerada la cimentación del pavimento, por lo tanto soporta las cargas del tránsito transmitidas por este y las distribuye de modo adecuado al cuerpo del terraplén. Entre mejor calidad se tenga en esta capa, el espesor del pavimento será más reducido y habrá ahorro en costos sin disminuir la calidad de la estructura.

2. PLANES DE MANEJO DE TRÁFICO

2.1 CARACTERÍSTICAS

Con el objetivo de ejecutar las obras y poner en marcha el Plan de Inspección y Ensayos de Laboratorio, se implementaron Planes de Manejo de Tráfico (PMT) especialmente diseñados dependiendo de las características del nuevo esquema de la vía y con la intención de mitigar el impacto generado por las obras, ya sea por excavaciones, ampliaciones de estructuras, entre otras la adecuación del carril adicional, brindando un ambiente seguro, limpio, ágil y cómodo a los conductores, pasajeros, peatones, personal de obra y vecinos del lugar, cumpliendo las normas establecidas para la regulación del tránsito como lo establece el Manual de Señalización Vial del año 2004.

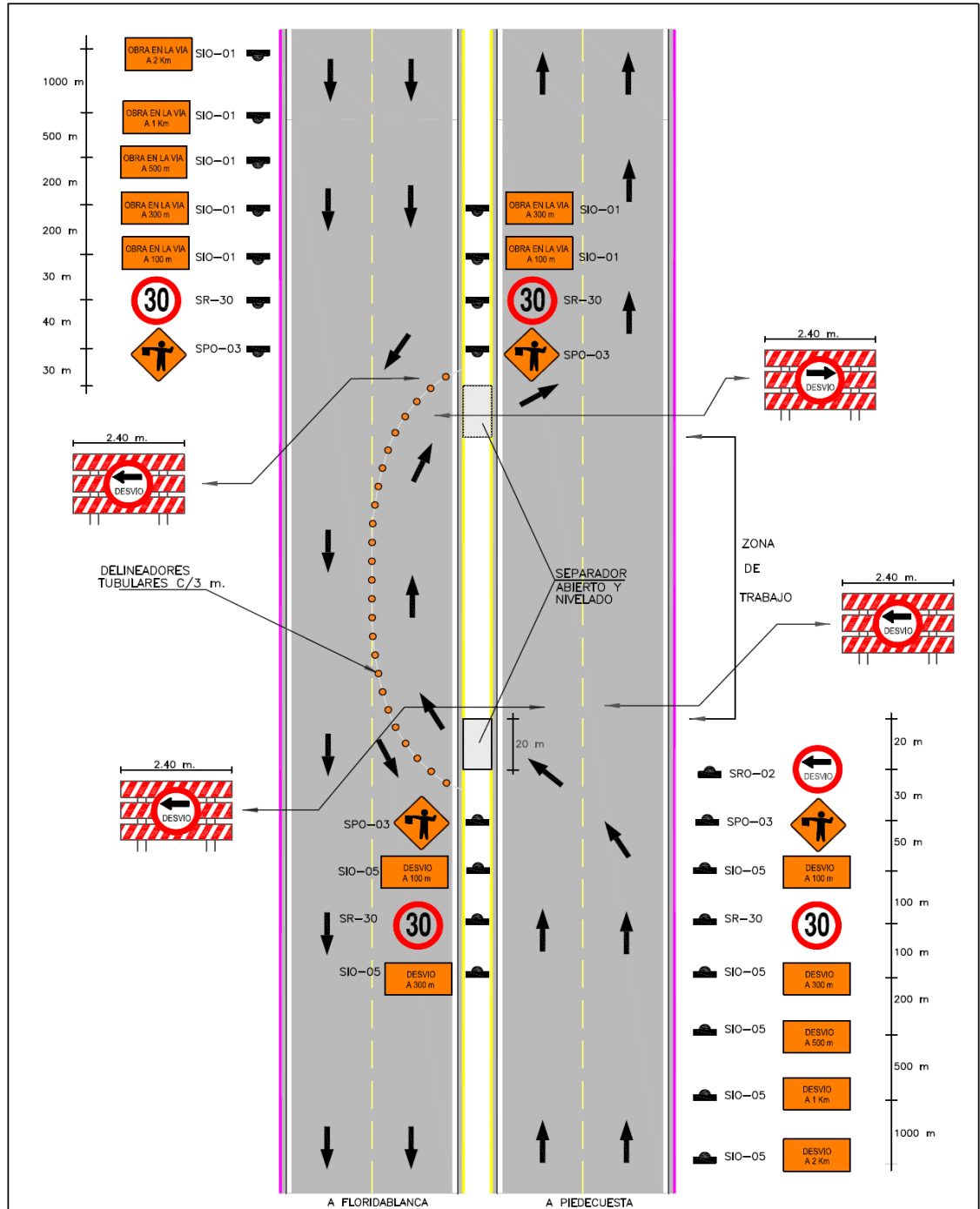
Los PMT se implementaron con las siguientes finalidades:

- Principalmente, proporcionar la seguridad e integridad de los peatones, conductores y trabajadores.
- Evitar restricciones u obstrucciones de los flujos vehiculares y peatonales.
- Procurar una señalización clara y de fácil interpretación para que los usuarios tomen decisiones oportunamente en una forma ágil y segura.
- Implementar rutas alternativas con elementos de control y operación del tránsito, para permitir al transporte público y particular, la optimización de distancias y tiempos de recorrido de acuerdo con los desvíos requeridos en la ejecución de las obras.

Durante la ejecución de las obras se prestó atención continua a la seguridad en la vía verificando el mantenimiento de cada PMT después de su implementación.

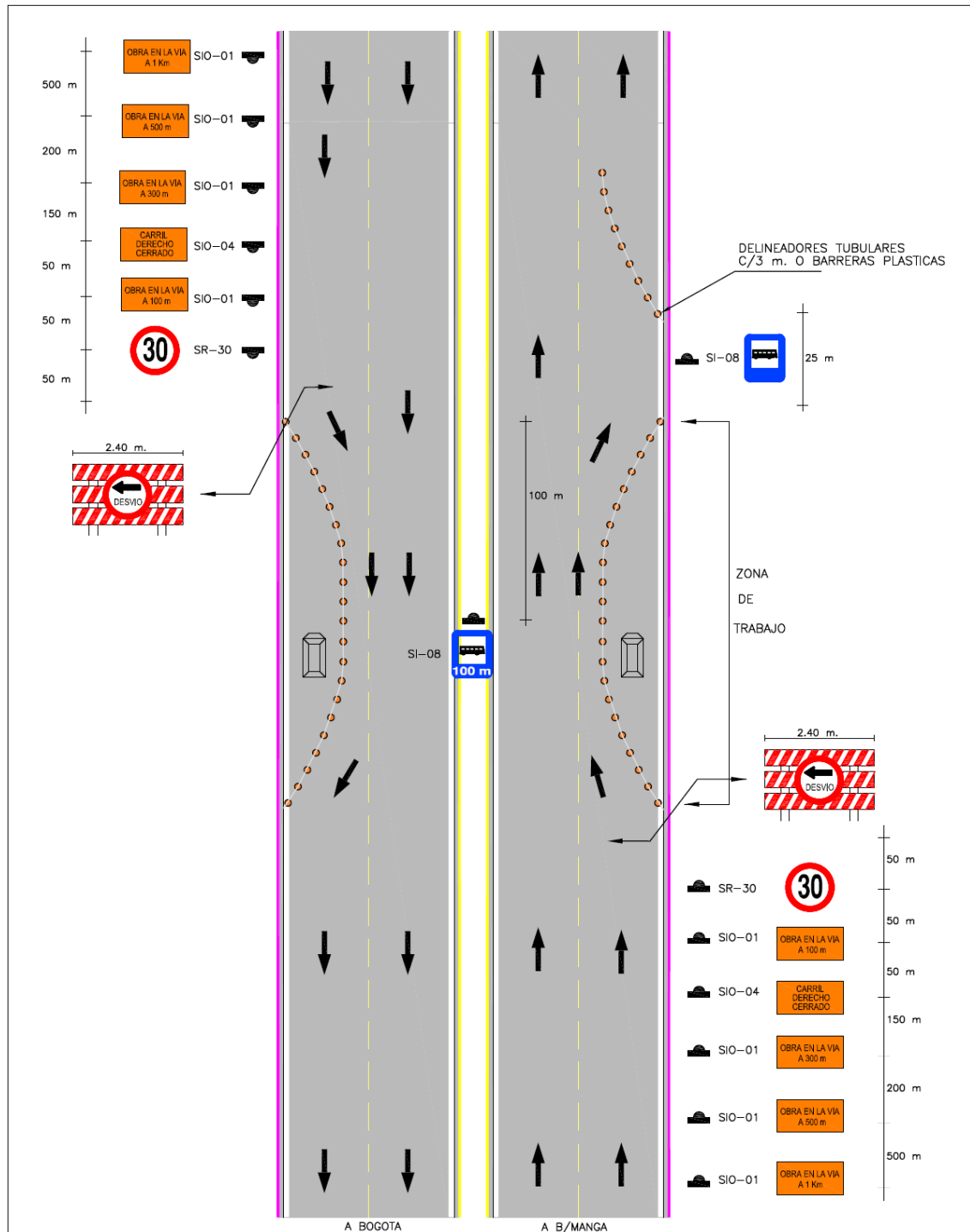
En los siguientes esquemas se muestra el ejemplo de los Planes de Manejo de Tráfico implementados en diferentes sectores de la vía.

Figura 14. PMT Cierre Dos Carriles



Fuente: Diseños UTCVC.

Figura 15. PMT Cierre Un carril



Fuente: Diseños UTCVC.

2.2 IMPLEMENTACIÓN

La siguiente imagen (figura 16), es el PMT implementado en el sector de movimiento de tierras en los cortes de taludes más altos de la obra entre las abscisas K6+120 y K7+040, siguiendo el diseño expuesto en la figura 14. Los diseños de PMT fueron aprobados por las respectivas Direcciones de Tránsito de los dos municipios afectados por las obras.

Figura 16. PMT K6+120-K7+040



Fuente: El autor.

Se optó por instalar en el sitio de la obra, como señal de carretera afectada por obra, la señal mostrada en la figura 17 la cual indica a los conductores de buses urbanos el sitio específico para recoger y dejar pasajeros. Esta señal se cambió la especificada en los diseños (figura 15), de color azul, para indicar los paraderos autorizados y así darle continuidad a las señales momentáneas de color naranja utilizadas para la obra.

Figura 17. Señalización Paradero de Buses



Fuente: El autor.

Se cerró la calzada próxima a los cortes (Calzada Occidental), obligando la circulación de los peatones por la calzada Oriental donde existía el contraflujo vehicular, ubicando la parada de buses en la Sede Recreativa de Comfenalco del municipio de Floridablanca. El paso de peatones durante la ejecución del PMT desde el separador central hasta la calzada Oriental y viceversa, en el sitio mencionado, se realizó por medio de bandereros o paleteros reforzando la señalización del lugar con pasacalles para prevenir a los conductores del paso de las personas.

Figura 18. Paso Peatonal en PMT



Fuente: El autor.

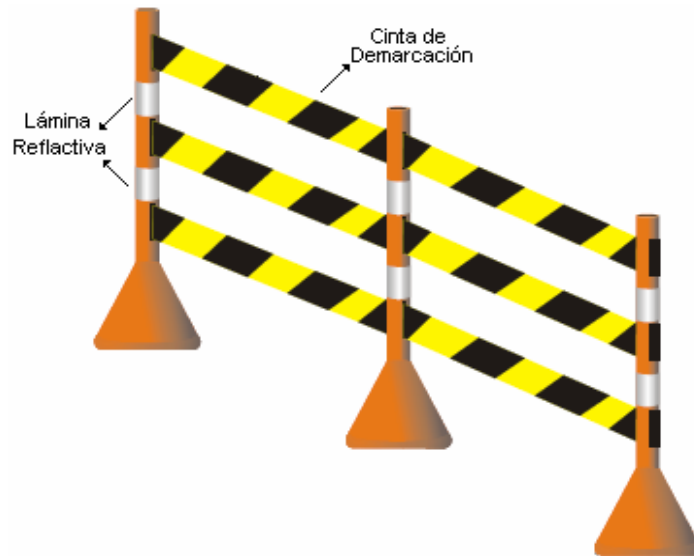
2.2.1 METODOLOGÍA

Para implementar el PMT en el sector de los cortes de taludes se procedió con la siguiente metodología:

- Primero y de gran importancia, la ubicación de sectores rectos de la vía, con excelente visualización de la misma para los conductores, donde se realizaría el paso de una calzada a la otra sobre el separador central.
- Adecuación del separador central para la transición de los vehículos desde la calzada a intervenir por la obra (calzada Occidental vía Floridablanca - Piedecuesta) a la adyacente y viceversa. En este acondicionamiento se tuvo extrema precaución con las excavaciones realizadas debido a la existencia de redes telefónicas y de fibra óptica bajo dicho separador.
También se verificó que el tipo de vehículo más crítico, en este caso un tipo C₃-S₃ denominado Tracto Camión, realizara en forma correcta la maniobra de tránsito sobre el separador central.
- Se procedió a canalizar cinta plástica en los pasadores de los delineadores tubulares, denominados en obra como colombinas, tal como se establece en el Manual de Señalización Vial (ver figuras 19 y 20). Estas colombinas se ubicaron a lo largo del separador central a una distancia de tres (3) metros una de la otra.
- Se desvió el tráfico del carril izquierdo hacia el carril derecho, de la calzada Oriental vía Piedecuesta - Floridablanca, mediante una señal de desvío ya que por el carril izquierdo funcionaría el contraflujo.
- De forma inmediata, se trasladaron los delineadores tubulares desde el separador central al eje de la calzada Oriental en medio de los dos carriles, comenzando en el sitio donde se colocó la señal de desvío y avanzando hacia el norte hasta llegar al otro separador, lugar de la transición de calzada.

- Situados los delineadores en la vía se procedió al cierre de la calzada occidental obligando el paso de los vehículos a la calzada contigua en contraflujo tal como se especificaba en los diseños.

Figura 19. Delineadores Tubulares



Fuente: Manual de Señalización vial.

Figura 19. Delineadores Tubulares en obra



Fuente: El Autor.

En la transición de calzadas, unos metros antes de la señalización de desvío, se ubicaron bandereros quienes regulaban las velocidades de los vehículos con el fin de garantizar un paso seguro previniendo accidentes.

En horas nocturnas y días no laborables cuando no había actividades de cortes en los taludes, se cerró el contraflujo habilitando la calzada Occidental pero con restricción de un carril, para prevenir al tránsito vehicular de la caída de rocas y material suelto que puede quedar como producto de las excavaciones.

La figura 21 es la imagen del tipo de PMT implementado luego del contraflujo en la zona de los cortes. También de aquellas zonas donde el eje central de la vía, con el diseño de la adecuación del nuevo carril, se mantiene. Allí solo se cerró un carril de la calzada (derecho), y se dejó para el tránsito de vehículos el carril izquierdo. Este PMT (figura 21) fue implementado a la altura de la abscisa K5+320 hasta la K5+700, cumpliendo la debida señalización del diseño de la figura 15.

Figura 21. PMT K5+320-K7+700



Fuente: El autor.

3. CONTROL DE CALIDAD

3.1 INTRODUCCIÓN

Las carreteras se estiman usualmente para una vida útil de 10 a 15 años. Sin embargo, muchas de ellas están fallando prematuramente apareciendo agrietamiento, huecos y ahuellamiento, debido a pobres métodos constructivos. Estas fallas prematuras hacen que se gasten innecesariamente miles de millones de pesos de los contribuyentes en mantenimiento cada año.

Por esta razón es necesario destacar la importancia que tiene el control de calidad durante la fase de ejecución de las obras, debido a la gran influencia del correcto proceso de construcción en la vida útil y el correcto funcionamiento de estos pavimentos.

El Control de Calidad se puede definir como un conjunto sistemático de esfuerzos, principios y prácticas de una organización, para asegurar, mantener o superar la calidad de un producto, procurando el menor costo posible; Se considera una herramienta valiosa necesaria para asegurar el éxito de toda obra y contempla los siguientes aspectos:

- Recurso Técnico; donde se establecen las normas de calidad a seguir.
- Ensayos de laboratorio y campo; los cuales se afinan con las normas establecidas.
- Análisis de resultados; deben ser oportunos y claros.

- Acciones correctivas; cuando no coinciden los resultados con las normas pertinentes. Se deben analizar las causas que ocasionaron la discordancia.

A continuación se presenta el Plan de Inspección y Ensayos de Laboratorio elaborado durante el desarrollo de la práctica en la UTCVC, y que corresponde a una importante etapa en el proceso para el control de calidad en la construcción de una vía.

3.2 PLAN DE INSPECCIÓN Y ENSAYOS DE LABORATORIO

Con base a las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras INVIAS, del año 1996 y su actualización 2002, se desarrolló el siguiente Plan de Inspección y Ensayos de Laboratorio para los siguientes materiales: Subrasantes, Subbases Granulares, Bases Granulares, Concreto Asfáltico, Concreto Ciclópeo, Concreto para Estructuras.

Cada tabla presentada a continuación, tabla 1 a la tabla 9, especifica el material del plan elaborado, para los materiales descritos anteriormente.

El plan para el mejoramiento de la subrasante fue elaborado con las especificaciones de TERRAPLENES y se presenta con este nombre, puesto que la norma lo contempla la bajo las mismas especificaciones de calidad para dicho material.

Tabla 1. Terraplenes

	UNIÓN TEMPORAL CONCESIÓN VIAL LOS COMUNEROS	ADECUACIÓN PARA UN CARRIL ADICIONAL DE LA DOBLE CALZADA EXISTENTE DESDE FLORIDABLANCA HASTA PIEDECUESTA	PLAN DE INSPECCION Y ENSAYOS DE LABORATORIO. CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES	
			EXPLANACIONES	

FECHA ELABORACIÓN: 10/04/2007. FECHA ACTUALIZACIÓN: 17/05/2007. VERSIÓN: 2.

MATERIAL: Terraplenes

Especificación a cumplir:	INV – Artículo 220
---------------------------	--------------------

DESCRIPCIÓN	NORMA DE ENSAYO	CRITERIO DE ACEPTACIÓN	FRECUENCIA DE ENSAYO
Granulometría	E - 123	Tamaño máx. 75 mm Pasa tamiz No. 200 \leq 25% en peso	Mínimo una (1) vez por jornada y/o 500 m ³
C.B.R.	E - 148	\geq 10%	Mínimo una (1) vez por mes.
Expansión en prueba C.B.R.	E - 148	0%	Mínimo una (1) vez por mes.
Contenido de Materia Orgánica	E - 121	0%	Mínimo una (1) vez a la semana.
Límite Líquido	E - 125	< 30	Mínimo una (1) vez por jornada.
Índice Plástico	E - 126	< 10	Mínimo una (1) vez por jornada.
Corrección por Partículas Gruesas	E - 228		Siempre que sea necesario.
Proctor Modificado	E - 142		1 ensayo por cada 1500 m ³ de material compactado.

Compactación en el terreno Densidad Media	E-161 E-162 E-163 E-164	$D_m \geq 0.90 D_e$ (Cimientos y Núcleos) $D_m \geq 0.95 D_e$ (Corona) (*)	1 ensayo por cada 250 m ² de material compactado.
Densidad Individual	E-161 E-162 E-163 E-164	$D_i > 0.98 D_m$ (Un solo resultado por debajo del límite) (*)	Sobre cada determinación de la densidad.

NOTA:

De cada procedencia de los suelos empleados para la construcción de terraplenes y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y de cada fracción de ellas se determinarán los ensayos mencionados.

Para el Cuerpo del terraplén (Cimiento y Núcleo) el material se colocará en capas de espesor uniforme, el cual será lo suficientemente reducido, para que se obtenga el grado de compactación exigido.

Para la Corona del terraplén, el material deberá tener un espesor compacto de treinta centímetros (30cm) construidos en dos capas de igual espesor.

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

La cota en cualquier punto de la subrasante en terraplenes, conformada y compactada, no deberá variar en más de treinta milímetros (30 mm) de la cota proyectada.

* D_m = Densidad media del tramo; D_e = Densidad máxima obtenida Proctor Modificado.
 * D_i = Densidad obtenida en cada ensayo individual.

Fuente: El autor.

Tabla 2. Subbases Granulares

	UNIÓN TEMPORAL CONCESIÓN VIAL LOS COMUNEROS	ADECUACIÓN PARA UN CARRIL ADICIONAL DE LA DOBLE CALZADA EXISTENTE DESDE FLORIDABLANCA HASTA PIEDECUESTA	PLAN DE INSPECCION Y ENSAYOS DE LABORATORIO. CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES	
			SUBBASES Y BASES	

FECHA ELABORACIÓN: 02/05/2007. FECHA ACTUALIZACIÓN: 02/05/2007. VERSIÓN: 1.

MATERIAL: Sub-Base Granular

Especificación a cumplir:	INV – Artículo 320
---------------------------	--------------------

DESCRIPCIÓN	NORMA DE ENSAYO	CRITERIO DE ACEPTACIÓN	FRECUENCIA DE ENSAYO
Granulometría	E - 123	Cumplimiento de la granulometría especificada en la tabla 3.	1 ensayo por cada 300 m ³ de material compactado y/o una vez por jornada.
Índice de Plasticidad (I.P.)	E - 125 E - 126	I.P. ≤ 6	1 ensayo por cada 300 m ³ de material compactado y/o una vez por jornada.
CBR	E - 148	CBR > 20%	1 ensayo por cada 1000 m ³ de material compactado y/o una vez al mes.
Desgaste en Máquina de los Ángeles	E - 218	No mayor al 50%	1 ensayo por cada 1000 m ³ de material compactado y/o una vez al mes.
Solidez (Sulfato de Sodio)	E - 220	12% máx.	1 ensayo por cada 1000 m ³ de material compactado y/o una vez al mes.
Equivalente de Arena	E - 133	25% mín.	1 ensayo por cada 1000 m ³ de material compactado y/o una vez al mes.
Proctor Modificado	E - 142		1 ensayo por cada 1000 m ³ de material compactado.
Compactación en el terreno	E-161 E-162 E-163 E-164	> 95% del Proctor Modificado	1 ensayo por cada 250 m ² de material compactado.

NOTA:

Para su construcción los materiales serán agregados naturales clasificados o podrán provenir de la trituración de rocas y gravas, o podrán estar constituidos por una mezcla de productos de ambas procedencias.

Se debe compactar en capas de máximo 25 cms, si alguna capa cuenta con un espesor mayor a este, se deberá compactar en capas de igual proporción.

Colocación del material en longitudes ≤ 1500 m.

Compactación efectuarla longitudinalmente, desde el borde exterior hacia el centro, traslapando a un ancho no menor de un tercio (1/3) del ancho del rodillo compactador. En zonas peraltadas la compactación se hará del borde inferior al superior.

Cota de cualquier punto de la subbase conformada y compactada, no varíe en más de 2 cms de la cota proyectada.

Fuente: El autor.

Tabla 3: Granulometría Subbases

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA
Normal	Alterno	SBG-1
50 mm	2"	100
37.5 mm	1 ½"	70-100
25 mm	1"	60-100
12.5 mm	1/2"	50-90
9.5 mm	3/8"	40-80
4.75 mm	No.4	30-70
2.0 mm	No.10	20-55
425 µm	No.40	10-40
75 µm	No.200	4-20

Fuente: Especificaciones Técnicas, INVIAS .

Tabla 4. Bases Granulares

	UNIÓN TEMPORAL CONCESIÓN VIAL LOS COMUNEROS	ADECUACIÓN PARA UN CARRIL ADICIONAL DE LA DOBLE CALZADA EXISTENTE DESDE FLORIDABLANCA HASTA PIEDECUESTA	PLAN DE INSPECCION Y ENSAYOS DE LABORATORIO. CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES	
			SUBBASES Y BASES	

FECHA ELABORACIÓN: 08/05/2007. FECHA ACTUALIZACIÓN: 23/05/2007. VERSIÓN: 2.

MATERIAL: Base Granular

Especificación a cumplir:	INV – Artículo 330 de 2002
---------------------------	----------------------------

DESCRIPCIÓN	NORMA DE ENSAYO	CRITERIO DE ACEPTACIÓN	FRECUENCIA DE ENSAYO
Granulometría	E - 123	Cumplimiento de la granulometría especificada en la tabla N°5	1 ensayo por cada 300 m ³ de material compactado y/o una vez por jornada.
Porcentaje de Caras Fracturadas en los Agregados	E - 227	50% mín.	1 ensayo por cada 300 m ³ de material compactado y/o una vez por semana.
Desgaste en Máquina de los Ángeles	E - 218 E - 219	No mayor al 40%	1 ensayo por cada 1000 m ³ de material compactado y/o una vez al mes.
Solidez (Sulfato de Sodio)	E - 220	12% máx.	1 ensayo por cada 1000 m ³ de material compactado y/o una vez al mes.
Índices de Aplanamiento y Alargamiento	E - 230	35% máx.	1 ensayo por cada 300 m ³ de material compactado y/o una vez por semana.
CBR	E - 148	80% mín.	1 ensayo por cada 1000 m ³ de material compactado y/o una vez al mes.
Índice de Plasticidad	E - 125 E - 126	≤ 3	1 ensayo por cada 300 m ³ de material compactado y/o una por jornada.
Equivalente de Arena	E - 133	30% mín.	1 ensayo por cada 1000 m ³ de material compactado y/o una por semana.

Corrección por partículas gruesas	E - 228		Siempre que sea necesario
Proctor Modificado	E - 142		1 ensayo por cada 1000m ³ de material compactado.
Compactación en el terreno Densidad Media	E-161 E-162 E-163 E-164	$D_m \geq D_e$ 100% del Proctor Modificado (*)	Al menos 5 densidades por lote. Sitios para tomar muestras al azar.
Densidad Individual	E-161 E-162 E-163 E-164	$D_i \geq 0.98 D_m^*$ (Un solo valor defectuoso por lote)	Sobre cada determinación de la densidad.
Espesor		$e_m \geq e_d$ $e_i \geq 0.90 e_d$ (*)	Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación.
Lisura		Variaciones ≤ 15 mm para cualquier punto que no este afectado por un cambio de pendiente	Regla de 3 m de longitud colocada tanto paralela como normalmente al eje de la vía.

NOTA:

Para la construcción de Bases Granulares será obligatorio el empleo de un agregado que contenga una fracción de producto de trituración mecánica.

Se debe compactar en capas de máximo 25 cms, si alguna capa cuenta con un espesor mayor a este, se deberá compactar en capas de igual proporción.

Se considera como lote: La menor área construida que resulte de los siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500m) de base granular compactada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de base granular compactada.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

* D_m = Densidad media del lote; D_e = Densidad máxima obtenida ensayo Proctor Modificado.

* D_i = Densidad obtenida en cada medida individual.

* e_m = Espesor medio de la capa compactada; e_d = Espesor de diseño.

* e_i = Valor obtenido en cada determinación individual.

Fuente: El autor.

Tabla N°5: Granulometría Bases

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

Fuente: Especificaciones Técnicas, INVIAS.

Tabla 6. Mezclas Asfálticas

	UNIÓN TEMPORAL CONCESIÓN VIAL LOS COMUNEROS	ADECUACIÓN PARA UN CARRIL ADICIONAL DE LA DOBLE CALZADA EXISTENTE DESDE FLORIDABLANCA HASTA PIEDECUESTA	PLAN DE INSPECCION Y ENSAYOS DE LABORATORIO. CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES	
			PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	

FECHA ELABORACIÓN: 28/05/2007. FECHA ACTUALIZACIÓN: 28/05/2007. VERSIÓN: 1.

MATERIAL: Mezcla Asfáltica MDC-1, MDC-2.

Especificación a cumplir:	INV - Artículo 400 - 450 / de 2002
---------------------------	------------------------------------

DESCRIPCIÓN	NORMA DE ENSAYO	CRITERIO DE ACEPTACIÓN	FRECUENCIA DE ENSAYO
ETAPA: Producción en Planta.			
Granulometría	E - 123	Gradaciones MDC-1 y MDC-2. Ver tabla N°7	Al menos una vez por jornada - Pedir reporte a la planta. Verificar en obra.
Caras Fracturadas	E - 227	75% Mínimo	Al menos una vez por semana - Pedir reporte a la planta.
Desgaste en los Ángeles	E - 218 E - 219	Base: 35% máx. Rodadura: 25% máx.	Al menos una vez por mes - Pedir reporte a la planta.
Solidez Sulfato de Sodio	E - 220	12% Máximo	Al menos una vez por mes - Pedir reporte a la planta.
Índices Aplanamiento y Alargamiento	E - 230	30% Máximo	Al menos una vez por semana - Pedir reporte a la planta.
Coficiente Pulimento Acelerado	E - 232	0.45 Mínimo	Al menos una vez por mes - Pedir reporte a la planta.
Índice Plasticidad	E - 125 E - 126	N.P.	Al menos una vez por semana - Pedir reporte a la planta.
Equivalente de Arena	E - 133	50% Mínimo	Al menos una vez por semana - Pedir reporte a la planta.

Contenido de Impurezas	E - 237	Agregado Grueso 0.5% Máximo	Al menos una vez por semana - Pedir reporte a la planta.
Estabilidad (fórmula)	E - 748	900 Kg.	Diseño - Parámetro de diseño.
Flujo	E - 748	2 – 3.5 $0.85 \text{ Ft} \leq F_m \leq 1.15 \text{ Ft}^*$	Diseño - Parámetro de diseño.
Compactación	E - 748	75 Golpes/Cara	Al menos una vez por semana - Pedir reporte a la planta.
Vacios con aire	E - 748	MDC-2 4-6% MDC-1 4-8%	Al menos una vez por semana - Pedir reporte a la planta.
Vacios Mínimos Agregados Minerales	E - 748	MDC-2 15% MDC-1 14%	Al menos una vez por semana - Pedir reporte a la planta.
Vacios Llenos de Asfalto	E - 748	65-75%	Al menos una vez por semana - Pedir reporte a la planta.
Efecto del Agua Sobre la Cohesión (Inmersión – Compresión)	E - 738	No exceder de 25% en la pérdida de resistencia por efecto de la inmersión	Dos muestras por lote de mezcla y tres probetas por muestra. Tres probetas se curarán en seco y tres en condición húmeda y se determina resistencia promedio.
Resistencia Deformación Plástica	E - 756	Velocidad de deformación intervalo 105 a 120 minutos $\leq 15 \mu\text{m}/\text{min}$.	
Concentración Crítica de Llenante	E - 745	Relación Llenante/Liga =1.2	
ETAPA: Ejecución.			
Extracción Cuantitativa de Asfalto	E - 731 E - 732	$\pm 0.3\%$ del asfalto residual promedio	Sobre tres muestras por lote de la mezcla elaborada.
Granulometría de los Agregados Extraídos de la Mezcla Asfáltica	E - 782	% pasa No 4: $\pm 4\%$ peso seco agregados % pasa No 10, 40, 80: $\pm 3\%$ peso seco agregados % pasa tamiz No 200: $\pm 1\%$ peso seco agregados	Sobre las muestras utilizadas para la extracción cuantitativa de asfalto.
Estabilidad (Resistencia)	E - 748	$E_m \geq 0.9 E_t$ $E_i \geq 0.8 E_m$ (*)	Dos muestras por lote de mezcla y dos probetas por muestra.
Flujo	E - 748	2 – 3.5 $0.85 \text{ Ft} \leq F_m \leq 1.15 \text{ Ft}$ (*)	Sobre las muestras sometidas a estabilidad.

NOTA:

De cada procedencia de los suelos empleados para la construcción de terraplenes y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y de cada fracción de ellas se determinarán los ensayos mencionados.

Para el Cuerpo del terraplén (Cimiento y Núcleo) el material se colocará en capas de espesor uniforme, el cual será lo suficientemente reducido, para que se obtenga el grado de compactación exigido.

Para la Corona del terraplén, el material deberá tener un espesor compacto de treinta centímetros (30cm) construidos en dos capas de igual espesor.

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

La cota en cualquier punto de la subrasante en terraplenes, conformada y compactada, no deberá variar en más de treinta milímetros (30 mm) de la cota proyectada.

* Dm = Densidad media del tramo; De = Densidad máxima obtenida Proctor Modificado.

* Di = Densidad obtenida en cada ensayo individual.

Fuente: El autor.

Tabla N°7: Granulometría Mezcla Asfáltica

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA			
Normal	Alterno	MDC-0	MDC-1	MDC-2	MDC-3
25.0 mm	1"	100	100	-	-
19.0 mm	3/4"	80-100	80-100	100	-
12.5 mm	1/2"	65-80	67-85	80-100	-
9.5 mm	3/8"	55-70	60-77	70-88	100
4.75 mm	No.4	40-55	43-59	49-65	65-87
2.00 mm	No.10	24-38	29-45	29-45	43-61
425 µm	No.40	9-20	14-25	14-25	16-29
180 µm	No.80	6-12	8-17	8-17	9-19
75 µm	No.200	3-7	4-8	4-8	5-10

Fuente: Especificaciones Técnicas, INVIAS.

Tabla 8. Concretos Estructuras

	UNIÓN TEMPORAL CONCESIÓN VIAL LOS COMUNEROS	ADECUACIÓN PARA UN CARRIL ADICIONAL DE LA DOBLE CALZADA EXISTENTE DESDE FLORIDABLANCA HASTA PIEDECUESTA	PLAN DE INSPECCION Y ENSAYOS DE LABORATORIO. CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES	
			CONCRETOS	

FECHA ELABORACIÓN: 20/04/2007. FECHA ACTUALIZACIÓN: 15/05/2007. VERSIÓN: 2.

MATERIAL: Concretos para Estructuras.

Especificación a cumplir:	INV - Artículo 630 / NSR 98 C.5
---------------------------	---------------------------------

DESCRIPCIÓN	NORMA DE ENSAYO	CRITERIO DE ACEPTACIÓN	FRECUENCIA DE ENSAYO
Resistencia a Compresión	E - 410 NTC - 673	Cumplimiento de las Resistencias de Diseño Resistencia a los 7 días = 60% Resistencia final (*)	1 ensayo por jornada de trabajo ó cada 40m ³ . 6 cilindros: 2 cilindros por edad (7 y 28 días) + 2 cilindros testigos.
Asentamiento	E - 404 NTC - 396	Asentamiento máximo 4".	1 ensayo cada viaje.
Aire Incluido	E - 406	Concreto normal: 3-8%	1 ensayo por jornada.

NOTA:

<p>Los materiales utilizados en la producción de los concretos tales como el cemento, agua, agregados y aditivos, deben cumplir con los requerimientos del ART. 630 INV. Para este chequeo, se debe solicitar un reporte mensual al proveedor de concreto. * La resistencia de los concretos para las estructuras es la especificada en los diseños. (4000 psi, 3000 psi, ó 2500 psi.) Desde el momento de elaboración de la mezcla no debe transcurrir más de 1,5 horas para su utilización en obra. Evitar caída del concreto desde alturas superiores a 1,5 metros, con bastante presión o que choque contra formaletas o refuerzo. Mantener húmedo el concreto (no periódico, continuo) para permitir su hidratación. En ningún caso el tratamiento de curado < 7 días.</p>

Fuente: El autor.

Tabla 9. Concretos Ciclópeos

	UNIÓN TEMPORAL CONCESIÓN VIAL LOS COMUNEROS	ADECUACIÓN PARA UN CARRIL ADICIONAL DE LA DOBLE CALZADA EXISTENTE DESDE FLORIDABLANCA HASTA PIEDECUESTA	PLAN DE INSPECCION Y ENSAYOS DE LABORATORIO. CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES	
			CONCRETOS	

FECHA ELABORACIÓN: 25/04/2007. FECHA ACTUALIZACIÓN: 18/05/2007. VERSIÓN: 2.

MATERIAL: Concreto Ciclópeo.

Especificación a cumplir:	INV - Artículo 630 / NSR 98 C.5
---------------------------	---------------------------------

DESCRIPCIÓN	NORMA DE ENSAYO	CRITERIO DE ACEPTACIÓN	FRECUENCIA DE ENSAYO
Resistencia a Compresión	E - 410 NTC - 673	Cumplimiento de las Res. Diseño a 28 días. Res. a los 7 días = 60% Resistencia final	1 ensayo por jornada de trabajo ó cada 40m ³ . 6 cilindros: 2 cilindros por edad (7 y 28 días) + 2 cilindros testigos.
Desgaste Máquina de Los Ángeles	E - 219	Desgaste ≤ 50%	1 ensayo cada mes o cada cambio de procedencia.
Asentamiento	E - 404 NTC - 396	Asentamiento máximo 4".	1 ensayo cada viaje.

NOTA:

<p>Los materiales utilizados en la producción de los concretos tales como el cemento, agua, agregados y aditivos, deben cumplir con los requerimientos del ART. 630 INV. Para este chequeo, se debe solicitar un reporte mensual al proveedor de concreto. El agregado ciclópeo será roca triturada o canto rodado de buena calidad. La proporción máxima del agregado ciclópeo será el cuarenta por ciento (40%) del volumen total del concreto. El tamaño máximo admisible del agregado ciclópeo dependerá del espesor y volumen de la estructura de la cual forma parte. En estructuras con espesor < 80 cm, la distancia libre entre piedras o una piedra y la superficie de la estructura ≤ 10 cm. En estructuras con espesor > 80 cm, la distancia libre entre piedras o una piedra y la superficie de la estructura ≤ 15 cm.</p>

En estribos y pilas no se podrá usar agregado ciclópeo en los últimos 50 cm debajo del asiento de la superestructura.
Desde el momento de elaboración de la mezcla no debe transcurrir más de 1,5 horas para su utilización en obra.
Evitar caída del concreto desde alturas superiores a 1,5 metros, con bastante presión o que choque contra formaletas o refuerzo.
Mantener húmedo el concreto (no periódico, continuo) para permitir su hidratación.

Fuente: El autor.

4. CANTIDADES DE OBRA

4.1 MEDICIÓN CANTIDADES DE OBRA

En el último mes del desarrollo de la práctica en la UTCVC se midieron las cantidades de obra ejecutadas por cada subcontratista con el objetivo de corroborar lo realizado en obra y lo presentado para su pertinente pago, una vez aprobado por la firma interventora.

Se realizó el siguiente formato de solicitud a la interventoría para la liberación de actividades como primera medida para cuantificar las cantidades de obra que se iban ejecutando.

Figura 22. Formato Liberación de Actividades

	<p>Adecuación para un carril adicional de la doble calzada existente desde Floridablanca (Papi Quiero Piña) hasta Piedecuesta (Estación de servicio El Molino) CONTRATO DE CONCESIÓN VIA LIZPAQUIRA - BUCARAMANGA (PALBIQUE) No. 01160 -2001</p>	
FORMATO SOLICITUD DE LIBERACION DE ACTIVIDADES		
ACTIVIDAD: _____	UNIDAD: _____	
CANTIDAD APROXIMADA: _____	LOCALIZACION: _____	
ACTIVIDAD LIBERADA SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	FECHA: _____	
OBSERVACIONES: _____ _____ _____		
_____ INGENIERO RESIDENTE INTERVENTORÍA	_____ INGENIERO RESIDENTE CONTRATISTA	
CONTRATISTA		

Fuente: El autor.

Paso a seguir luego de la liberación de actividades, cada subcontratista presentaba sus cantidades ejecutadas en el transcurso del mes junto con una Preacta de Avance de Obra con los debidos soportes firmados por el interventor.

En estos soportes se tuvo especial cuidado en su revisión, puesto que estas cantidades se pasaban a un Acta de Avance de Obra para su aprobación por parte de la Dirección de Construcciones y de la Gerencia General de la UTCVC con el fin de realizar el pago de las actividades.

Las actividades medidas que tuvieron mayor ejecución durante los meses de Junio y Julio fueron:

- Trazado y Replanteo
- Desmante y Limpieza
- Demoliciones en Concreto
- Descapote y Retiro de Material
- Excavación Común de Corte, Canales y Préstamos
- Excavación en Roca de Corte, Canales y Préstamos
- Transporte de Materiales Provenientes de Excavaciones
- Terraplén con Material del Sitio
- Terraplén con Material Seleccionado
- Acero 60.000 PSI
- Concreto Clase C ($f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$)
- Concreto Clase F ($f'c = 140 \text{ Kg/cm}^2$)
- Concreto Clase G (Ciclópeo)
- Disposición Material Sobrante, Escombros en Zonas de Deposito

CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

En la etapa de revisión de estudios y diseños se encontraron lugares donde se ameritaba la modificación de los mismos; para realizar estas modificaciones se consultó con el diseñador, quien con el conocimiento técnico suficiente y bajo su criterio se aprobó el cambio en los diseños.

Los objetivos planteados para la implementación de los Planes de Manejo de Tráfico para las diferentes zonas de trabajo fueron cumplidos a cabalidad gracias a la planeación, organización, ejecución y control diario de cada uno en la obra y comités de tráfico semanales junto con las direcciones de tránsito tanto del municipio de Floridablanca como de Piedecuesta.

El Plan de Inspección y Ensayos de Laboratorio desarrollado durante el transcurso de la práctica, es aplicable en el proceso del control de calidad en los ensayos de materiales presentes en la construcción de las estructuras de pavimentos para vías de alto tránsito ya que está elaborado con base a las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías, INVIAS. Este Plan de Inspección y Ensayos de Laboratorio estuvo sujeto a modificaciones en su contenido a consideración de la Dirección de Construcciones de la Unión Temporal Concesión Vial Los Comuneros.

La aplicación del Plan de Inspección y Ensayos de Laboratorio se realizó en obra para los siguientes materiales: Terraplenes, Subbases Granulares y Concretos. Para Bases Granulares y Concretos Asfálticos no fue posible su implementación,

debido al tardío comienzo de las obras por la no disposición de predios para la adecuación de la vía, estando presente como practicante en la UTCVC.

El desarrollo de la práctica empresarial, como Auxiliar de Ingeniería de la Dirección de Construcciones, en las obras realizadas por la Unión Temporal Concesión Vial Los comuneros en la adecuación de un carril adicional de la doble calzada existente desde Floridablanca (Papi Quiero Piña) hasta Piedecuesta (Estación El Molino), fue una experiencia en donde se aplicaron y fortalecieron competencias personales y profesionales enriqueciendo la formación como Ingeniero Civil.

BIBLIOGRAFÍA

ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS, INVÍAS. Resolución no. 8068 del 19 de Diciembre de 1996 y resolución no. 005866 de Noviembre 12 de 1998; adoptadas por el Ministerio de Transporte mediante resolución no. 2073 del 23 de Abril de 1997, actualizadas mediante resolución INVÍAS no. 002662 del 27 de Junio de 2002.

NORMAS DE ENSAYO DE MATERIALES PARA CARRETERAS, INVÍAS. Resolución No. 8067 del 19 de Diciembre de 1996, actualizadas mediante Resolución 002661 del 27 de junio de 2002.

CÓDIGO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES. NORMA SISMO RESISTENTE NSR98. Tomo 1. Título C: Concreto Estructural. Asociación Colombia de Ingeniería Sísmica.

MONTEJO FONSECA, Alfonso. Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Segunda Edición. Bogotá; 1998.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Normas Colombianas para la presentación de trabajos de investigación. Quinta actualización. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2002. NTC 1486.

ANEXOS

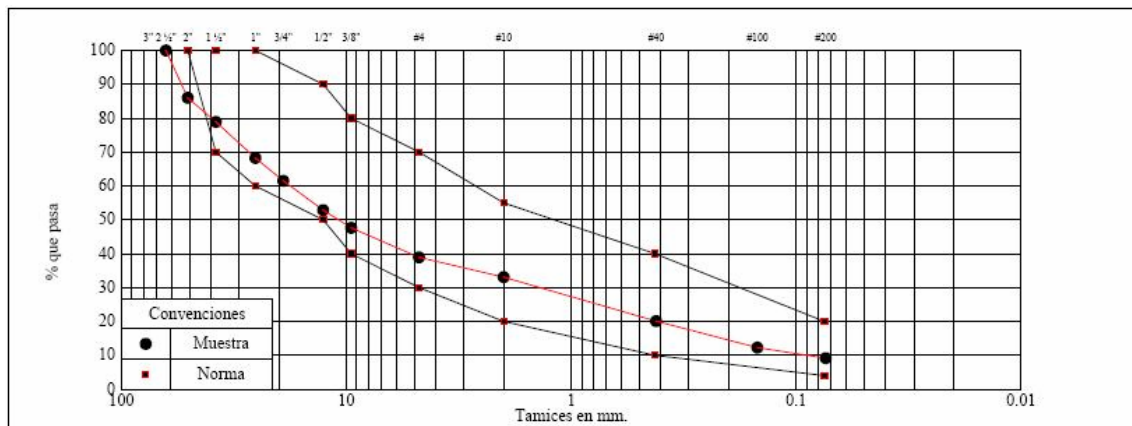
ANEXO 1. Inconvenientes presentados con los materiales tipo Problemario y Soluciones tratadas en obra.

El presente anexo contiene problemas tipo previo, los cuales fueron una realidad en obra respecto a los materiales y su cumplimiento a lo establecido en el Plan de Inspección y Ensayos de Laboratorio una vez implementado. También se dan las soluciones que se adoptaron para corregir estos percances, con el propósito de llevar la experiencia a las aulas de clase como aporte a la Escuela de Ingeniería Civil.

Problema 1

Se tienen dos materiales de diferentes canteras para utilizar como Subbase Granular en una nueva estructura de pavimento con los siguientes resultados en sus ensayos de laboratorio:

Granulometría Cantera A:



Solución

➤ La imagen del ensayo de Granulometría para la cantera A, muestra una curva granulométrica que inicia fuera de los límites establecidos por la norma, donde aproximadamente un 15% de la muestra excede el tamaño máximo permitido y el otro 85% se encuentra entre los límites permitidos. La granulometría de la cantera B cumple, pues su curva granulométrica se mantiene perfectamente entre los límites exigidos, lo cual quiere decir que el material presenta una muy buena gradación.

En el ensayo de Índice de Plasticidad ambos materiales no presentan plasticidad alguna, característica que los vuelve muy apropiados para su utilización como Subbase Granular.

La cantera A arrojó un resultado de 68% en el ensayo por Desgaste en Máquina de Los Ángeles, resultado que indica que el material no es lo suficientemente resistente a la abrasión y al impacto y puede degradarse fácilmente. El de la cantera B presenta una muy buena resistencia al desgaste entre sus propiedades físicas.

Tampoco se cumple la norma para el material de la cantera A en el ensayo del Equivalente de Arena con el mínimo porcentaje requerido del 25%, lo cual demuestra que el material tiene una representativa cantidad de partículas finas. Caso contrario sucede con el de la cantera B, con mucho menos cantidad de finos y apto para su utilización en obra.

➤ Analizando los resultados de laboratorio obtenidos para la cantera A y comparándolos con los requerimientos de la norma, se deduce que este material no sería apto para colocación en obra, por lo que sería conveniente mirar otras opciones.

El material de la cantera B presenta unas características excelentes para ser utilizado como Subbase Granular, ya que cumple todos los ensayos realizados. Pero adquirir todo el material de este lugar aumentaría los costos representativamente ya que la cantera se encuentra mucho más lejos, un metro cúbico de agregado cuesta más del doble que el valor del material de la cantera A y la intención es reducir al máximo los costos de la obra siempre y cuando se cumpla con las especificaciones técnicas exigidas.

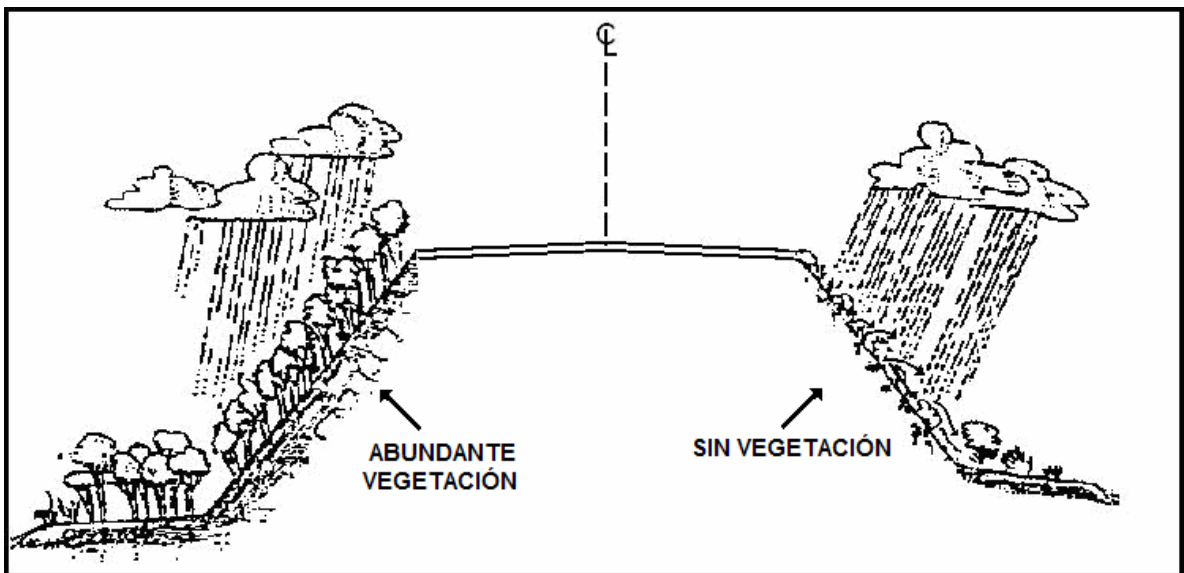
Como Ingeniero encargado de tomar una decisión al respecto, optaría por traer el material de la cantera B para mezclarlo con el material de la cantera A y así mejorar sus características como granulometría, contenido de finos y resistencia al desgaste hasta que cumpla con las especificaciones respectivas.

Comenzaría mezclando un mayor porcentaje de material de la cantera A con el de la cantera B, luego de realizar una selección apropiada y corregir la granulometría de la cantera A. Por ejemplo: 70% cantera A y 30% cantera B, analizaría de nuevo los ensayos de laboratorio para esta mezcla; si no cumple alguno, le adicionaría mayor cantidad de agregado de la cantera B y así sucesivamente hasta encontrar la mezcla óptima que cumpla todas las especificaciones técnicas y este seguro de que el material es el indicado para usar en la nueva estructura de pavimento.

De esta manera no se tendría que transportar todo el material desde la cantera B, sino solo un porcentaje, disminuyendo significativamente los costos.

Problema 2

La siguiente imagen corresponde a la sección transversal de un terraplén para una vía luego de adecuarse su ampliación hacia el costado derecho.



- Observando la imagen anterior, escriba las diferencias que encuentre entre la parte derecha e izquierda del dibujo y las posibles consecuencias, en ambos casos, de los efectos de la lluvia intensa.
- Qué riesgos aparecerán en la parte derecha del dibujo y qué medidas tomar para disminuir esos efectos.

Solución

➤ Observando las dos partes del esquema, a simple vista se encuentra una diferencia entre la cubierta vegetal que existe en la parte izquierda del terraplén y la que no hay en la derecha. El talud de la parte izquierda tiene una densa cubierta que le brinda protección y a su vez una baja erosionabilidad debido al gran porcentaje de vegetación. El suelo tendrá un mejor desarrollo en comparación con el del otro talud y será menos susceptible a la erosión ocasionada por el escurrimiento superficial y el fuerte impacto de las gotas cuando se presenten lluvias.

En cambio, en el talud de la parte derecha la ausencia de vegetación tendrá un efecto totalmente opuesto, ya que el escurrimiento superficial será elevado y al faltar un medio de protección se producirá un arrastre intenso que ocasionará gran erosión.

➤ La erosión como proceso desintegrador de los suelos, tiene gran influencia en la conformación de taludes y en la conservación de los mismos. El agua como agente erosionable debido al impacto por lluvia y a su escurrimiento superficial, ya que la superficie está sellada, va desintegrando y arrastrando el material poco a poco hasta que provoca la aparición de cárcavas. También la infiltración de la misma, por el talud desprotegido, puede generar elevaciones en el nivel freático o simplemente expansión y contracción debido al proceso de humedecimiento y secado del material ocasionando a futuro fisuras, erosión interna, pérdida de cohesión entre partículas y un deslizamiento.

Para reducir estos efectos, como medidas se pueden citar: colocación de un sistema de drenaje en bolsacreto sobre el talud, utilización de gaviones como

elemento de contención del talud o muros de contención. Sin embargo, el uso de revestimiento o cobertura vegetal sobre el talud del terraplén, sería una elección razonable debido a su bajo costo en comparación con elementos en concreto o gaviones. La vegetación beneficia totalmente el costado del terraplén ya que: protege el material del impacto del agua en caso de lluvia; el agua en escurrimiento disminuye su velocidad evitando el arrastre de partículas; previene la infiltración del agua en el cuerpo del terraplén pues se establece un control de humedad debido a la evapotranspiración de las plantas, y por último se le da un buen aspecto paisajístico a la obra, mejorando su apariencia gracias a la vegetación. Además, ya está comprobado que si es un buen elemento de estabilización, pues el costado izquierdo de la vía no se intervino para la ampliación, lo que quiere decir que la vegetación ha venido conservando el talud y como objetivo la vía.

Por lo tanto, el uso de vegetación en los taludes de terraplenes como medio para prevenir la erosión, es un método muy económico que favorece en la vida útil de la obra y está acorde a la conservación de suelos y protección del medio ambiente.

Problema 3

En el proceso de la compactación con material seleccionado para un Terraplén, en ciertas ocasiones no se cumple la densidad de compactación especificada en el ensayo del Proctor Modificado, debido al bajo o alto contenido de humedad en el material.

- Para que se utiliza el ensayo del Proctor Modificado, y qué medidas tomaría Usted para solucionar estos inconvenientes cuando ya se ha compactado el material?

- Cual de los siguientes procesos realizaría para humedecer un material que no ha sido extendido y que se encuentra demasiado seco: extender-homogenizar-compactar-humedecer ó extender-humedecer-homogenizar-compactar? Explique los resultados en cada proceso.

Solución

➤ En el ensayo del Proctor Modificado, se da la relación entre el contenido de humedad y la densidad del terraplén, determinándose la máxima densidad seca a la que es correcto compactar el material y así obtener las propiedades geotécnicas más apropiadas como permeabilidad, compresibilidad y resistencia al corte.

Para superar los inconvenientes de humedad procedería:

Alto contenido de humedad: Cuando el material compactado tiene demasiada humedad, se debe escarificar la última capa y se deja airear el material con la intención de que se seque un poco para luego si compactarlo en forma óptima, ya que cuando se compactan las capas con exceso de humedad, parte de la energía de compactación se pierde al expulsar el agua, además el hecho de corregir un material por humedad representa un aumento en los costos y es convenientemente evitarlo.

Bajo Contenido de Humedad: Se debe escarificar la última capa compactada para luego humedecer el material de una forma homogénea y proceder a su compactación con la intención de que cumpla la densidad apropiada junto con las características de resistencia adecuadas.

➤ En cuanto a los procedimientos:

Extender el material, homogenizarlo, compactarlo y humedecerlo; no es del todo conveniente ya que al humedecer el material luego de ser compactado, en la parte inferior de dicha capa esparcida la humedad no es absorbida correctamente, haciendo que la fricción y cohesión entre partículas no sea la más apropiada, dificultando su densificación.

Extender el material, humedecerlo, homogenizarlo y compactarlo; es el método más apropiado en la compactación para las capas de terraplén cuyo contenido de humedad es demasiado bajo, ya que el material luego de ser extendido, absorbe la humedad homogéneamente siempre y cuando el vehículo irrigador lleve la velocidad conveniente y el paso de agua adecuado que no llegue a saturar el material. Luego si se procede a compactar el material utilizando el rodillo vibrocompactador, el cual propaga ondas hacia el fondo del terraplén eliminando la fricción interna entre partículas y alcanzando densidades más elevadas. Las últimas pasadas de la máquina sobre el material se deben realizar sin vibración, únicamente con el rodillo.

Problema 4

En el proceso de fundición de una viga para un puente vehicular se necesitan dos viajes de concreto de los camiones mezcladores desde la planta encargada de producir el material. Se informa desde la planta que el segundo viaje del material y que completa la fundida de la viga se demora una (1) hora en salir de la planta; el tiempo que demora el camión (mixer) en ir desde la planta hasta la obra es de otra (1) hora y se acaba de vaciar el primer viaje de concreto dejando incompleta la viga.

- Qué medida tomaría Usted como Ingeniero si el concreto tiene un tiempo de manejabilidad de dos horas para una temperatura ambiente de 28° y la viga obligatoriamente tiene que ser monolítica y no puede presentar juntas entre los diferentes vaciados del material?

Solución

Debido a que se trata de una parte de una estructura muy importante como lo es un puente vehicular, el proceso de fundición debe ser continuo con el fin de evitar la aparición de juntas, y así garantizar una estructura con características homogéneas que cumpla la vida útil para la cual fue diseñada.

No siempre se tiene la certeza de que un camión mixer vaya a llegar inmediatamente después de que el otro haya terminado su vaciado como se plantea. En este caso el problema es el tiempo en el cual el concreto, debido a su proceso de fraguado, comienza a perder su manejabilidad.

Como prevención al daño de la viga, propondría las siguientes medidas en obra:

- .El uso de telas de fique húmedas cubriendo la parte superior del primer concreto vaciado en la formaleta, con la intención de retener la humedad y reducir la velocidad de fraguado. Adicionalmente, aplicar una lechada o pasta de cemento, la cual se compone básicamente de agua y cemento, sobre el concreto en la formaleta antes de vaciar el segundo viaje; esto con el propósito de brindarle un poco de manejabilidad al primer concreto y facilitar su liga al momento de vaciar el siguiente material.

Problema 5

Se está adquiriendo un material para Subbase Granular desde una cantera relativamente lejana a la obra, el cual tiene en su granulometría, un 1% de partículas que exceden el tamaño máximo permitido por la norma.

- Qué sitio sería el indicado para extraer estas partículas que sobrepasan el tamaño permitido, en la cantera o en obra?
- Qué consecuencias traería el hecho de no retirar este material?

Solución

- Para eliminar estas partículas, se puede:

Eliminar las partículas gruesas en el lugar de su extracción en la cantera; con el uso de algún tamiz, pero el proceso aumentaría los costos si se le adiciona la lejana ubicación de la cantera.

En obra luego de extender la Subbase Granular, extraer dicho material; proceso que disminuiría costos y sería el más apropiado siempre y cuando se haga en la forma correcta por parte de la persona encargada para esta labor manualmente y con el cuidado suficiente de no dejar partículas que vayan a alterar el proceso de compactación.

➤ Como consecuencias el no retirar dicho material causaría:

Primero que todo, el no cumplimiento de la norma respecto al control de la granulometría.

Segundo, estas partículas afectarían el espesor de compactación de la Subbase Granular, ya que ocasionaría zonas donde la cantidad de granos que se pueden acomodar es poca, sometiendo estas zonas a mayores esfuerzos que pueden traer, a futuro, consecuencias negativas a la estructura de pavimento.