

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA (SIG) PARA  
EL SEGUIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO DEL SISTEMA  
INTEGRADO DE TRANSPORTE MASIVO (METROLINEA).**

**GLORIA ISABEL SANCHEZ CASTRILLÓN**



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

Bucaramanga, 2008



**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA (SIG) PARA  
EL SEGUIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO DEL SISTEMA  
INTEGRADO DE TRANSPORTE MASIVO (METROLINEA).**

**GLORIA ISABEL SANCHEZ CASTRILLÓN**

**Trabajo de Grado para optar al título de  
Ingeniero Civil**

**DIRECTOR:  
EDUARDO ALBERTO CASTAÑEDA PINZÓN  
Ingeniero Civil, M. Sc. Ph D**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
Bucaramanga  
2008**

A Dios, por ser la luz que ilumina mis días; a mi mamá y mi hermano, mis grandes amores y mi fuerza para seguir adelante, a mi familia, por ser mi gran apoyo en mi proceso de formación; a la familia Contreras Pinto y a mis compañeros y amigos de la vida, por sus sonrisas y los momentos vividos.

GLORIA ISABEL

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor expresa sus más sinceros agradecimientos a:

Ing. Eduardo Castañeda Pinzón

Ing. Jorge Hernando Gómez

Área Metropolitana de Bucaramanga AMB

Metrolínea

Ing. Yerly Fabián Martínez

Juan Carlos Escamilla

Profesores

Compañeros

Universidad Industrial de Santander

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION .....	15
1. DESCRIPCION DEL PROYECTO .....	17
1.1. OBJETIVO GENERAL .....	17
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
2. MARCO TEORICO.....	18
2.1. SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA (SIG).....	18
2.1.1. Definición.....	18
2.1.2. Funcionamiento .....	19
2.1.3. Secuencia en la construcción de un SIG .....	19
2.2. ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS .....	21
2.2.1. Pavimentos Flexibles.....	21
2.2.2. Pavimentos Rígidos .....	23
2.2.3. Subrasante.....	24
2.2.4. Subbases.....	24
2.2.5. Bases .....	25
2.2.6. Capas de rodamiento .....	25
2.2.7. Fallas en los pavimentos .....	25
2.3. SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE MASIVO .....	29
2.3.1. Definición.....	29
2.3.2. Situación inicial (causas).....	29

2.3.3.	Beneficios .....	30
2.3.4.	METROLINEA.....	31
3.	RECOLECCION DE LA INFORMACION.....	32
3.1.	AREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO.....	32
3.1.1.	Generalidades del municipio .....	32
3.1.2.	Limites .....	32
3.1.3.	Vías y transporte .....	33
3.2.	OBJETIVOS DEL PROYECTO METROLINEA .....	33
3.3.	DOCUMENTACION ESCRITA .....	34
3.3.1.	Datos Primarios.....	34
3.3.2.	Fuentes de Información Institucional .....	35
3.3.3.	Información Recolectada en Campo .....	41
4.	SISTEMATIZACION DE LA INFORMACION .....	47
4.1.	EL TRABAJO EN PLANOS DIGITALES.....	47
4.1.1.	Puntos .....	48
4.1.2.	Líneas.....	48
4.1.3.	Polígonos .....	48
4.2.	LIMPIEZA DIGITAL.....	49
4.3.	TOPOLOGIAS .....	51
4.3.1.	Tipos de Topología .....	51
4.3.2.	Procedimiento para la creación de una topología.....	53
4.4.	ASIGNACION DE ATRIBUTOS .....	55
4.5.	EXPORTACION DE LA INFORMACION .....	58

4.6.	ELABORACION DE LAS BASES DE DATOS.....	59
5.	DESARROLLO DEL SIG-PAVIMENTOS METROLINEA .....	61
5.1.	DEFINICION DE ATRIBUTOS.....	61
5.1.1.	Atributos de la topología Pavimentos Diseñados.....	61
5.1.2.	Atributos de la topología Pavimentos Implementados.....	64
5.1.3.	Atributos de la topología de Apiques.....	65
5.2.	HERRAMIENTAS DEL PROGRAMA ARC VIEW GIS 3.1 .....	67
5.2.1.	Herramientas de Representación Cartográfica .....	68
5.2.2.	Localización con una Operación de Consulta .....	69
5.2.3.	Análisis de datos y comparación de los mismos.....	71
5.3.	RETROALIMENTACION DEL SOFTWARE .....	74
5.3.1.	Insertar Imágenes por medio de la opción Hot Link.....	75
6.	RECOMENDACIONES .....	79
7.	CONCLUSIONES .....	80
8.	BIBLIOGRAFIA.....	81

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> fallas por deformación en pavimentos .....	26
<b>Tabla 2.</b> fallas por fisuras y grietas en pavimentos .....	27
<b>Tabla 3.</b> fallas por desprendimientos en pavimentos .....	27
<b>Tabla 4.</b> fallas por afloramientos en pavimentos.....	27
<b>Tabla 5.</b> uso del material según su valor de cbr .....	37
<b>Tabla 6.</b> medida de deformaciones carril oriental .....	45
<b>Tabla 7.</b> medida de deformaciones carril occidental .....	46
<b>Tabla 8.</b> número de elementos presentes en cada topología .....	56
<b>Tabla 9.</b> atributos de la topología pavimentos diseñados .....	62
<b>Tabla 10.</b> atributos de la topología pavimentos instalados.....	64
<b>Tabla 11.</b> atributos de la topología de apiques .....	66
<b>Tabla 12.</b> análisis comparativo para un mismo sector .....	73

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> capas de un pavimento flexible .....	22
<b>Figura 2.</b> capas de un pavimento rígido .....	23
<b>Figura 3.</b> toma de medidas a lo largo de las zonas de parada .....	42
<b>Figura 4.</b> regla de 1.20m para realizar las medidas.....	43
<b>Figura 5.</b> medida de deformación a 30cm del sardinel .....	43
<b>Figura 6.</b> medida de deformación a 90cm del sardinel .....	44
<b>Figura 7.</b> deformímetro con precisión de una milésima de pulgada.....	44
<b>Figura 8.</b> proceso de creación de topologías.....	53
<b>Figura 9.</b> herramienta map para la creación de topologías.....	54
<b>Figura 10.</b> menú emergente para la selección tipo de topología .....	55
<b>Figura 11.</b> cuadro para definir atributos de los elementos .....	56
<b>Figura 12.</b> cuadro para asignar atributos a los elementos .....	57
<b>Figura 13.</b> selección del tipo de topología a exportar .....	58
<b>Figura 14.</b> selección de atributos a exportar.....	59
<b>Figura 15.</b> formas de representación de los elementos .....	68
<b>Figura 16.</b> representación grafica de los elementos .....	69
<b>Figura 17.</b> herramienta de consulta alfanumérica.....	70
<b>Figura 18.</b> selección producida por la búsqueda .....	70
<b>Figura 19.</b> base de datos pavimentos diseñados, tramo de análisis.....	72
<b>Figura 20.</b> condiciones de búsqueda y análisis .....	72
<b>Figura 21.</b> selección de resultados, base de datos pavimentos implementados.....	73
<b>Figura 22.</b> adición de un campo de atributos.....	75
<b>Figura 23.</b> adición del atributo para representar imágenes.....	76
<b>Figura 24.</b> dirección para representar imágenes .....	77
<b>Figura 25.</b> menu theme – properties – hot link .....	77
<b>Figura 26.</b> imagen representada con el hot link.....	78

## LISTA DE ANEXOS

<b>ANEXO A:</b> Deflexion característica.....	83
<b>ANEXO B:</b> Valores representativos de cbr para cada tramo y número de ejes equivalentes .....	85
<b>ANEXO C:</b> Estructuras tipo de pavimentos en la etapa de diseño .....	86
<b>ANEXO D:</b> Estructuras tipo de pavimentos en la etapa implementada .....	94
<b>ANEXO E:</b> Reporte de daños de las extructuras antiguas o aun existentes.....	96
<b>ANEXO F:</b> Certificacion del amb para el uso de informacion cartografica.....	107

## RESUMEN

### TITULO:

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA (SIG) PARA EL SEGUIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE MASIVO (METROLINEA)\*.

### AUTOR:

SÁNCHEZ CASTRILLÓN, Gloria Isabel\*\*

### PALABRAS CLAVES:

SIG, Sistema de transporte masivo (Metrolinea), Estructuras de pavimento Rígido y Flexible, Topologías, Base de datos, Estudios Geotécnicos (Apiques).

### DESCRIPCION

El presente documento es la descripción de las etapas realizadas para desarrollar el Sistema de Información Geográfica de las estructuras de pavimento del Sistema Integrado de Transporte Masivo (Metrolinea).

Este SIG busca generar bases de datos de fácil y rápido acceso que contemple información de la etapa previa de diseño del proyecto, hasta la construcción final del mismo con base en los estudios realizados por la Universidad Industrial de Santander y los reportes finales generados por la interventoría de cada tramo a la Empresa Metrolinea.

Estas bases de datos se alimentan de atributos numéricos y descriptivos arrojados por estudios geotécnicos en diferentes puntos del trazado vial; inventario de daños de las estructuras aun existentes o antiguas; determinación de las estructuras nuevas de pavimento (carriles exclusivos del solo bus, zonas de adelantamiento y carriles mixtos), además de los espesores de sus capas; y finalmente una presentación de imágenes que muestran la distribución actual de los carriles del METROLINEA; cuya interfaz grafica se desenvuelve mediante la georeferenciación de la información a los planos de sectorización de las estructuras adoptada en los diseños. Además de ello, el programa permite la retroalimentación del mismo con nuevos reportes que se generen por la interventoría del proyecto Metrolinea, ya que el mismo se encuentra aún en construcción y expuesto a constantes cambios como característica de toda obra civil de tal magnitud.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil  
Director: Ingeniero Eduardo Alberto Castañeda Pinzón.

## ABSTRACT

### TITULO:

DEVELOPMENT OF A GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS) FOR MONITORING OF THE PAVEMENT STRUCTURES OF THE INTEGRATED SYSTEM OF MASSIVE TRANSPORTATION (METROLINEA) IN BUCARAMANGA\*.

### AUTHOR:

SÁNCHEZ CASTRILLÓN, Gloria Isabel\*\*

### KEY WORDS:

GIS, System for mass transit (Metrolinea), Structures of Rigid and Flexible Pavement, topologies, Database, Geotechnical Studies.

### DESCRIPTION

This document is the description of steps taken to develop the Geographic Information System of pavement structures of the Integrated Massive Transportation (Metrolinea).

This seeks to generate GIS databases fast and easy access that provides information on the previous stage of the project design, construction until the end of it based on studies conducted by the Industrial University of Santander and reports generated by the end of each interventoría stretch under construction, the Company Metrolinea.

These databases are fed by numerical and descriptive attributes thrown by geotechnical studies in different parts of the route road damage inventory of the existing structures or even old; determination of the structures of new pavement (exclusive of single-lane bus lanes, overtaken areas and mixed lanes) , In addition to the thickness of layers, and finally a slideshow of pictures that show the current distribution of the rails METROLINEA, whose graphical interface is developed using geo-information to the sectorization of the structures adopted in the designs. In addition, the program allows the feedback of it with new reports that are generated from interventoría project Metrolinea, since it is still under construction and exposed to constant changes characteristic of the entire civil works of such magnitude.

---

\* degree thesis

\* Faculty of Mechanical Engineering Physics, School of Civil Engineering  
Director: Engineer Eduardo Castaneda Alberto Pinzon.

## INTRODUCCION

Dentro del ámbito constructivo y frente al implacable ataque de la competencia mundial, la industria de la construcción no debe decidir si debe cambiar, sino como debe ser ese cambio. Para esto, es indispensable mejorar la calidad de la administración ya que se necesita coordinar todos los elementos que intervienen en esta y así crear las bases esenciales del desarrollo como son: capitalización, calificación de trabajadores y empleados, adquisición de nuevas tecnologías, etc.

Generar estas bases depende de los modelos de partida que adoptemos; es decir; usualmente nos basamos en modelos rígidos y convencionales muy enfocados a lo que se espera o se desea que las cosas sean, que quizás no son muy eficaces cuando tratamos de resolver diversos aspectos que salen a la luz ante situaciones novedosas o de cierta incertidumbre frente a lo habitual; razón por la cual se cree, que un excelente y ágil manejo de la información conlleva a esa buena administración, como podrían ser bases de datos de gran contenido específico y de rápido acceso a las mismas.

Por ello, La universidad industrial de Santander en pro de mejorar su gestión actual y futura frente a la elaboración de proyectos de alta trascendencia en el territorio nacional y municipal, como lo es el caso del diseño geométrico y estructural del sistema integrado de transporte masivo (Metrolinea), en la ciudad de Bucaramanga, decide implementar un sistema de información geográfica para realizar un monitoreo y seguimiento de las estructuras de pavimentos instaladas en éste, para un mejor control de sus diseños. Pues, ve como una forma eficaz de administrar sus recursos mediante el desarrollo de sistemas de trabajo en los que puedan interactuar de forma rápida y apropiada el recurso humano y su materia prima de trabajo.

El presente SIG busca minimizar el tiempo de recolección de información sobre especificaciones y diseños, la cual una vez almacenada en archiveros se vuelve

muy tediosa y demorada de conseguir, a su vez, pospone su reutilización como referencia a proyectos futuros y una correcta evaluación final para determinar cuáles fueron los cambios realizados a lo largo del proyecto.

Este proyecto busca también sintetizar toda la información existente en un solo documento que sirva como modelo guía para todas las entidades involucradas, ya que como es un proyecto de alto interés municipal cuenta con el apoyo de muchas personas que manipulan la información dentro de su propio contexto, lo que conlleva, a que ésta se encuentra presente en diferentes formatos y genere correcciones de un lado a otro; por ello, lo que se plasma aquí es el resultado de la información más relevante y determinante en el diseño de las estructuras, así como los valores más acertados del mismo, después de un largo periodo de recopilación de información en todas estas entidades.

## **1. DESCRIPCION DEL PROYECTO**

### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un Sistema de Información Geográfica que almacene la información generada de los proyectos de pavimentos, realizados para el Sistema Integrado de Transporte Masivo (Metrolínea), en la ciudad de Bucaramanga con el fin de hacer el seguimiento de los mismos, y como guía para nuevos proyectos semejantes en ciudades intermedias.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Recopilar y organizar la información correspondiente a la estructura de los pavimentos que se diseñaron e implementaron en los proyectos del Sistema Integrado de Transporte Masivo.
- Definir y argumentar las variables que regirán el uso del Sistema de Información Geográfica, las cuales serán los parámetros de diseño empleados en los pavimentos existentes.
- Elaborar la respectiva base de datos para la asignación de atributos o características a las variables, que se verán representadas por medio de la interfaz grafica; y así, lograr el acople del Sistema de Información Geográfica.
- Generar las guías para retroalimentar el Sistema de Información Geográfica (SIG) para ampliaciones futuras del mismo; y a su vez, permitir el seguimiento al comportamiento de los pavimentos.

## **2. MARCO TEORICO.**

### **2.1. SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA (SIG)**

#### **2.1.1. Definición**

Un sistema de información geográfica es un acople organizado de hardware, software, datos y personal, que permite coleccionar, manejar y analizar grandes volúmenes de datos de atributo asociados y espacialmente referidos. Dentro de las utilidades de los SIG se destacan:

- Realizar un gran número de manipulaciones, sobresaliendo las superposiciones de mapas en corto tiempo, transformaciones de escala, la representación gráfica y la gestión de bases de datos, así como su administración y mantenimiento.
- Consultar rápidamente las bases de datos, tanto espacial como alfanumérica, almacenadas en el sistema, con información exacta, actualizada y centralizada.
- Realizar pruebas analíticas complejas rápidas y repetir modelos conceptuales en despliegue espacial, sin la necesidad de repetir actividades redundantes o tediosas.
- Efectuar algunos análisis, de forma rápida que hechos manualmente resultarían largos y molestos.
- Integrar en el futuro, otro tipo de información complementaria que se considere relevante y que esté relacionada con la base de datos nativa u original.

### **2.1.2. Funcionamiento**

Un SIG funciona como una base de datos con información geográfica que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos.

Los SIG manejan los datos espaciales utilizando objetos simples como puntos, líneas polígonos (modelo vector) y píxeles o grillas (modelo raster).

En el modelo vector, la información se almacena como una colección de coordenadas x, y:

- La ubicación de una característica puntual, pueden describirse con un solo punto x, y.
- Las características lineales, pueden almacenarse como un conjunto de puntos de coordenadas x, y.
- Las características poligonales, pueden almacenarse como un circuito cerrado de coordenadas.

### **2.1.3. Secuencia en la construcción de un SIG**

La construcción e implementación de un SIG es una tarea siempre progresiva, compleja y laboriosa; ya que hay que considerar las especiales características de los datos que utiliza y sus correspondientes procesos de actualización.

Es indiscutible que los datos son el principal activo de cualquier sistema de información; por ello el éxito y la eficacia de un SIG se mide por el tipo, la calidad y vigencia de los datos con los que opera.

La secuencia que se debe seguir en la elaboración de un SIG es básicamente la siguiente:

- **Adquisición de datos**

La adquisición de datos es quizás la tarea más importante y extensa en la elaboración de un SIG, esta se puede recolectar de mapas cartográficos, imágenes satelitales, planos digitales, y de todos los documentos escritos que contengan datos de interés para el desarrollo de algún proyecto en especial.

- **Codificación y Procesamiento de los datos**

Este proceso consiste en introducir toda la información pertinente en el programa a utilizar, empleando y entendiendo el lenguaje de programación del computador, el cual es la herramienta para introducir dicha información. En otras palabras se le asignan atributos especiales a cada cosa que queramos.

- **Manejo de las bases de datos**

Una vez almacenada toda la información en tablas o representaciones graficas, estas se dan a conocer con el nombre de bases de datos, las cuales por sus características de almacenamiento pueden ser modificadas en cualquier momento para ser actualizadas. A demás de ello, permiten una rápida búsqueda de la información requerida por herramientas propias del programa a utilizar.

- **Análisis**

La etapa del análisis es en realidad la más importante y para la cual se elabora un SIG, es en ella donde se obtienen los resultados para los cuales se ha trabajado. Es donde se pueden tomar decisiones más adecuadas luego de haber observado todas las opciones que el sistema muestra.

- **Salidas**

“Un SIG no solo sirve para tomar decisiones, también se pueden generar informes. Las salidas son la información que se puede crear a partir de un SIG, son los mapas

impresos y en archivo digital, son los datos estadísticos generados por el sistema luego de una consulta específica. Como salida se entiende todo tipo de información que se pueda obtener de un SIG, ya sea instantánea como por ejemplo, en el monitor del computador, o sea permanente, como por ejemplo, las impresiones en papel o los archivos guardados en memoria”<sup>1</sup>.

## **2.2. ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS**

Un pavimento es un conjunto de capas de materiales seleccionados que reciben en diferente grado la carga de los vehículos que transitan y las transmiten a las capas inferiores distribuyéndolas con uniformidad.

### **2.2.1. Pavimentos Flexibles**

La estructura de pavimento flexible está compuesta por varias capas de material. Cada capa recibe las cargas por encima de la capa que se extiende en ella, entonces pasa a estas cargas a la siguiente capa inferior; por lo tanto, la capa más abajo en la estructura del pavimento, recibe menos carga. Con el fin de aprovechar al máximo esta propiedad, las capas son generalmente dispuestas en orden descendente de capacidad de carga, por lo tanto la capa superior será la que posee la mayor capacidad de carga de material (y la más cara) y la de más baja capacidad de carga de material (y más barata) ira en la parte inferior.

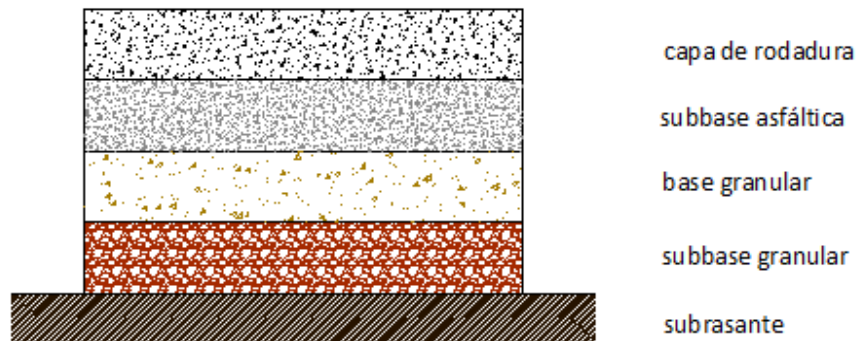
Un pavimento común está conformado por 5 capas: La subrasante o capa mas interna, que es la base del pavimento; encima de esta capa de espesor infinito se coloca una capa de material granular llamada sub-base, que dependiendo del espesor y de su calidad, va aportando a la estructura un grado de resistencia. Sobre esta capa, se coloca otra llamada base granular, que por lo general es de mejor calidad de la anterior; luego encontramos otra capa llamada base asfáltica y por

---

<sup>1</sup> Tesis de grado Diseño de una aplicación sig. para el sistema de acueducto del municipio de Lebrija, Universidad Industrial de Santander

último encontramos la carpeta asfáltica, que es la capa de pavimento que observamos.

**Figura1.** Capas de un Pavimento Flexible



Este tipo de pavimento llamado flexible, se diseña para un determinado número de repeticiones de carga, y al alcanzar este número de repeticiones, se espera que el pavimento se fatigue y falle, este fallo del pavimento se demuestra con la presencia de fisuras, grietas en la parte superficial.

- **Asfaltos Convencionales y Modificados**

Esta plenamente probado que los asfaltos convencionales poseen propiedades satisfactorias tanto mecánicas como de adhesión en una amplia gama de aplicaciones y bajo distintas condiciones climáticas y de tránsito. Sin embargo, el creciente incremento de volumen del tránsito, la magnitud de las cargas y la necesidad de optimizar las inversiones, provoca que, en algunos casos, las propiedades de los asfaltos convencionales resulten insuficientes. “Por ejemplo; para asfaltos convencionales, aun con los grados más duros, no es posible eliminar el problema de las deformaciones producidas por el tránsito canalizado, especialmente cuando se deben afrontar condiciones de alta temperatura. Además, con la simple adopción de asfaltos más duros se corre el riesgo de fisuraciones por efectos térmicos cuando las temperaturas son muy bajas”<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Documento en internet [http://ciruelo.uninorte.edu.co/pdf/ingenieria\\_desarrollo/23/3\\_%20Influencia%20de%20la%20Granulometria.pdf](http://ciruelo.uninorte.edu.co/pdf/ingenieria_desarrollo/23/3_%20Influencia%20de%20la%20Granulometria.pdf)

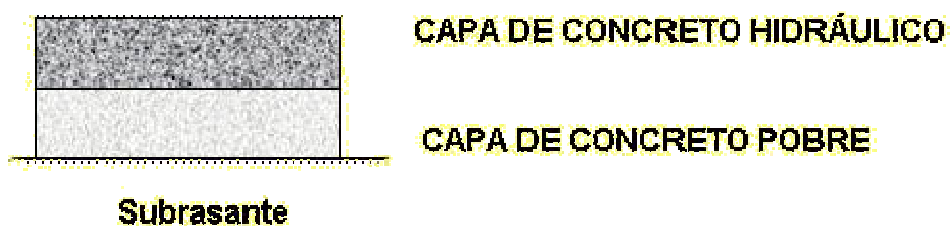
La modificación de asfalto es una nueva técnica utilizada para el aprovechamiento efectivo de asfaltos en la pavimentación de vías. Esta técnica consiste en la adición de polímeros a los asfaltos convencionales con el fin de mejorar sus características mecánicas, es decir, su resistencia a las deformaciones por factores climatológicos y del tránsito (peso vehicular).

Los objetivos que se persiguen con la modificación de los asfaltos con polímeros, es contar con ligantes más viscosos y de mejores características adhesivas, que reduzcan los problemas presentes en las capas de rodamiento, por cambios de temperatura y tráfico, presentes con los asfaltos convencionales, haciendo de estas capas, “capas más rígidas”.

### 2.2.2. Pavimentos Rígidos

Son pavimentos constituidos por losas de hormigón hidráulico, armadas o no, que reposan generalmente sobre una base adecuadamente preparada, y a veces, sobre el propio terreno de la explanada. A causa de su rigidez distribuyen las cargas transmitidas por el tráfico sobre un área relativamente amplia de la base de la explanada.

**Figura 2.** Capas de un pavimento rígido



La capa de rodadura de un pavimento rígido está constituida por una serie de losas de concreto cuyos componentes básicos son los mismos de cualquier estructura de hormigón a saber: agregado grueso y fino, cemento portland y agua.

El agregado grueso puede ser roca triturada o grava lavada o triturada y debe estar compuesto por partículas duras, resistentes y durables, libres de fragmentos alargados y otros materiales objetables. El agregado fino puede ser arena natural o de trituración y sus granos han de ser limpios, duros y resistentes; deberán además,

encontrase libre de arcilla, materia orgánica y otras sustancias perjudiciales. El cemento portland debe ser de marca aprobada, del llamado tipo I y cumplir todos los requisitos físicos y químicos que le son normalmente exigidos. Por último, el agua que se incorpore a la mezcla debe ser clara y libre de aceites, sal, ácidos, material vegetal y otras sustancias dañinas.

- **Uso de Refuerzo**

En los pavimentos rígidos suelen incluirse varillas de acero, bien para transferir cargas, de amarre entre losas vecinas o ya sea para absorber esfuerzos por cambios de temperatura. El acero debe presentar una resistencia a la tracción mínima de 3600 Kg/cm<sup>2</sup> y un límite de fluencia de 2310 Kg/cm<sup>2</sup>.

### **2.2.3. Subrasante**

La subrasante constituye la capa superior de las explanaciones sobre la cual se constituye el pavimento. Siendo su función precisamente la de proporcionar soporte al pavimento, es de esperar que el comportamiento de éste se vea afectado por las características de aquella y resulta, por lo tanto, indispensable, evaluar adecuadamente las propiedades de los suelos de subrasante y emplear procedimientos de construcción que permitan garantizar el buen comportamiento del conjunto.

### **2.2.4. Subbases**

Es una estructura que no necesita alta resistencia a la deformación; por su posición en la estructura, puede construirse con materiales clasificados ya que su función estructural no es muy importante. Para cumplir adecuadamente con las funciones que le son propias, las capas tanto de base como sub-base garantizan su resistencia por medio de la estabilidad mecánica. Esta propiedad en una capa

granular compactada, depende, principalmente, del rozamiento interno y la cohesión y en menor grado de la compresibilidad y los cambios volumétricos.

### **2.2.5. Bases**

Es aquella capa que subyace la asfáltica en el caso de los pavimentos flexibles y por tal motivo, debe poseer una elevada resistencia a la deformación, con el fin de soportar altos esfuerzos a causa de su proximidad a la superficie de rodamiento. Las Bases y Sub-bases se constituyen, de preferencia, con materiales granulares, los cuales pueden consistir en fragmentos de roca, escoria, gravas y mezclas de suelo agregado. Son también aceptables las mezclas de materiales de inferior calidad con algún estabilizante químico, por lo general cemento, asfalto o cal.

### **2.2.6. Capas de rodamiento**

Constituyen la parte superior de la estructura de un pavimento y como su nombre y ubicación lo indican, sobre ellas van a rodar las cargas del tránsito y por lo tanto deben estar construidas por materiales capaces de soportar adecuadamente, tanto los esfuerzos producidos por dichas cargas, como la acción de los agentes climáticos durante el periodo de diseño del pavimento<sup>3</sup>.

### **2.2.7. Fallas en los pavimentos**

Se denomina corrientemente como falla, todo tipo de deterioro que se presente en el pavimento y que afecte o pueda llegar a afectar la circulación cómoda de los vehículos. La experiencia ha demostrado que en los pavimentos flexibles se presenta una gamma más amplia de deterioros que en los rígidos, hecho que puede atribuirse, tanto a la mayor variedad en los diseños y procedimientos constructivos

---

<sup>3</sup> Sánchez Sabogal Fernando Pavimentos tomo II, Capas de Rodadura.

de aquellos, como a la facilidad que presentan para la construcción de estructuras económicas con bajas inversiones iniciales, lo que se traduce en pavimentos de escasa durabilidad y propensos a la falla en plazos más o menos reducidos.

“La dificultad más importante que encuentra la persona encargada del inventario de fallas de un pavimento, consiste en la aplicación de una adecuada terminología para identificar un determinado tipo de falla. Es conocido que los ingenieros de carreteras no se caracterizan precisamente por la minuciosidad de su lenguaje, por lo que es muy probable que el mismo tipo de falla se designe de manera diferente por los ingenieros de las distintas regiones de un país e inclusive por los de la misma región. Aquí se plasmaran estas fallas según lo determinó el MOPT de Colombia”<sup>4</sup>.

- **Clasificación de los daños de un pavimento**

A continuación se ha intentado designar con un mínimo de nombres, la mayor cantidad de fallas advertidas en los pavimentos del país, lo que ha permitido clasificar en cuatro grupos principales los deterioros de los pavimentos flexibles: Deformaciones, fisuras y grietas, desprendimientos y afloramientos. Del mismo modo, se han establecido tres grupos para los pavimentos rígidos: Deformaciones, fisuras y grietas, y desprendimientos.

**Tabla 1.** Fallas por Deformación en Pavimentos

<b>FALLAS POR DEFORMACION</b>	
<b>PAVIMENTOS RIGIDOS</b>	<b>PAVIMENTOS FLEXIBLES</b>
Variación del nivel de las losas	Asentamientos longitudinales simples y dobles Asentamientos transversales Hundimientos o Baches Abultamientos Desplazamientos de borde

<sup>4</sup> Sánchez Sabogal Fernando, Pavimentos Tomo II, Evaluación de fallas en pavimentos.

**Tabla 2.** Fallas por Fisuras y Grietas en Pavimentos

<b>FALLAS POR FISURAS Y GRIETAS</b>	
<b>PAVIMENTOS RIGIDOS</b>	<b>PAVIMENTOS FLEXIBLES</b>
Cuero de Caimán	Piel de cocodrilo
Longitudinales	Lengüetas
Transversales	Rectilíneas Longitudinales
De esquina	Rectilíneas Transversales
Voladura	Por Reflexión
	En bloque

**Tabla 3.** Fallas Por Desprendimientos en Pavimentos

<b>FALLAS POR DESPRENDIMIENTOS</b>	
<b>PAVIMENTOS RIGIDOS</b>	<b>PAVIMENTOS FLEXIBLES</b>
Desintegración	Ojo de Pescado
Descascaramiento	Perdida de película de ligante
	Descascaramiento
	Perdida de Agregados
	Cabezas duras

**Tabla 4.** Fallas por Afloramientos en Pavimentos

<b>FALLAS POR AFLORAMIENTOS</b>	
<b>PAVIMENTOS RIGIDOS</b>	<b>PAVIMENTOS FLEXIBLES</b>
	Afloramiento de agua
	Afloramiento de ligante
	Afloramiento de mortero

- **Situaciones no contempladas en la clasificación de Fallas**

Los Bacheos constituyen una situación no contemplada en la anterior clasificación, por cuanto ellos no son fallas, aunque si son evidencias de daños que ha sufrido y puede seguir sufriendo el pavimento. Se tratan por lo general de reparaciones superficiales aisladas para la corrección de muchos de los deterioros convencionales señalados anteriormente, siendo evidente que resultan insuficientes para mantener dentro de un tiempo prolongado un adecuado nivel de transitabilidad, el cual sólo puede lograrse por medio de una solución más racional, como puede ser el refuerzo general de la estructura.

El bacheo consiste, en términos generales, en la escarificación del pavimento en el área fallada y la excavación y remoción de los materiales inadecuados en toda la profundidad en que se encuentran. La excavación debe tener bordes verticales y bien definidos, los cuales han de ser perpendiculares y paralelos al eje longitudinal de la vía. La excavación debe rellenarse con materiales apropiados, adecuadamente compactados, hasta alcanzar el nivel de la rasante existente.

- **Mejoramiento y tratamiento en los pavimentos en servicio**

Todo pavimento, así se encuentre bien diseñado y construido, alcanza un instante en el que requiere ciertas reparaciones si se desea prolongar su vida útil durante un lapso suficiente como para justificar la inversión necesaria. Los pavimentos van con el tiempo presentando una serie de defectos como los mencionados anteriormente que podrían agruparse en muy grandes rasgos en dos tipos comunes de fallas: Fallas superficiales y fallas estructurales. Las primeras comprenden aquellos defectos atribuibles únicamente a la capa superficial y no guarda relación con el resto de la estructura; la segunda hace mención a cuando una capa completa o más se ven afectadas.

En el primer caso, la comodidad de la circulación de los vehículos se obtiene con solo regularizar la superficie y conferirle una impermeabilidad y rugosidad

adecuadas, mientras que en el segundo caso se requiere reforzar el pavimento existente con el fin de que responda a las exigencias del tránsito futuro.

## **2.3. SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE MASIVO**

### **2.3.1. Definición**

La denominación Sistema Integrado de Transporte Masivo (SITM) se aplica a una serie de medios de transporte que actúan conjuntamente para desplazar grandes cantidades de personas en lapsos de tiempo relativamente cortos, empleando su propio sistema vial, es decir, contiene sus propias vías aparte del resto de automotores.

### **2.3.2. Situación inicial (causas)**

Con el paso de los años la población se ve sometida a un constante e imparable crecimiento y sumado a ello la fácil capacidad de endeudamiento surgida en los últimos años, se logra apreciar la significativa aparición de transporte público en las ciudades, que no contribuye a un mejor sistema de transporte por la escasa población servida, sino que colabora a la congestión de las vías.

Algunas de las causas principales por las que se generó este sistema innovador de transporte fueron las siguientes:

- Lentitud en el transporte por la aparición repentina de vehículos particulares
- Ineficiencia en el transporte público actual por los largos recorridos que se tenían que realizar y el mal estado de los buses que prestaban el servicio.

- Inequitativo, porque existía un alto porcentaje de carros particulares que solo prestaban el servicio a un bajo contenido de habitantes
- Contaminante debido a la misma cantidad de carros que existen unido al mal estado de muchos automóviles y buses de transporte.
- Inseguridad provocada por el alto número de accidentes.

### **2.3.3. Beneficios**

- Mejorar la movilidad de los pasajeros diariamente
- Reducir el tiempo de desplazamiento de los usuarios
- Ahorrar costos de operación del sistema de transporte publico
- Mejorar la accesibilidad para posibilitar la renovación de áreas deterioradas y facilitar el desarrollo ordenado de las zonas de expansión
- Reducir la tasa de accidentalidad del sistema de transporte
- Mejorar la equidad social
- Accesibilidad para discapacitados
- Mejorar las condiciones ambientales

#### **2.3.4. METROLINEA**

“Metrolínea es una sociedad anónima de capital totalmente público, y que fue constituida mediante acta 1011 del 21 de marzo de 2003, en la notaría 7 de Bucaramanga, con aclaración en el acta 3809 del 6 de octubre de 2004 en la misma notaría.

Su principal función es ser el ente gestor para la implementación del Sistema Integral de Transporte Masivo para los habitantes del área metropolitana de Bucaramanga. Cumplida esta tarea, y puesta en funcionamiento para los usuarios, se encargaran de la logística y los procesos de administración del Sistema, garantizando así, un inmejorable servicio a quienes hagan uso del SITM.

### **3. RECOLECCION DE LA INFORMACION**

#### **3.1. AREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO**

##### **3.1.1. Generalidades del municipio**

Bucaramanga es parte de una historia desaforada, inconclusa y desmedida. Sin un claro origen, esta ciudad ha tenido que tejer su propia historia, basándose en un incierto clima historiográfico. No obstante, ahora, justo cuando comienza el nuevo siglo, la ciudad va encontrando con el tiempo, respuestas claras y precisas a sus más importantes preguntas.

Bucaramanga es una de las ciudades más importantes de Colombia, con aproximadamente un millón de habitantes. Es uno de los centros universitarios más representativos del país, con más de 10 universidades. Cuenta con un aeropuerto internacional, ubicado a las afueras de la ciudad, una significativa infraestructura hotelera acompañada por un sinnúmero de atractivos turísticos; todo ello, recreado a partir de la conocida hospitalidad de su gente, que le ha otorgado fama internacional como "La Ciudad Bonita".

##### **3.1.2. Limites**

Bucaramanga, capital del departamento de Santander limita por el Norte con el municipio de Ríonegro; por el Oriente con los municipios de Matanza, Charta y Tona; por el Sur con el municipio de Floridablanca y; por el Occidente con el municipio de Girón.

### **3.1.3. Vías y transporte**

Bucaramanga presenta una deficiencia en la red vial, no solo por efecto del crecimiento del parque automotor, sino por la expansión y densificación urbana, el aumento de las migraciones y el tipo de distribución económico y poblacional en el A.M.B.

De los 325 Km de red vial urbana sólo un 30% se considera en buen estado; del 70% restante un 36% son vías que requieren mantenimiento de parcheo y en un término no mayor de 5 años requiere repavimentación o capa de refuerzo, y un 34% equivale a vías en las cuales la pavimentación ha cumplido su vida útil y por lo tanto necesitan repavimentación inmediata.

El servicio de transporte público colectivo en el Área Metropolitana de Bucaramanga es prestado por 11 empresas con 101 rutas.

### **3.2. OBJETIVOS DEL PROYECTO METROLINEA**

1. Garantizar mediante la socialización del Proyecto que no existan divisiones político administrativas que restrinjan el entendimiento del área de influencia del proyecto de transporte y la necesidad de resolver la problemática de manera integral.
2. Atender, las necesidades del usuario en cuanto a costos generalizados (tarifa, tiempo de caminata, tiempo de espera, tiempo de viaje) deben primar en la conceptualización del nuevo sistema.
3. Brindar mejores condiciones para el desarrollo urbano, la modernización del sistema de transporte y para la gestión de la movilidad urbana (uso eficiente del espacio, menos contaminación, tratamiento preferencial jerarquizado – peatón, seguridad, bicicleta, transporte colectivo, autos).
4. Implementar el sistema integrado de transporte del Área Metropolitana de Bucaramanga por etapas. Es decir, una vez definida la imagen objetivo y tomando en cuenta las restricciones naturales que implica la transformación

(plazos de obras, consolidación de empresas, adquisición de equipos, etc.), se podrá definir la estrategia de implantación más apropiada.

### **3.3. DOCUMENTACION ESCRITA**

#### **3.3.1. Datos Primarios**

Estos datos hacen referencia a la información inicial previa a la documentación institucional de diseños en general; se basa en una recolección bibliográfica a grandes rasgos sobre la implementación del METROLINEA; sus causas generadoras, los pros y contras que acarrea para la comunidad. Aquí, con ayuda de la página web se adquirió información sobre el área de influencia del proyecto y sus características más importantes y relevantes.

Por otra parte se realizó una investigación sobre proyectos adyacentes realizados en otras ciudades del país y por fuera del mismo. Estos proyectos de referencia nos dan una idea del alcance de este proyecto, y el por qué la adopción de muchos parámetros que quizás ante nuestros oídos no son muy importantes.

Además la investigación sobre proyectos de referencia permite observar la evolución de los Sistemas Integrados de Transporte Masivo en todo el mundo y la alta trascendencia que generaron para el nuestro. Algunos proyectos analizados fueron el Transmilenio en Bogotá y el sistema implementado en Curitiba Brasil.

Los datos primarios fueron los que permitieron generar el alcance del proyecto SIG Metrolinea, para puntualizarlo al diseño de las estructuras de pavimento y no extenderlo a otros contextos que pueden ser tema de estudio para otras investigaciones.

### 3.3.2. Fuentes de Información Institucional

Son aquellas instituciones que custodian (depósitos documentales) o informan acerca de la existencia de documentos y los facilitan al investigador. Esta recolección de datos se hizo en varias entidades las cuales suministraron en muchas ocasiones la misma información, lo que llevo a comprobar su autenticidad, veracidad y aprovechar las ideas, claras o sugeridas, que las mismas contuvieron y brindaron.

- **Universidad Industrial de Santander, Escuela Ingeniería Civil.**

Esta información hace referencia, a aquella documentación técnica acerca de los diseños de infraestructura elaborados para cada uno de los tramos que componen el Sistema Integrado de Transporte Masivo (Metrolínea). Esta información fue proveída por el Profesor e Ingeniero Eduardo Castañeda, docente de la Universidad Industrial de Santander y persona encargada de que las estructuras de pavimentos cumplan con los requisitos necesarios para su buen funcionamiento.

Una vez obtenidos todos los documentos de diseño se realizo el análisis de los mismos, para estipular los parámetros básicos de diseño; los cuales son los que rigen el uso de las bases de datos del proyecto en cuestión.

- ***No de eje Equivalentes***

Todo vehículo que hace uso de un pavimento produce en este y en los suelos que lo soportan esfuerzos, deformaciones y deflexiones que se traducen en una cantidad infinitesimal de daño en la estructura; a medida que las repeticiones de carga se acumulan también lo hacen las cantidades de daño reduciendo la vida del pavimento. Diferentes tipos de vehículos y de configuraciones de ejes, producen efectos diferentes, que se traducen en diferentes niveles de deterioro en el pavimento.

El número de ejes equivalentes, será la carga que transitara a lo largo de la vida útil del pavimento y para la cual debe estar preparado. El valor se expresa en la cantidad de ejes de 8.2 toneladas que pasaran durante el periodo de diseño sobre cada uno de los tramos que componen el SITM; por lo cual, el valor varia de tramo en tramo.

- **Apiques**

Suministran información que determinan los suelos que servirán de fundación de las estructuras de pavimento. Los apiques diferencian los espesores de las capas existentes y dependiendo del tipo de material encontrado, se clasifican según el sistema unificado de clasificación de suelos USCS y la American Association of State Highway and Transportation Official (AASHTO) con base en su granulometría y plasticidad.

Los apiques fueron realizados en diferentes puntos a lo largo de todos los tramos donde se implementa el METROLINEA, de los cuales se obtuvieron resultados a partir de ensayos de laboratorio requeridos, tales como: límites de Atterberg, granulometría y CBR%; información que será designada en las tablas de datos del SIG METROLINEA.

- **CBR:**

El índice CBR es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad controlada.

Se utiliza para estimar la calidad relativa de suelos de subrasante, algunos materiales de sub – bases y bases granulares, el número CBR se obtiene como la relación de la carga unitaria en Kilos/cm<sup>2</sup> (libras por pulgadas cuadrada, (psi)) necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón (con un área de 19.4 centímetros cuadrados) dentro de la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón

requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturada.

Para estimar valores de CBR se realizaron ensayos en varios puntos de un mismo tramo y dado que muchos de ellos fueron muy similares, se tomo el valor medio para el diseño del tramo completo. Los valores referentes podrán ser apreciados en la base de datos de apiques en el programa Arc View.

A continuación se presenta una tabla con los valores de CBR y sus respectivos usos según su valor.

**Tabla 5.** Uso del material según su valor de CBR

CBR	Clasificación general	usos	Sistema de Clasificación	
			Unificado	AASHTO
0 - 3	muy pobre	subrasante	OH,CH,MH,OL	A5,A6,A7
3 - 7	pobre a regular	subrasante	OH,CH,MH,OL	A4,A5,A6,A7
7 - 20	regular	sub-base	OL,CL,ML,SC SM,SP	A2,A4,A6,A7
20 - 50	bueno	base,subbase	GM,GC,W,SM SP,GP	A1b,A2-5,A3 A2-6
> 50	excelente	base	GW,GM	A1-a,A2-4,A3

○ **Modulo resiliente**

Varias son las metodologías para diseño de pavimentos, tanto rígidos como flexibles que consideran al parámetro módulo resiliente como la base para la caracterización

del comportamiento de suelos y materiales granulares. Es por ello que la selección apropiada del módulo resiliente de un material se debe de realizar con sumo cuidado, teniendo en cuenta los factores que en él influyen. Este Valor se estipuló también para cada tramo en la tabla de diseño.

- **Deflexiones**

El conocimiento de las deflexiones que sufren los pavimentos flexibles bajo la acción de las cargas es de gran utilidad para el ingeniero de diseño, por cuanto los pavimentos pueden ser concebidos como estructuras con cierta capacidad para absorber como energía elástica potencial el trabajo de deformación impuesto por cada carga circulante y dicha energía hace que, una vez retirada la carga, se produzca una recuperación elástica de la deformación impuesta. Es obvio que si dicha capacidad se excede mas allá del valor limite que determina las deformaciones recuperables por elasticidad, se desarrollan deformaciones permanentes, las cuales, al acumularse modifican sustancialmente los perfiles de la calzada produciendo su falla. Es también posible que, aunque dicha capacidad no sea excedida, las deformaciones elásticas sean tan altas que produzcan con el tiempo la fatiga de las capas asfálticas lo cual se detecta por el desarrollo de fisuras del tipo piel de cocodrilo, las cuales evolucionan hacia daños mayores de no tomarse oportunamente las medidas correctivas apropiadas.

Normalmente se tomaron lecturas de deflexión cada 50 metros en forma alterna a lado y lado de la calzada, de manera que sean representativas de las condiciones generales del pavimento existente (o antiguo) y con base en ellas se modelaron las estructuras empleando un modelo multicapa elástico lineal a través del cual se estima el valor del modulo elástico de la subrasante del pavimento.

- **Espesores de capas de las estructuras**

Como toda estructura está compuesta de varias capas, ya sean pavimentos rígidos o flexibles, y como para cada tramo del proyecto METROLINEA se formularon tratamientos diferentes, los espesores y conformación de la estructura varían de un

tramo a otro, e inclusive, dentro del mismo tramo pueden encontrarse dos o más estructuras diferentes, dependiendo del tipo de carril o del flujo vehicular que se presente dentro de algún sector.

Como todas estas estructuras están compuestas por capas de diferentes materiales ya sea material de súbbase o de base, losas de concreto, mezclas densas en calientes 1, 2 y 3, mezclas asfálticas M1 o mezclas con asfalto modificado, el espesor mencionado o al que hacemos referencia, es al perteneciente a cada una de estas capas y a la conjugación de las mismas.

- **Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB)**

De acuerdo a la planeación del proyecto de representarse mediante un SIG, se hacía necesaria la adquisición de un plano digital de la ciudad de Bucaramanga o al menos del área de influencia del proyecto con el fin de tener una representación más adecuada de los sectores servidos en la ciudad y su Área Metropolitana con la implementación del Metrolinea.

Finalmente lo que se obtuvo fue un archivo en medio digital de Bucaramanga y su área Metropolitana, con una descripción de lotes, manzanas y vías a una distancia no mayor de 150 metros en sentido perpendicular al eje vial, a lado y lado del mismo.

- **Geomática**

Una vez adquirido el mapa de Bucaramanga con sus correspondientes vías, lotes, barrios y la información de diseño previa, fue necesario hacerse acreedor a los ejes viales tanto central como laterales (oriental y occidental o norte y sur), y así empezar a ubicar los tratamientos que se realizaron en cada uno de los tramos; para ello el centro de investigación Geomática permitió su utilización mediante planos digitales.

El contenido de estos planos no solo representa los ejes viales, si no los abscisados de los mismos; en los cuales no se guarda ninguna relación de precedencia en algunos casos en la continuación del abscisado de un tramo a otro.

- **Metrolinea**

Como el proyecto busca mejorar el seguimiento de los diseños realizados por la universidad, y a su vez, comparar estos con las estructuras finalmente implementadas; se hacía necesario obtener los reportes finales de interventoría del proyecto Metrolinea sobre los tratamientos realizados.

Para la obtención de los informes en cuestión, la empresa Metrolinea permitió el acceso a sus bases de datos y de la misma manera la recolección de toda esta información; además para la etapa de diseño, en muchos de los documentos no se encontraba los espesores de capas ni tratamientos implementados en cada uno de los sectores de manera minuciosa, sino una estructura muy global para cada tramo. Por ello fue necesario acudir a esta empresa la cual muy gentilmente permitió recopilar toda esta información.

Cuando se habla de tratamientos se quiere indicar que aunque cada tramo que compone el Sistema Metrolinea se halla diseñado para una misma cantidad de ejes equivalentes no necesariamente tiene que implementarse las mismas capas y espesores de capas a lo largo del proyecto, sino que algunos sectores dentro de un mismo tramo requerirán solo un refuerzo de carpeta o un reemplazo total de la estructura, dependiendo de las condiciones en las que se encuentre el pavimento viejo y el suelo de subrasante. Por lo tanto, las capas no siempre serán las mismas ni sus espesores, de allí a que se introduzca el término tratamiento a lo largo del proyecto.

Estos tratamientos pueden observarse en las tablas de Diseño pavimentos y Pavimentos Implementados del SIG, en las cuales se especifica cada una de las capas que conforman la estructura de pavimento, en cualquier punto del recorrido y además, se presenta una breve descripción de las mismas indicando si son

utilizadas para realizar bacheo o como una simple sobre carpeta de refuerzo, e incluso, sí el tipo de asfalto que utilizan es o no modificado y de qué tipo. También se especifica si la estructura es nueva y los tipos de base y subbase que se emplean, cuando son estabilizadas con cemento, cuando una mezcla asfáltica se utiliza de subbase para soportar una losa de concreto, y muchas otras características semejantes en forma detallada que permitan un mejor análisis y comparación.

### **3.3.3. Información Recolectada en Campo**

La observación y recolección de información en campo se realiza en casi todos los estudios, al menos en su etapa de exploración, es una forma directa de recopilar datos en el momento y lugar que ocurren los hechos, además de brindar ciertas ventajas como el no depender de terceros para la obtención de la información.

- **Medida de deformaciones.**

Para llevar un mejor seguimiento de las estructuras de pavimentos, se consideró importante la toma de deformaciones del pavimento flexible instalado, en las zonas designadas para las paradas de los buses del Sistema Integrado. Esta medida realizada, permite observar el estado del pavimento en su corto periodo de exposición al tráfico y assimilar sí soportará la carga para la que se creía estaba diseñado, o al mismo tiempo, tomar medidas de corrección.

Esta medida fue realizada para los tramos conocidos como La Virgen – Quebrada Seca, por la Pre-Troncal Kennedy – Quebrada Seca y para la Quebrada seca – Puerta del Sol, por la Pre-Troncal Carrera 27. Las medidas fueron tomadas en tres puntos diferentes sobre la longitud de cada parada y a tres distancias dentro del carril.

El proceso se realizó de la siguiente manera:

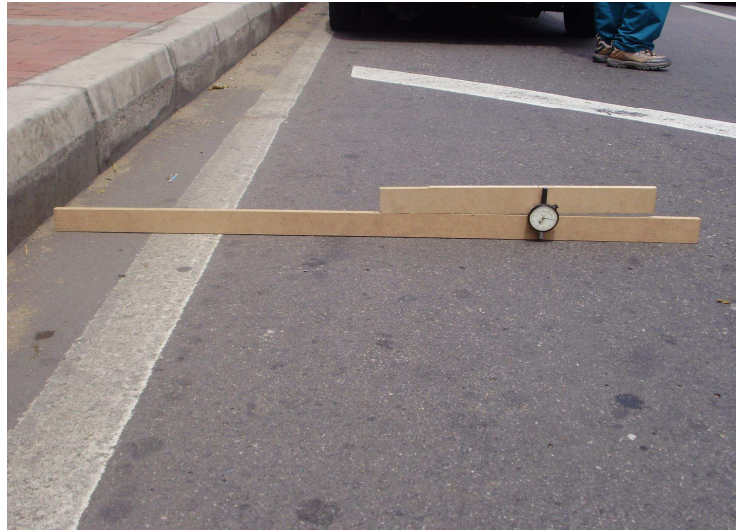
- Se identificaron las Zonas de Parada en cada Sector y cuáles de ellas estaban construidas. Razón por la que el tramo correspondiente a la carrera 27 no obtuvo medidas para las zonas de paradas.
- Se escogieron tres puntos para realizar la toma de medidas a lo largo de la zona de parada, estos puntos fueron ubicados; un metro después de iniciar la parada, un metro antes de culminar y en el centro de la misma.

**Figura 3.** Toma de medidas a lo largo de las zonas de parada



- En los puntos escogidos se ubicó una regla totalmente plana de 1.20m de longitud, perpendicularmente a la longitud de parada, y, a 5 cm del borde del andén.

**Figura 4.** Regla de 1.20m para realizar las medidas



- Se realizaron tres medidas a diferentes distancias del borde del andén, estas distancias fueron: 30cm, 60cm y 90cm, sin contar los 5cm tomados inicialmente. La primera lectura se tomo a los 30cm ya que los carros circulan y realizan sus paradas por lo general, a ésta distancia del sardinel.

**Figura 5.** Medida de Deformación a 30cm del Sardinel



**Figura 6.** Medida de Deformación a 90cm del sardinel



- En cada parada se tomó la medida con un Deformímetro, con una precisión de una milésima de pulgada.

**Figura 7.** Deformímetro con precisión de una milésima de pulgada



- **Datos de Deformación**

Estos datos se recolectaron siguiendo el proceso escrito anteriormente y los resultados se expresan en las siguientes tablas:

**NOTA:** La lectura 1, 2 y 3, hacen referencia a las lecturas tomadas a 30, 60 y 90cm respectivamente, sin contar los 5cm que se dejaron del sardinel al punto donde se ubicó la regla.

La ubicación 1, 2 y 3, hace referencia a los puntos donde se ubico la regla; comienzo de parada, centro y final de la misma, teniendo en cuenta el sentido en el que viajan los carros para la designación de la misma.

Def. 1, 2 y 3, corresponde a la deformación en mm de las lecturas 1, 2 y 3, respectivamente.

**Tabla 6.** Medida de Deformaciones Carril Oriental

<b>MEDIDA DE DEFORMACIONES</b>							
<b>SECTOR LA VIRGEN - QUEBRADA SECA CARRIL ORIENTAL (SENTIDO SUR-NORTE)</b>							
<b>Parada</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Lectura 1</b>	<b>Lectura 2</b>	<b>Lectura 3</b>	<b>Def. 1 (mm)</b>	<b>Def. 2 (mm)</b>	<b>Def. 3 (mm)</b>
ENTRE CALLE 4 y 5	1	10	1	0	0.25	0.03	0.00
	2	37	1	0	0.94	0.03	0.00
	3	1	0	0	0.03	0.00	0.00
ENTRE CALLE 9 y 9A	1	50	3	2	1.27	0.08	0.05
	2	46	7	1	1.17	0.18	0.03
	3	13	35	13	0.33	0.89	0.33
ENTRE CALLE 15 y 16	1	0	1	2	0.00	0.03	0.05
	2	0	7	2	0.00	0.18	0.05
	3	1	45	2	0.03	1.14	0.05
ENTRE CALLE 21 y 22	1	29	76	50	0.74	1.93	1.27
	2	75	105	55	1.91	2.67	1.40
	3	73	105	65	1.85	2.67	1.65

**Tabla 7. Medida de Deformaciones Carril Occidental**

<b>MEDIDA DE DEFORMACIONES</b>							
<b>SECTOR LA VIRGEN - QUEBRADA SECA CARRIL OCCIDENTAL (SENTIDO NORTE-SUR)</b>							
<b>Parada</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Lectura 1</b>	<b>Lectura 2</b>	<b>Lectura 3</b>	<b>Def. 1 (mm)</b>	<b>Def. 2 (mm)</b>	<b>Def. 3 (mm)</b>
ENTRE CALLE 4 y 5	1	11	3	1	0.28	0.08	0.03
	2	22	4	1	0.56	0.10	0.03
	3	0	41	2	0.00	1.04	0.05
CALLE 11	1	45	6	2	1.14	0.15	0.05
	2	29	103	1	0.74	2.62	0.03
	3	90	100	54	2.29	2.54	1.37
ENTRE CALLE 17 y 18	1	1	1	1	0.03	0.03	0.03
	2	95	40	1	2.41	1.02	0.03
	3	13	15	10	0.33	0.38	0.25
ENTRE CALLE 21 y 22	1	45	3	5	1.14	0.08	0.13
	2	23	8	1	0.58	0.20	0.03
	3	8	5	1	0.20	0.13	0.03

## **4. SISTEMATIZACION DE LA INFORMACION**

En esta fase del proyecto SIG METROLINEA se pretende integrar, depurar, y generalizar la información previamente consultada para la conformación de cartografía ligada a una base de datos geo-referenciada.

### **4.1. EL TRABAJO EN PLANOS DIGITALES**

Para un mejor rendimiento, y con el ánimo de ser más eficaces, es de vital importancia trabajar con herramientas informáticas; además de que el resultado final del proyecto SIG es un formato digital. Por todo esto, se hace necesario consignar toda la información recolectada de forma convencional a un formato de fácil acceso, manejo y visualización, pero sobre todo, de fácil actualización de los datos recolectados, que con el transcurso del tiempo sufran algún tipo de modificación.

Una vez se determina la información más relevante para la construcción del SIG, en este caso los parámetros contemplados en los diseños de infraestructura de pavimento de los corredores viales (No ejes equivalentes, valores de CBR, deflexiones, entre otros), se realiza la digitalización y organización de la misma en bases de datos de Microsoft Excel, además de su representación grafica realizada en el software Autocad Map 2004, que permite su eficiencia gracias a las opciones de edición presentes en la herramienta Map del software.

Estas opciones de edición son las que permiten realizar las topologías al plano y poderlas exportar como archivos \*.shp, los cuales son los nativos de la aplicación Arc View y se les denomina archivos encadenados ya que siempre vienen acompañados de otros dos archivos con el mismo nombre pero diferente extensión (.shx y .dbf).

- \*.shp → Datos espaciales – geometría
- \*.dbf → Tabla de atributos
- \*.shx → Índice de los datos espaciales

Para modelar digitalmente los planos, se utilizaron tres tipos de objetos espaciales: El punto, la línea y el polígono.

#### **4.1.1. Puntos**

Normalmente un nodo es un punto que representa una entidad geográfica demasiado pequeña para ser representada como una línea o como una superficie; este tipo de elemento es una abstracción de un objeto de cero dimensiones y se representa por un par de coordenadas X, Y. En este proyecto fueron de gran utilidad para representar Apiques hechos en diferentes sectores puntuales del corredor vial.

#### **4.1.2. Líneas**

Se representan por una sucesión de puntos donde el ancho del elemento lineal es despreciable respecto a la magnitud de su longitud. Nuestro proyecto utiliza la topología de líneas no para vincular información a las mismas sino para darle una mejor representación gráfica al plano, ya que se utilizaron para introducir a Arc View el perímetro, manzanas y lotes del proyecto, simplemente con el fin de visualizar mejor cada sector vial.

#### **4.1.3. Polígonos**

El polígono es una entidad utilizada para representar superficies. Un polígono se define por las líneas que forman su contorno cerrado y por un centroíde que lo identifica. Los polígonos tienen atributos que describen al elemento geográfico que representan tales como: identificador, área, perímetro y enlaces. Las topologías de

polígonos almacenan la información concerniente a la ubicación geométrica de los polígonos tales como son la vecindad, contigüidad, proximidad y contención.

En este proyecto la representación de polígonos se le confirió a los trazados viales que tenían tratamientos diferentes, desde aquellos muy evidentes como la diferencia entre losas de concreto y de asfalto hasta aquellas en donde su diferencia solo se refleja en unos cm de espesor.

#### **4.2. LIMPIEZA DIGITAL**

“Antes de realizar la creación de topologías, se debe verificar que los polígonos, redes o puntos se encuentren dibujados perfectamente. Esto implica, tener polígonos perfectamente cerrados (con área), redes conectadas perfectamente es sus nodos, y puntos dibujados como tales en el programa CAD (los objetos con área no pueden ser puntos)”<sup>5</sup>.

Los errores presentes en puntos se generan básicamente por la repetición de dos o más de éstos en un mismo punto, en cambio, para las líneas independientes o para los polígonos formados por un conjunto de éstas, se pueden encontrar los errores siguientes.

Los errores que se analizan dependen de la tolerancia especificada y son:

- Objetos duplicados: “Ubica los objetos que comparten el mismo inicio y final de puntos, así como todos los demás puntos dentro de la tolerancia a distancia y elimina uno de los objetos”<sup>6</sup>.

---

<sup>5</sup> Tesis de grado, Pérez solano Holguer, LEVANTAMIENTO Y GEOREFERENCIACIÓN DE NODOS, REDES Y POLÍGONOS PERTENECIENTES AL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER PARA SU IMPLEMENTACIÓN EN EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SIG-UIS.

<sup>6</sup> Tomado de AutoCAD map 2006 help manual, AUTODESK®

- Elementos cortos: Localiza cualquier objeto con una longitud menor que la especificada por la tolerancia y lo elimina. Remueve tanto objetos aislados como objetos que hacen parte de una polilínea.
- Cortes en intersecciones: localiza objetos que cruzan entre si y no tienen nodo alguno en la intersección, separando los elementos cruzados y creando un nodo.
- Extensión de elementos insuficientes: Localiza los elementos que tengan nodos separados de elementos del dibujo por una distancia menor a la tolerancia establecida y procede a alargar este elemento hasta el otro, si no existe un nodo en el sitio de llegada el proceso genera un nodo nuevo.
- Unión de nodos cercanos: Corrige múltiples nodos cercanos creando uno solo.
- Disolución de pseudo-nodos: Esta opción localiza cualquier nodo compartido por solo dos objetos, disolviendo el nodo y uniendo los objetos.

Para la correcta utilización de estos comandos es de suma importancia conocer el significado de tolerancia. La tolerancia es la distancia en todas direcciones desde un objeto, hasta donde el comando de limpieza busca el problema. Es una franja alrededor de la línea (o punto), que define un área donde el error se presenta.

Por ejemplo, al detectar un problema por elementos duplicados, el comando traza dos líneas paralelas a uno y otro lado del objeto en cuestión con distancia igual a la tolerancia, y lo intersecta con un círculo de radio igual a la tolerancia en los nodos de las líneas. Si el otro objeto se encuentra dentro del área de tolerancia se considera que el elemento es duplicado y se elimina.

La limpieza puede borrar o modificar de una manera indeseada elementos del dibujo causando errores graves por modificar la información verdadera de los objetos georeferenciados. Por tal motivo, es importante definir cuál es la tolerancia que se

admite, asumiendo un valor menor al error máximo admisible para la escala de manejo del plano y ajustándola específicamente para cada tipo de herramienta.

### **4.3. TOPOLOGIAS**

La cartografía que ha sido recopilada a través de planos digitales, contiene la información geométrica necesaria para representar fielmente las dimensiones actuales de los corredores viales por los que circularán los buses del Metrolinea y demás tráfico mixto. Sin embargo, para el SIG-Pavimentos Metrolinea esta cartografía debe ser simplificada de tal manera que se conserve únicamente la información que será objeto de estudio.

El proceso de simplificación se lleva a cabo con la creación de topologías, las cuales cumplen una serie de requisitos que finalmente se identifican en elementos como puntos, líneas y polígonos, que comparten una geometría en el espacio del mapa.

#### **4.3.1. Tipos de Topología**

La topología simplificada al alcance de este trabajo se identifica en:

- ***Topología de puntos:***

Representa los Apiques (Designación que se le dio a un punto al cual se le realizó un estudio geotécnico). Este elemento fue el más apropiado ya que cada apique necesitaba solo de una abscisa y el tipo de carril para poder establecer su ubicación en el plano. Su correspondiente topología puede identificarse como Apiques en el Software e identifica cada uno de los ensayos realizados en la etapa previa al diseño.

- ***Topología de líneas:***

Además de representar las manzanas y lotes del mapa que no tienen otro fin, más que darle una mejor visualización gráfica a la cartografía, simbolizan tanto las deflexiones halladas y mostradas gráficamente, como el inventario de daños de las estructuras a reformar. Aunque los daños son calculados en su mayoría por metros cuadrado de afectación de vía, los identificamos por medio de esta topología de líneas con el fin de no extender su estudio ya que muchos tipos de daños se pueden identificar en una misma área que podría generar información gráficamente confusa y sin la mayor relevancia necesaria.

El nombre que recibieron estas topologías son: Lotes y Manzanas, deflexiones y daños (representadas en la misma topología).

- ***Topología de Polígonos***

Llamada en el programa como Pavimentos Diseñados y Pavimentos Implementados; son unas series de polígonos que representan cada uno de los tratamientos sugeridos y aplicados a las estructuras de pavimentos a lo largo de todo el corredor vial, tanto en su etapa previa de diseño, como en el momento de su construcción. Cada polígono de estos se encuentra Georeferenciado a una misma base de datos, en la cual se puede encontrar las características básicas de diseño mencionadas en el capítulo 2 referente a la documentación institucional.

Cabe resaltar que la creación de la topología realiza una duplicación automática de polilíneas que pertenecen a dos polígonos diferentes, lo que hace la eficiencia en el proceso de identificación.

Con la superposición de topologías se pueden realizar análisis más complejos, puesto que permiten combinar las distintas capas de información para efectuar cualquier tipo de consulta para el que haya sido diseñado el programa, y por ende, calcularle la mayor cantidad de atributos a un solo elemento, generándole un valor agregado a las consultas aisladas.

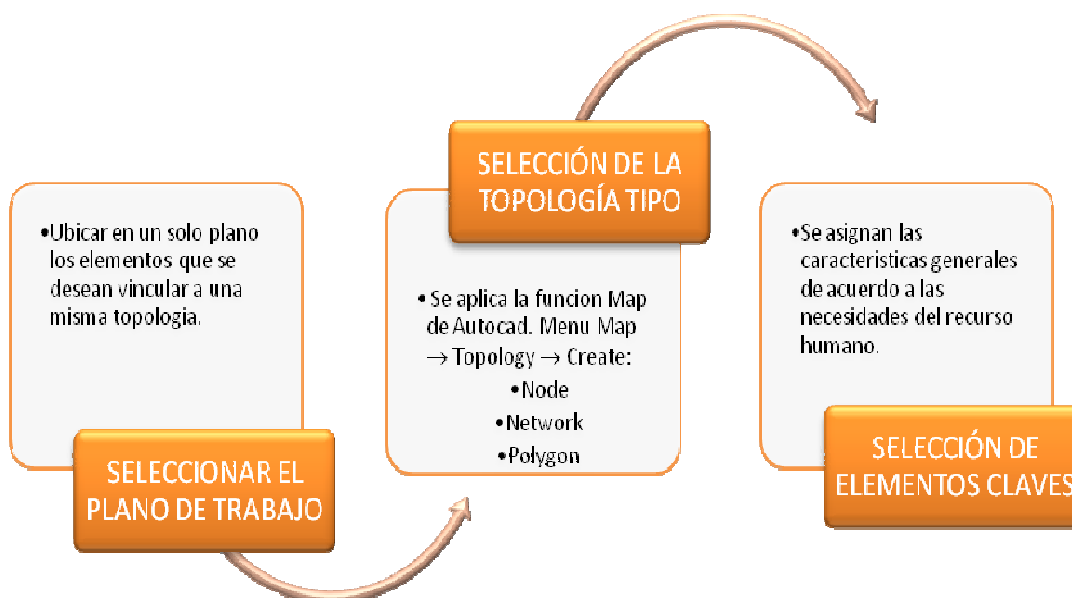
**NOTA:** Debido a que el proyecto Metrolinea aún se encuentra en construcción, la topología de Pavimentos Implementados se ve limitada a la representación grafica de solo uno de los tramos (Puerta del Sol – Puente Provenza), en consecuencia a la falta de reportes generados por la interventoría del proyecto a la Empresa Metrolinea, ente facilitador de esta información.

#### 4.3.2. Procedimiento para la creación de una topología

La elaboración de topologías es la misma sin importar que tipo de elementos se quieran representar en el mapa, salvo algunos pequeños detalles que las líneas y polígonos tienen adicional a los puntos; por ello se decide describir detalladamente la realización de la topología de polígonos.

Una vez realizada la limpieza digital, para asegurar que los polígonos se encuentran sin error alguno se procede a la creación directa de la topología.

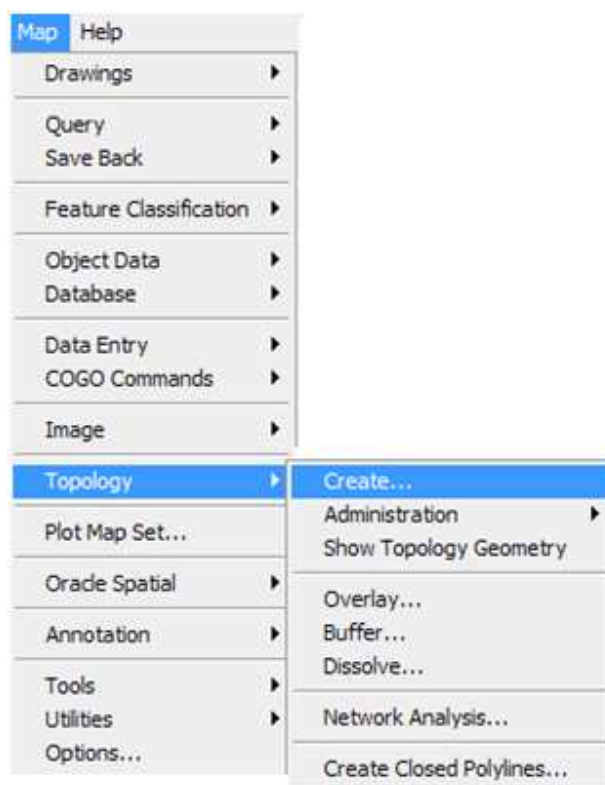
**Figura 8.** Proceso de Creación de Topologías



- **Selección del plano de trabajo:** Se selecciona el área de trabajo con todos los elementos que se quieren representar en una misma topología sin importar que estos elementos se encuentren atribuidos a diversas capas.
- **Selección de la topología tipo:** Con la herramienta Map presente en Autocad Map 2004 es posible realizar la topología y exportación de la misma al software Arc View GIS 3.1.

Siguiendo la aplicación **Map** → **Topology** → **Create** se define, que la topología interesada a trabajar, es la referente a polígonos y quedara lista para establecer sus características.

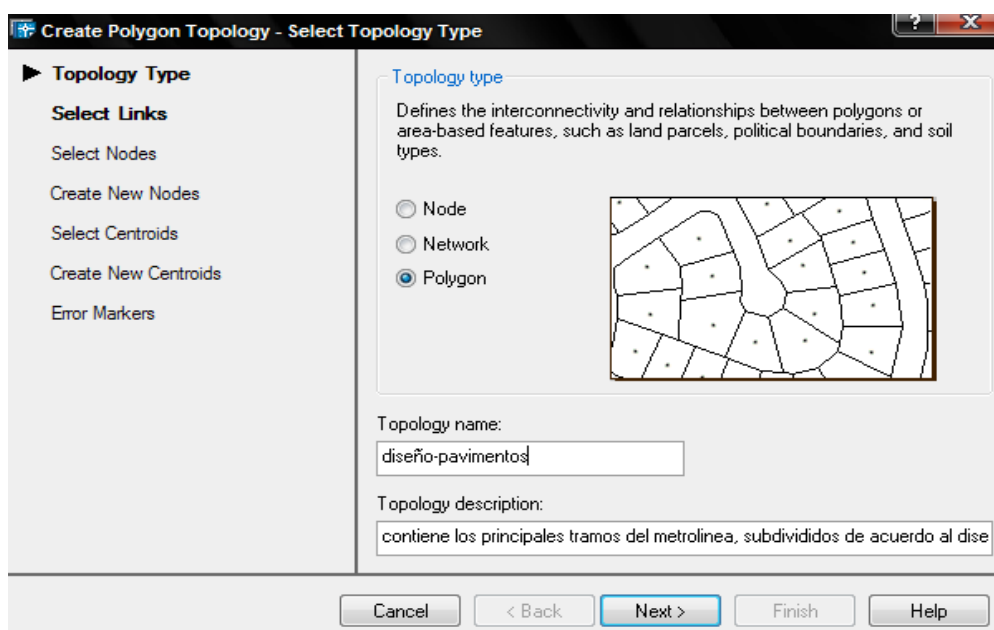
**Figura 9.** Herramienta Map para la creación de Topologías



- **Selección de elementos claves:** Elegida la Topología de polígonos o cualquiera que se quiera emplear, se realiza el proceso de selección de los

elementos que conformaran la misma, en forma automática o manual. Además, se podrán asignar características que posteriormente serán de gran utilidad como es el caso de la creación de centroides, indispensables para la asignación de atributos a los elementos tipo polígono.

**Figura 10.** Menú emergente para la selección tipo de topología



#### 4.4. ASIGNACION DE ATRIBUTOS

Para poder asignar atributos a los puntos, líneas y polígonos es necesario definir primero cuales son las etiquetas que se van a agregar a los elementos, lo cual consiste básicamente en la creación de una tabla en la que se definen sus campos, el tipo de datos (entero, carácter, punto, real), y de forma opcional un valor para cada campo.

El procedimiento se lleva a cabo con la aplicación del menú **Map** → **Object data** → **Define Object Data** donde se despliega el cuadro de dialogo para tal fin, (Ver figura 11).

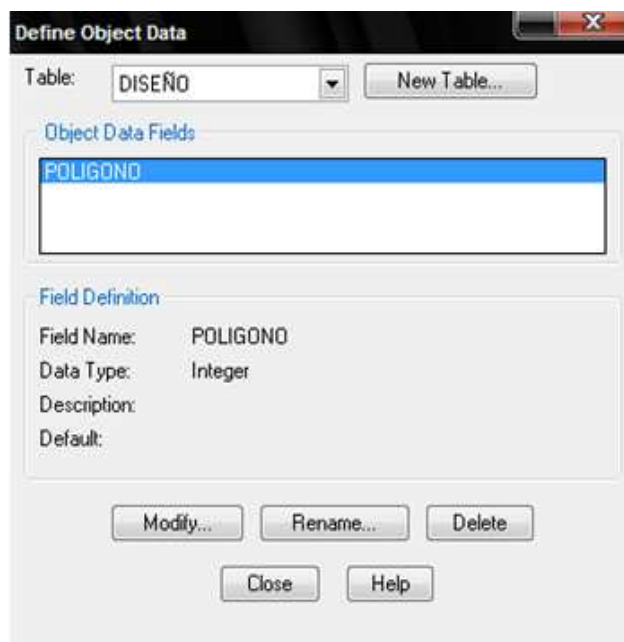
El proyecto SIG Pavimentos Metrolinea genero tres (3) bases de datos con la ayuda de esta herramienta (una para cada topología), las cuales se sintetizan en la asignación de un identificador (numero atribuido a cada elemento de una misma topología), para su fácil ubicación dentro de un contexto grafico.

Para la topología, Pavimentos diseñados, se asigno a cada polígono un numero secuento desde 1 a 337 en los campos definidos para tal fin; siendo este último número la cantidad de polígonos resultantes en dicha topología. El mismo procedimiento se repite para las topologías, Pavimentos instalados y Apiques.

**Tabla 8.** Número de Elementos presentes en cada Topología

TOPOLOGIA	TABLA	CAMPO	VALOR
Pavimentos Diseñados	Diseño	Polígono	1 - 337
Pavimentos Implementados	Construcción	Polígono	1 - 88
Apiques	Apiques	Apique	1 - 195

**Figura 11.** Cuadro para definir atributos de los elementos

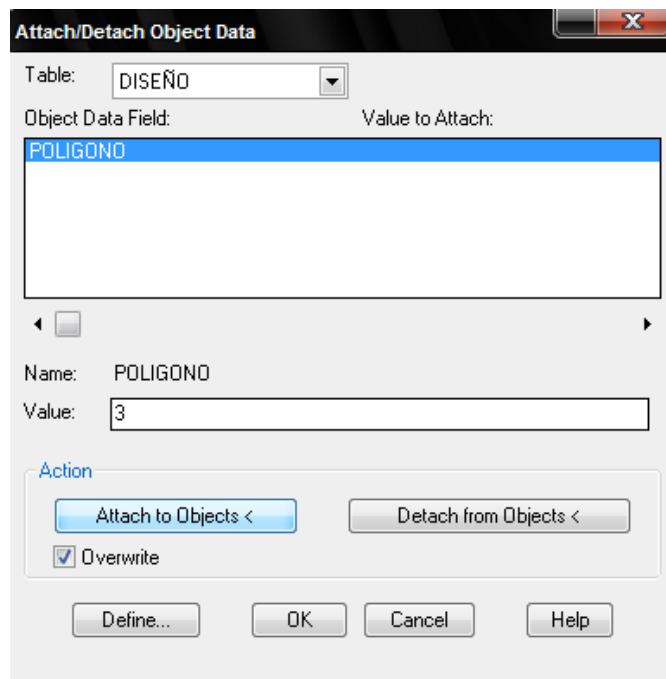


En el menú **Map** → **Object data** → **Attach/Detach Object Data**, se abre un cuadro de diálogo (ver figura 7), por medio del cual se asigna a cada elemento sus respectivas propiedades haciendo *click* sobre el botón *Attach to objects*. Estas propiedades también son exportables a un Shape, de la misma forma que se hace con los demás elementos.

Cuando seleccionamos el attach Object Data, seleccionamos en la pestaña superior de la tabla la propiedad a la que queremos conferirle un valor o descripción y después de ello, seleccionamos el elemento al que queremos atribuirle una propiedad, en caso de ser un polígono, se le asigna su valor al centroíde creado en la topología.

En la figura 15 Se observa el nombre de la tabla creada (Diseño) y los parámetros que se encuentran dentro de ella (polígono), es a este ultimo el que se le asigna el valor o nombre (en el campo value), para que diferencie el elemento de los demás presentes en la topología.

**Figura 12.** Cuadro para asignar atributos a los elementos

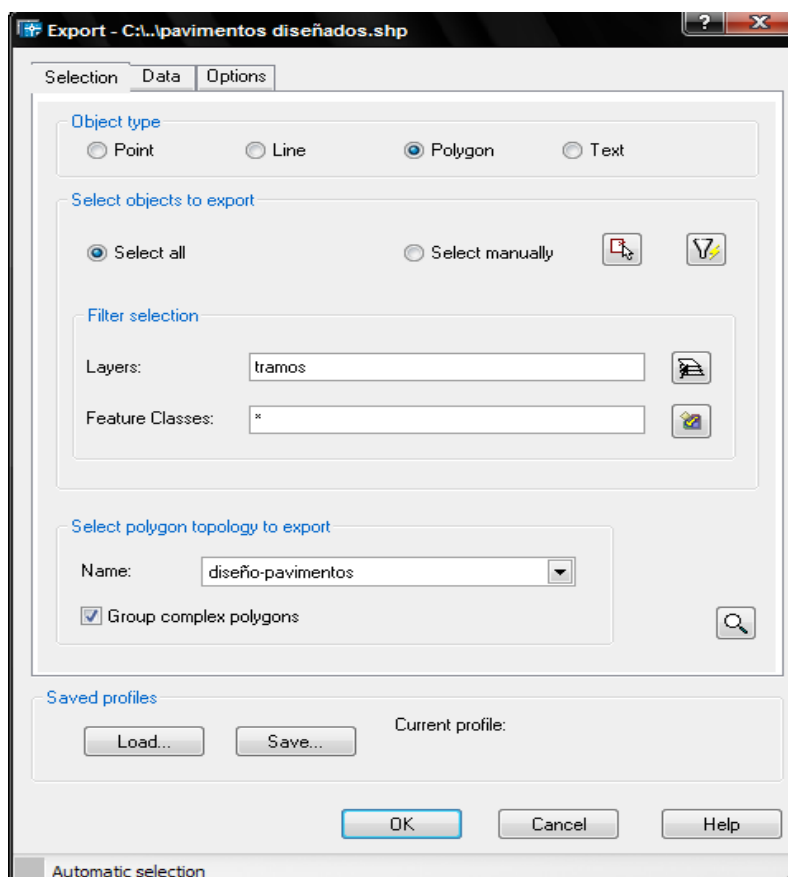


#### 4.5. EXPORTACION DE LA INFORMACION

En el menú **Map** → **Tools** → **Export** se lleva a cabo la exportación de cada topología a un formato *Shape*, del cual se puede extraer la información procesada en AutoCad Map para alimentar las bases de datos en Arc View. Este procedimiento debe realizarse para cada topología que quiera vincularse al programa en referencia.

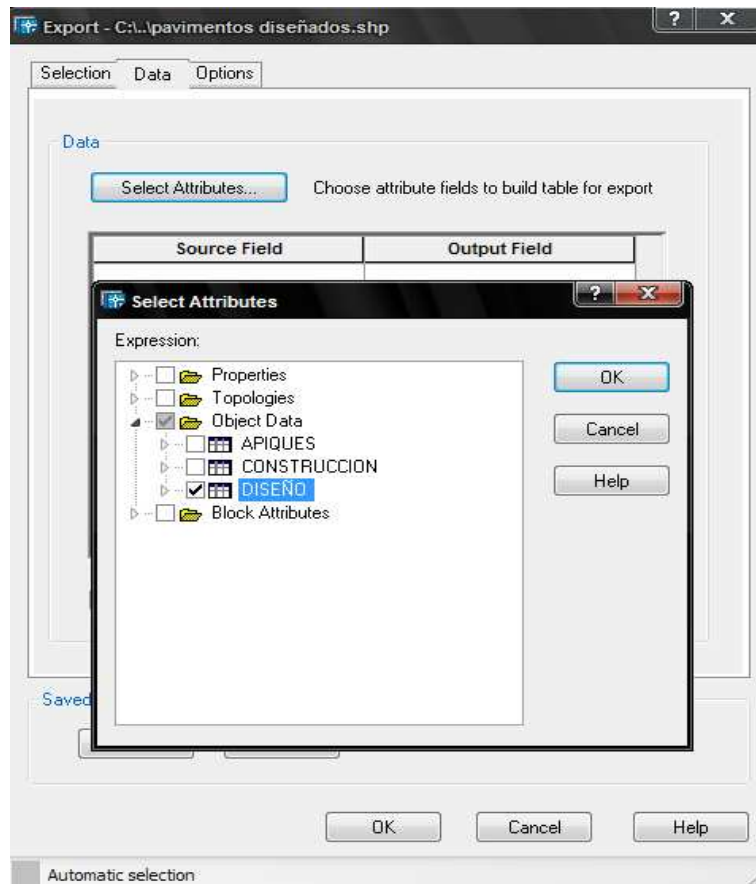
En la pestaña *Selection* se escoge *Point*, *Line* o *Polygon* en el tipo de objeto. De igual forma, se elige el layer o los layers en los que se encuentran la serie de elementos, aunque esta escogencia puede realizarse también manualmente con la opción *Select Manually*.

**Figura 13.** Selección del tipo de topología a exportar



Para adicionar los datos identificadores de cada uno de los elementos, en la pestaña *Data*, se escogen los atributos que se quieren exportar a Arc View, esto se realiza activando el nombre de la tabla que se creó en el cuadro de dialogo Data, y se podrán consultar, mediante la selección de cualquier elemento desde Arc View.

**Figura 14.** Selección de atributos a exportar



#### 4.6. ELABORACION DE LAS BASES DE DATOS

Una vez exportados la topología junto con los números de identificación para cada uno de los elementos, a través de la herramienta Export- Data, se genera en Arc View una tabla de datos cuyo campo o columna es llamada Polígono y contiene el número asignado a cada elemento.

Realizada esta operación, Se desarrolla en Microsoft Excel la base de datos completa, que finalmente se unirá a la tabla exportada desde Autocad Map en Arc Vlew, mediante la utilización de una columna común; en este caso, la asignada para la identificación numérica de cada elemento.

El procedimiento para la unión de las bases de datos es el siguiente:

- Abrir la “tabla A” (tabla origen o de Excel) y seleccionamos el campo del identificador que servirá de nexo.
- Abrir la “tabla B” (tabla destino o de Arc View) y seleccionamos el campo del identificador que servirá de nexo.
- Pulsamos sobre el botón **Join** (*Relacionar*). Todos los campos se adjuntan a la tabla de atributos del tema.

**NOTA:** Esta condición (join) debe realizarse en la interfaz de Arc View, ya que así se alimentan las respectivas bases de datos del software.

## **5. DESARROLLO DEL SIG-PAVIMENTOS METROLINEA**

Antes de llegar a explicar las herramientas de búsqueda del SIG y las múltiples aplicaciones que hacen parte del mismo, como la comparación de Diseños de una estructura con lo que finalmente se construye, se hace necesario mencionar los atributos que podemos encontrar en cada tabla, para así, obtener una mejor manipulación de las mismas.

### **5.1. DEFINICION DE ATRIBUTOS**

Debido a la limitada utilización de caracteres que presenta Arc View para la definición de atributos en sus bases de datos (máximo 10 caracteres), se hace necesario emplear una abreviatura que referencie cada propiedad presente en el elemento. A continuación, se presenta la Abreviatura adoptada para cada tabla presente en el programa, el nombre completo de su abreviación, y una descripción del atributo.

#### **5.1.1. Atributos de la topología Pavimentos Diseñados.**

Después de una larga recopilación de datos y del análisis de los parámetros más destacados en el diseño de una estructura de pavimento, se adopta la siguiente base de datos, atendiendo a que el programa facilite mayor cantidad de búsquedas al menor tiempo posible.

**Tabla 9.** Atributos de la topología Pavimentos Diseñados

<b>ABREVIATURA</b>	<b>SIGNIFICADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Sector	Sector	Define las clases de corredores viales. Ejemplo: <b>Troncal Diagonal 15.</b>
Tramo	Tramo	Indica la división de los corredores según sus límites de intervención. Ejemplo: <b>Calle 45 - Pta Sol</b>
Carril	Carril	Se determinan de acuerdo a la circulación del tráfico (solo bus, tráfico mixto). Ejemplo: <b>Mixto oriental.</b>
Abscisa_i	Abscisa inicial	Punto en el cual se define el inicio de un carril. Ejemplo: <b>K1 + 175.7</b>
Abscisa_f	Abscisa final	Punto en el cual se define el final de un carril. Ejemplo: <b>K1 + 251.5</b>
Ejes_equi.	Ejes Equivalentes	Indica el Número de ejes equivalentes para el cual fue diseñada la estructura. Ejemplo: <b>6935724</b>
Cbr_%	CBR %	Valor medio del CBR escogido para el diseño según los ensayos. Ejemplo: <b>15%</b>
M.r_(mpa)	Modulo resiliente en (MPa)	valor de la capacidad de soporte de la fundación. Ejemplo: <b>80 MPa</b>
Def(1/100)	Deflexión Característica (1/100mm)	Valor de la deflexión característica para cada tramo. Ejemplo: <b>37 mm/100</b>
Pavimento	Pavimento	Depende del carril en cuestión. Ejemplo: <b>Flexible</b>
C.s_(cm)	Capa Superficial (cm)	Espesor de la capa superior de la estructura del pavimento en (cm). Ejemplo: <b>5 cm</b>
Mezcla_c.s	Mezcla Capa	Tipo de mezcla de la capa superior.

	Superficial	Ejemplo: <b>mdc-2</b> (mezcla densa en caliente tipo II).
Desc._c.s	Descripción Capa Superficial	Descripción del tipo de tratamiento de la capa. Ejemplo: <b>Capa asfáltica de mdc-2</b>
C.i_(cm)	Capa Intermedia	Espesor de la capa intermedia de la estructura de pavimento en (cm). Ejemplo: <b>10 cm</b>
Mezcla_c.i	Mezcla Capa Intermedia	Tipo de mezcla de la capa intermedia. Ejemplo: <b>mdc-1</b> (mezcla densa en caliente tipo I).
Desc._c.i	Descripción Capa Intermedia	Descripción del tipo de tratamiento de la capa. Ejemplo: <b>Capa asfáltica de mdc-1</b>
B.g_(cm)	Base Granular (cm)	Indica el espesor de la capa de base granular. Ejemplo: <b>20 cm</b>
Desc._b.g	Descripción Base Granular	Descripción de la base granular en caso de que se requiera el uso de la misma. Ejemplo: <b>Est. nueva de base granular.</b>
S.b.g_(cm)	Subbase Granular (cm)	Indica el espesor de la capa de subbase granular. No se exige espesor alguno para este ejemplo.
Desc._s.b.g	Descripción Subbase Granular (cm)	No se aplica la utilización de esta capa en este ejemplo
Imagen	Imagen	Foto representativa del tramo en formato .dbf
N_carriles	Número de carriles	Determina el número de carriles por polígono. Ejemplo: <b>2</b>

### 5.1.2. Atributos de la topología Pavimentos Implementados

En esta base de datos no se contemplan parámetros como el número de ejes equivalentes, ni valores de CBR, entre muchos otros; ya que estos son características que ciñen el diseño de la estructura, la cual puede estar sujeta a cambios constantemente. Esta observación se puede analizar más detalladamente en el Sub capítulo siguiente de comparación de las estructuras.

**Tabla 10.** Atributos de la topología Pavimentos Instalados

ABREVIATURA	SIGNIFICADO	DESCRIPCIÓN
Sector	Sector	Define las clases de corredores viales. Ejemplo: <b>Troncal Diagonal 15.</b>
Tramo	Tramo	Indica la división de los corredores según sus límites de intervención. Ejemplo: <b>Pta. Sol - Pte. Provenza</b>
Carril	Carril	Se determinan de acuerdo a la circulación del tráfico (solo bus, tráfico mixto). Ejemplo: <b>Solo bus occidental.</b>
Abscisa_i	Abscisa inicial	Punto en el cual se define el inicio de un carril. Ejemplo: <b>K4 + 660.4</b>
Abscisa_f	Abscisa final	Punto en el cual se define el final de un carril. Ejemplo: <b>K4 + 751.5</b>
Pavimento	Pavimento	Depende del carril en cuestión. Ejemplo: <b>rígido.</b>
C.s_(cm)	Capa Superficial (cm)	Espesor de la capa superior de la estructura del pavimento en (cm). Ejemplo: <b>25 cm</b>
Mezcla_c.s	Mezcla Capa Superficial	Tipo de mezcla de la capa superior. Ejemplo: <b>Losa en concreto.</b>

Desc._c.s	Descripción Capa Superficial	Descripción del tipo de tratamiento de la capa. Ejemplo: <b>Losa de concreto de M.R= 4.5 MPa</b>
C.i_(cm)	Capa Intermedia	Espesor de la capa intermedia de la estructura de pavimento en (cm). Ejemplo: <b>5 cm</b>
Mezcla_c.i	Mezcla Capa Intermedia	Tipo de mezcla de la capa intermedia. Ejemplo: <b>mdc-2</b> (mezcla densa en caliente tipo II).
Desc._c.i	Descripción Capa Intermedia	Descripción del tipo de tratamiento de la capa. Ejemplo: <b>Subbase asfáltica de mdc-2</b>
B.g_(cm)	Base Granular (cm)	Indica el espesor de la capa de base granular. Ejemplo: <b>20 cm</b>
Desc._b.g	Descripción Base Granular	Descripción de la base granular en caso de que se requiera el uso de la misma. Ejemplo: <b>Base estabilizada con cemento.</b>
S.b.g_(cm)	Subbase Granular (cm)	Indica el espesor de la capa de subbase granular. No se exige espesor alguno para este ejemplo.
Desc. _s.b.g	Descripción Subbase Granular (cm)	No se aplica la utilización de esta capa en este ejemplo.

### 5.1.3. Atributos de la topología de Apiques

Esta base de datos contiene la información más relevante de los estudios de suelos realizados a los corredores viales, presenta las características de los suelos que soportaran las estructuras de pavimentos a tres profundidades diferentes. Para esta base de datos al igual que las dos anteriores, fue necesario recurrir al uso de Siglas o Abreviaturas que me representaran las propiedades de los elementos. Se recomienda también, tener cuidado en las unidades de trabajo de cada atributo,

para no presentar confusiones en el proceso de búsqueda y comparación de resultados.

**Tabla 11.** Atributos de la topología de Apiques

<b>ABREVIATURA</b>	<b>SIGNIFICADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Sector	Sector	Define las clases de corredores viales. Ejemplo: <b>Ciudadela Real de Minas.</b>
Tramo	Tramo	Indica la división de los corredores según sus límites de intervención. Ejemplo: <b>Carrera 17.</b>
Apique_n	Apique número	Identifica cada apique de acuerdo a la numeración que poseen en los diseños. Ejemplo: <b>2B</b>
Abscisa	Abscisa	Es el punto en el cual fue tomado el apique según el abscisado de cada tramo. Ejemplo: <b>K0 + 250</b>
H1_(cm)	Altura Capa 1 (cm)	Espesor de la capa superior de la estructura del pavimento de la vía aun existente o antigua en (m). Ejemplo: <b>0.2 m</b>
desc._H1	Descripción Altura Capa 1	Tipo de material encontrado. Ejemplo: <b>Capa asfáltica</b>
H2_(cm)	Altura Capa 2 (cm)	Espesor de la capa intermedia de la estructura del pavimento de la vía aun existente o antigua en (m). Ejemplo: <b>0.1 m</b>
desc._H2	Descripción Altura Capa 2	Tipo de material encontrado. Ejemplo: <b>Material Granular</b>
U.S.C.S	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos	Clasificación geotécnica según U.S.C.S. No se determina clasificación para este ejemplo.

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials	Clasificación geotécnica según AASHTO. No se determina clasificación para este ejemplo.
H3_(cm)	Altura Capa 3	Espesor de la capa inferior de la estructura del pavimento de la vía aun existente o antigua en (m). Ejemplo: <b>1.15 m</b>
desc._H3	Descripción Altura capa	Tipo de material encontrado. Ejemplo: <b>Arcilla inorgánica de baja compresibilidad</b>
U.S.C.S	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos	Clasificación geotécnica según U.S.C.S. Ejemplo: <b>CL</b>
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials	Clasificación geotécnica según AASHTO. No se determina clasificación para este ejemplo.
Cbr_%	CBR %	Resultado del ensayo de CBR % para cada apique. Ejemplo: <b>11%</b>
L.L_(%)	Limite Liquido (%)	Resultado de la estimación del Limite Liquido. Ejemplo: <b>45%</b>
L.p_(%)	Limite Plástico (%)	Resultado de la estimación del Límite plástico. Ejemplo: <b>30%</b>

## 5.2. HERRAMIENTAS DEL PROGRAMA ARC VIEW GIS 3.1

El software tiene ciertas herramientas de gran utilidad para el recurso humano, algunas que mejoran la visualización y presentación del área grafica, otras para realizar búsquedas complejas en tiempo record, y unas que ayudan a retroalimentar el sistema de varias maneras, entre muchas otras. En este capítulo se quiere mostrar dos de ellas que fueron de mucha utilidad a lo largo del proyecto y que permiten darle una ambiente grafico mas interactivo al SIG-Pavimentos Metrolinea.

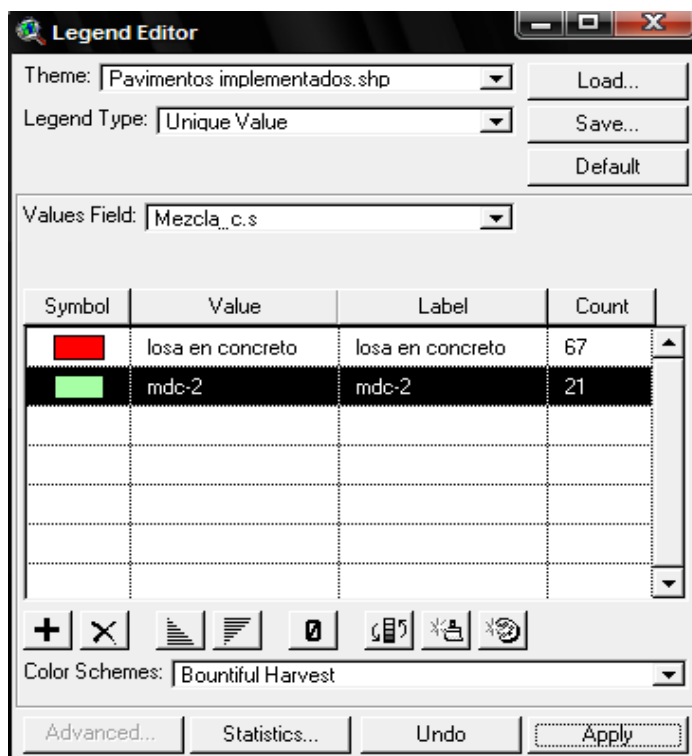
### 5.2.1. Herramientas de Representación Cartográfica

Esta herramienta que mejora la representación cartográfica es de gran utilidad cuando se desean agrupar datos que permitan establecer zonas de comportamiento de las variables utilizadas.

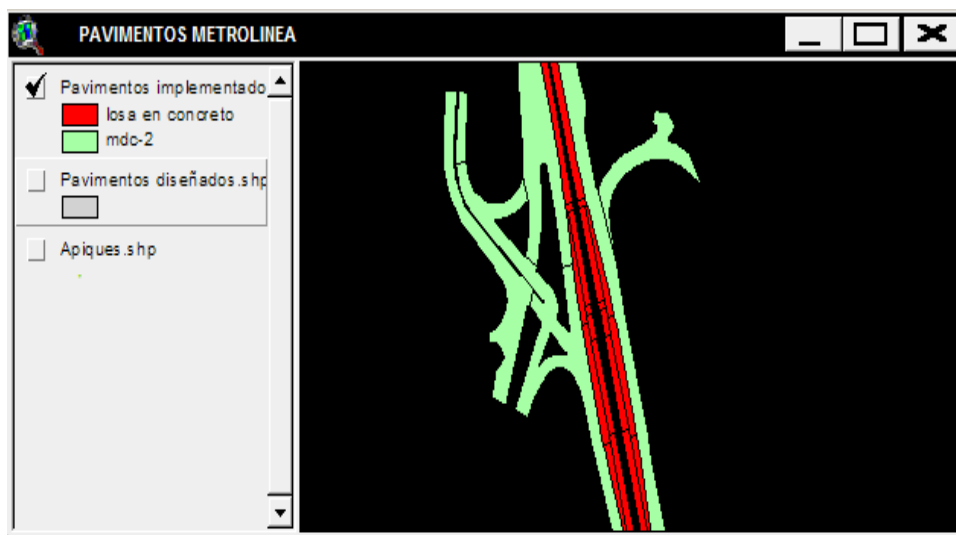
Una de las representaciones que se pueden llevar a cabo dentro de este proyecto, es para diferenciar los componentes de la capa superficial de la estructura de pavimentos implementados, así:

Al activar un tema, y dar click sobre el editor de leyenda, se despliega la ventana donde se permite elegir entre las distintas formas de representación; para tal caso, al tema de Pavimentos Implementados, se le selecciona la leyenda **Valor único** y se escoge el campo llamado **Mezcla\_c.s** (mezcla capa superficial), para representar cada registro con un color exclusivo.

**Figura 15.** Formas de Representación de los Elementos




**Figura 16.** Representación Grafica de los elementos



### 5.2.2. Localización con una Operación de Consulta

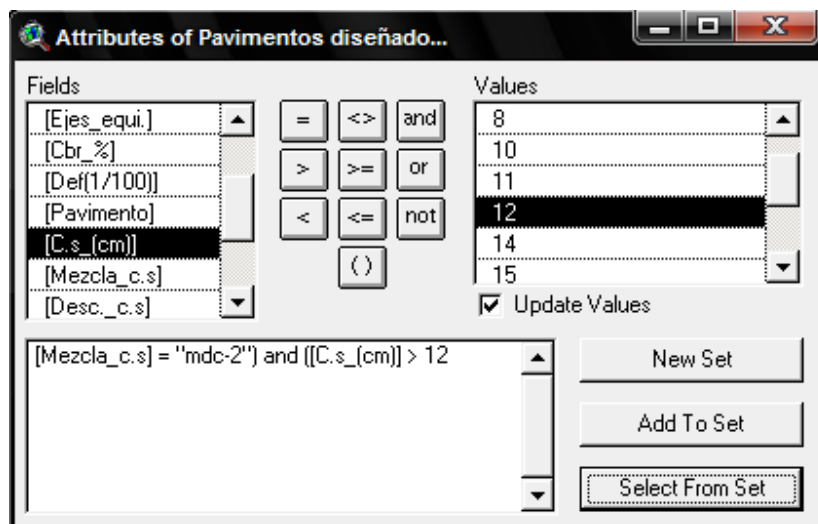
Con la operación de consulta es posible definir de forma precisa lo que se desea seleccionar, incluyendo varios atributos, operadores y cálculos. La consultas son realizadas mediante operadores lógicos, tales como “mayor que”, “menor que”, “distinto a”, etc.

- Las consultas pueden realizarse en el cuadro de dialogo que emerge de oprimir el botón **Query Builder** 
- Se escribe la operación matemática que se requiera, esta puede estar compuesta por dos o más preguntas.

Un ejemplo aplicado al SIG-Pavimentos METROLINEA es el siguiente:

Se desea distinguir los tramos que están compuestos por el tipo de mezcla mdc-2 en su capa superficial y tengan un espesor mayor de 12 cm. Según la abreviatura de los campos de atributos utilizados en las bases de datos se obtiene la condición:


**Figura 17.** Herramienta de Consulta alfanumérica



- Pulsar sobre *New Set* y ArcView ejecutará la consulta, mostrando resaltados los elementos que cumplen las dos condiciones, tanto gráficamente como en la tabla. A la izquierda de la barra de herramientas de la tabla de atributos se recoge el número de registros que cumplen la condición de búsqueda.

**Figura 18.** Selección producida por la Búsqueda

<i>Ejes_equi</i>	<i>Cbr_%</i>	<i>Def(1/100)</i>	<i>Pavimento</i>	<i>C.s_(cm)</i>	<i>Mezcla_c.s</i>	<i>Desc_c.s</i>	<i>C.I.</i>
14919542	7	44	flexible	18	mdc-2	est. nueva de mdc-2 con asfalt	
14919542	7	44	flexible	10	mdc-2	sobrecarpeta de mdc-2 con asf	
14919542	7	59	flexible	18	mdc-2	est. nueva de mdc-2 con asfalt	
14919542	7	59	flexible	10	mdc-2	sobrecarpeta de mdc-2 con asf	
14919542	7	83	flexible	10	mdc-2	sobrecarpeta de mdc-2 con asf	
14919542	7	83	flexible	18	mdc-2	est. nueva de mdc-2 con asfalt	
14919542	7	83	flexible	10	mdc-2	sobrecarpeta de mdc-2 con asf	
14919542	7	83	flexible	18	mdc-2	est. nueva de mdc-2 con asfalt	
7500000	7	44	rigido	25	Losa en concret	losa de concreto de M.R=4.5 N	
7500000	7	83	rigido	25	Losa en concret	losa de concreto de M.R=4.5 N	
7500000	7	83	rigido	25	Losa en concret	losa de concreto de M.R=4.5 N	
7500000	7	59	rigido	25	Losa en concret	losa de concreto de M.R=4.5 N	
12276442	12	59	flexible	18	mdc-2	est. nueva de mdc-2 con asfalt	

Esta selección puede ser llevada a la cabeza de la lista por medio de la opción **promote**,  con el fin de analizar rápidamente los datos de interés.

### 5.2.3. Análisis de datos y comparación de los mismos

Como la idea general del SIG Pavimentos Metrolinea es realizar un seguimiento a las estructuras de pavimento, la mejor manera es enfrentando sus espesores y tipos de capas diseñadas y construidas para un mismo sector, a partir de las herramientas básicas del software.

El procedimiento a seguir se rige a partir de la información cartográfica obtenida para los pavimentos implementados, analizándose el tramo Puerta del Sol – Puente Provenza del Sector Troncal Diagonal 15.

Para iniciar, se debe aclarar que en los atributos asignados en la base de datos de pavimentos diseñados no se identificaron de manera individual abscisados que describan capas superficiales de losa de concreto reforzada, esto con el fin de no extender las bases de datos ya que estos elementos presentan los mismos espesores y componentes de capas granulares. Por consiguiente, se establecen distancias más extensas con características homogéneas de las estructuras.

De la ventana de proyecto, se seleccionan las topologías de trabajo y de la misma manera se despliegan las respectivas bases de datos ubicándolas en la ventana de trabajo para realizar la comparación.

A partir de la selección de uno de los abscisados (Abscisa\_i – Abscisa\_f) de la tabla de atributos de Pavimentos Diseñados, se realizan las consultas en la tabla de atributos de Pavimentos Implementados.

$$\text{Abscisa } i = K2 + 648.5$$

$$\text{Abscisa } f = K3 + 480.9$$

Posteriormente se selecciona la tabla en la cual se desea hallar resultados (Pavimentos Implementados) y se emplea la herramienta **Query Builder** para realizar búsquedas según condiciones de los campos numéricos o de texto, basados en la ayuda de los operadores matemáticos y booleanos.

La primer búsqueda que se realiza se resalta de la tabla cuando se da click al botón **New Set**; y las demás operaciones realizadas se seleccionan de las anteriores una a una, dependiendo del tipo de condición (**Select From Set**).

**Figura 19.** Base de datos Pavimentos Diseñados, Tramo de Análisis

Sector	Tramo	Carril	Abscisa_i?	Abscisa_f?
Troncal diagonal 15	Q. seca - calle 45	Solo bus oriental	K0 + 000	K0 + 424.8
Troncal diagonal 15	Q. seca - calle 45	Solo bus oriental	K0 + 424.8	K0 + 978
Troncal diagonal 15	calle 45 - Pta. sol	Solo bus oriental	K0 + 978	K2 + 429.7
Troncal diagonal 15	Pta. Sol - Pte. Proven	Solo bus oriental	K2 + 429.7	K2 + 648.5
Troncal diagonal 15	Pta. Sol - Pte. Proven	Solo bus oriental	K2 + 648.5	K3 + 480.9
Troncal diagonal 15	Viaducto Garcia Cadena	Solo bus oriental	K3 + 481	K3 + 745
Troncal diagonal 15	Pta. Sol - Pte. Proven	Solo bus oriental	K3 + 744.8	K4 + 500
Troncal diagonal 15	Pta. Sol - Pte. Proven	Solo bus oriental	K4 + 500	K4 + 520
Troncal diagonal 15	Pta. Sol - Pte. Proven	Solo bus oriental	K4 + 520	K4 + 747.02
Troncal diagonal 15	Q. seca - calle 45	Solo bus adelantamiento d	K0 + 000	K0 + 012.8
Troncal diagonal 15	Q. seca - calle 45	Solo bus adelantamiento d	K0 + 012.8	K0 + 424.8
Troncal diagonal 15	Q. seca - calle 45	Solo bus adelantamiento d	K0 + 424.8	K0 + 978
Troncal diagonal 15	calle 45 - Pta. sol	Solo bus oriental	K0 + 978	K1 + 175.7

**Figura 20.** Condiciones de búsqueda y Análisis

Attributes of Pavimentos implementados.shp

Fields: [Poligono], [Sector], [Tramo], [Carril], [Abscisa\_i?], [Abscisa\_f?], [Pavimento]

Operators: =, <>, and, >, >=, or, <, <=, not, ()

Values: "", "K2 + 433.5", "K2 + 682", "K2 + 971", "K2 + 974.8", "K2 + 976.7"

Update Values

Query: ([Carril] = "Solo bus oriental") and ([Abscisa\_i?] > "K2 + 648.5") and ([Abscisa\_f?] < "K3 + 480.9")

Buttons: New Set, Add To Set, Select From Set

**Figura 21.** Selección de Resultados, Base de Datos Pavimentos Implementados

Sector	Tramo	Carril	Abscisa i?	Abscisa f?	f
Troncal diagonal 15	Pta. sol - pte. Provenza	Solo bus oriental	K2 + 429.7	K2 + 433.5	▲
Troncal diagonal 15	Pta. sol - pte. Provenza	Solo bus oriental	K2 + 433.5	K2 + 976.7	
Troncal diagonal 15	Pta. sol - pte. Provenza	Solo bus oriental	K2 + 976.7	K2 + 980.5	
Troncal diagonal 15	Pta. sol - pte. Provenza	Solo bus oriental	K2 + 980.5	K3 + 010.8	
Troncal diagonal 15	Pta. sol - pte. Provenza	Solo bus oriental	K3 + 010.8	K3 + 018.4	
Troncal diagonal 15	Pta. sol - pte. Provenza	Solo bus oriental	K3 + 018.4	K3 + 314.8	
Troncal diagonal 15	Pta. sol - pte. Provenza	Solo bus oriental	K3 + 314.8	K3 + 318.6	
Troncal diagonal 15	Pta. sol - pte. Provenza	Solo bus oriental	K3 + 318.6	K3 + 478.2	
Troncal diagonal 15	Pta. sol - pte. Provenza	Solo bus oriental	K3 + 478.2	K3 + 484.1	
Troncal diagonal 15	Viaducto Garcia Cadena	Solo bus oriental	K3 + 484.1	K3 + 745	
Troncal diagonal 15	Pta. sol - pte. Provenza	Solo bus oriental	K3 + 744.8	K3 + 752.4	
Troncal diagonal 15	Pta. sol - pte. Provenza	Solo bus oriental	K3 + 752.4	K3 + 858.8	
Troncal diagonal 15	Pta. sol - pte. Provenza	Solo bus oriental	K3 + 858.8	K3 + 952.5	

De esta manera se logra hacer una comparación, si los campos de análisis se enfocan a los tipos de capas y sus respectivos espesores. Debido a que los campos en las bases de datos son numerosos, simplificamos los resultados en las siguientes tablas, resaltando a simple vista algunas diferencias.

**Tabla 12.** Análisis Comparativo Para un mismo sector

	PAVIMENTOS DISEÑADOS		PAVIMENTOS IMPLEMENTADOS	
<b>Sector</b>	Troncal Diagonal 15		Troncal Diagonal 15	
<b>Tramo</b>	Pta. Sol - Pte. Provenza		Pta. Sol - Pte. Provenza	
<b>Carril</b>	Solo bus oriental		Solo bus oriental	
<b>Abscisa (i-f)</b>	K2 + 648.5	K3 + 480.9	K2 + 976.7 *	K2 + 980.5 *
			K2 + 980.5	K3 + 010.8
			K3 + 010.8 *	K3 + 018.4 *
			K3 + 018.4	K3 + 314.8
			K3 + 314.8 *	K3 + 318.6 *
			K3 + 318.6	K3 + 478.2
<b>Pavimento</b>	Rígido		Rígido	

<b>C.s (cm)</b>	30	25
<b>Mezcla c.s</b>	Losa de concreto	Losa de concreto
<b>Desc. c.s</b>	Losa de concreto de M.R= 4.5 Mpa	Losa de concreto de M.R= 4.5 Mpa
		* Losa de concreto reforzada
<b>c.i (cm)</b>	10	5
<b>Mezcla c.i</b>	mdc-3	mdc-2
<b>Desc. c.i</b>	Subbase asfáltica de mdc-3	Subbase asfáltica de mdc-2
<b>B.g (cm)</b>	N/A	20
<b>Desc. B.g (cm)</b>	N/A	Base estabilizada con cemento
<b>S.b.g (cm)</b>	8	N/A
<b>Desc. S.b.g</b>	Est. nueva de subbase granular	N/A

### 5.3. RETROALIMENTACION DEL SOFTWARE

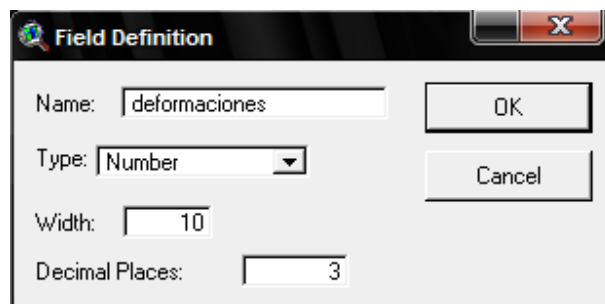
Como el proyecto METROLINEA es una obra que se encuentra aún en construcción y en posible ampliación, es necesario permitir la retroalimentación del software para incluir nuevas modificaciones o especificaciones que se hagan al mismo; además que se debe continuar con el proceso de recolección de diseños de infraestructura, ya que para esta etapa no se obtuvo esta información en su totalidad.

Cabe resaltar que cada elemento (punto, línea o polígono) representado en un tema o cobertura tiene un único registro en la tabla de atributos de dicho tema.

La introducción de datos a las respectivas tablas de atributos se puede realizar ya bien sea desde Microsoft Excel como se ha descrito en situaciones anteriores o directamente desde el despliegue de estas en la interfaz de Arc View de la siguiente manera:

- Activar el tema al cual se le desea editar o complementar su respectiva base de datos y pulsar sobre el botón **tables** (tablas) para el despliegue de las mismas. Se debe tener en cuenta que se cambian los menús y herramientas de la interfaz de Arc View.
- cuando las tablas son muy extensas, se pueden dejar visibles tan solo los campos de edición; opción que se puede asignar en el menú tables → **properties** (propiedades); además se pueden modificar aspectos como el nombre de la tabla y colocar comentarios.
- Los campos de información se pueden crear una vez la tabla se encuentre en estado de edición. La secuencia de comandos se realiza a partir del menú **edit** → **add field** (adicionar campo):

**Figura 22.** Adición de un Campo de Atributos



Este es uno de los campos inconclusos dentro de las tablas de datos, ya que para la obtención total de la información se deben finalizar la construcción del METROLINEA y la aplicación de repeticiones de carga.

### 5.3.1. Insertar Imágenes por medio de la opción Hot Link

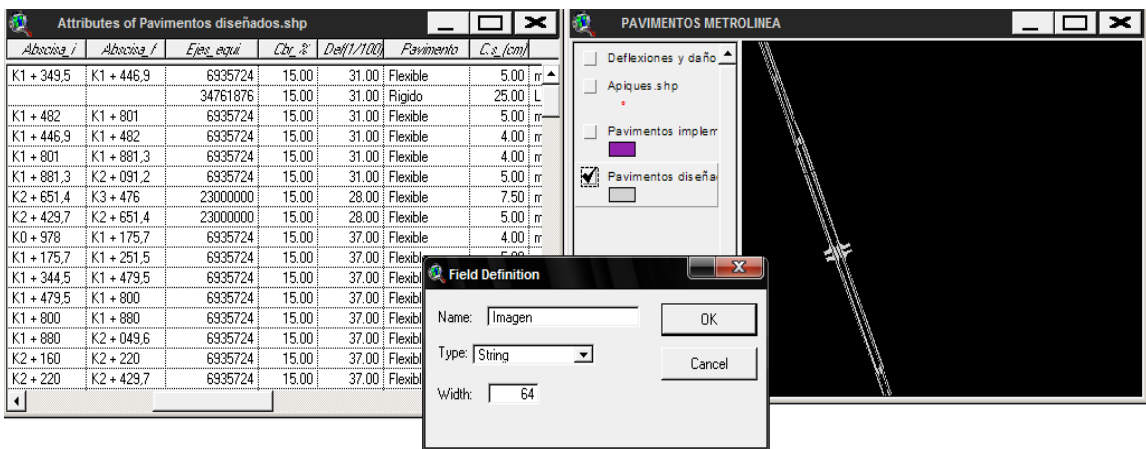
Con el ánimo de generar una mejor interacción gráfica entre el programa y el recurso humano que manipula el software, el programa permite introducir graficas alusivas a cualquier atributo que se quiera destacar. En éste proyecto para

identificar de una mejor manera la mayoría de tramos que hacen parte del proyecto Metrolinea, se utilizaron fotos en formato \*.bmp. que resaltan y permiten diferenciar las clases de pavimentos, flexible o rígido implementado.

La incorporación de estas imágenes al sistema se realiza mediante el siguiente procedimiento:


- \* Se activa la topología sobre la cual queremos vincular las imágenes.
- \* Se activa la Base de datos correspondiente a esa Topología
- \* En el menú Theme ir a Start Editing
- \* En el menú Edit ir a Add Field
- \* En él se colocan las propiedades de cómo se desea llamar el nuevo atributo, en éste caso Imágenes.

**Figura 23.** Adición del Atributo para Representar Imágenes



- \* Se ingresa a cada una de los espacios que genera este nuevo campo y se coloca la dirección exacta en la que están grabadas las fotos en formato BMP.
- \* Nuevamente dirigirse a la opción Theme – Stop Editing

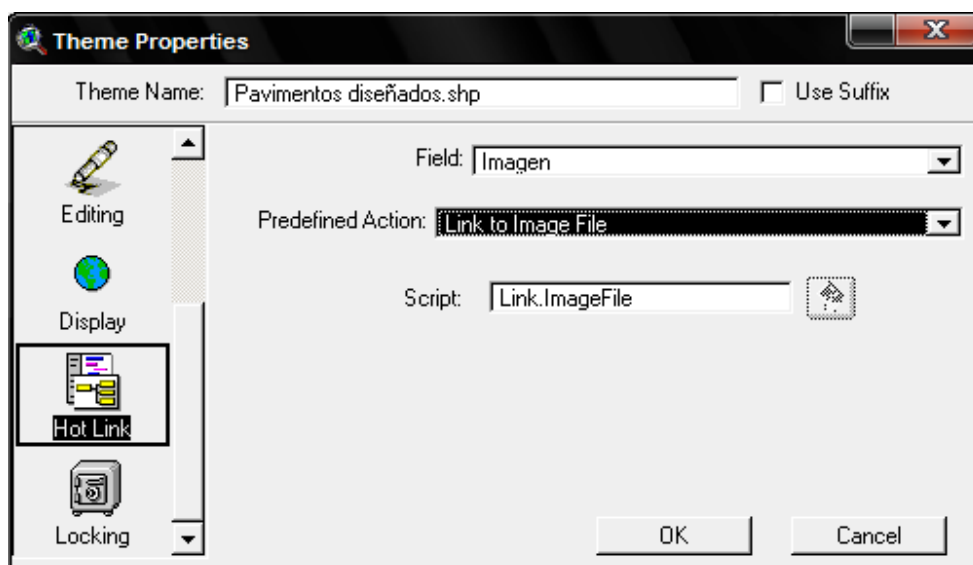
**Figura 24.** Dirección para representar Imágenes



S.bg (cm)	Desc_s.bg	Imagen
0.00		
8.00	est. Nueva de SBG-1	C:\proyecto\fotos\Foto30.bmp
0.00		
0.00		C:\proyecto\fotos\Foto13.bmp
0.00		
0.00		C:\proyecto\fotos\Foto57.bmp
0.00		C:\proyecto\fotos\Foto8.bmp
0.00		
0.00		
0.00		C:\proyecto\fotos\Foto26.bmp
0.00		
0.00		C:\proyecto\fotos\Foto41.bmp
0.00		
0.00		
0.00		C:\proyecto\fotos\Foto5.bmp
0.00		

- \* Después en el menú Theme – Properties. En la ventana se busca el icono hot link.
- \* En field: busque Imagen; en acción predefinida: Link to imagen file; Oprima OK.

**Figura 25.** Menu Theme – Properties – Hot Link



- \* Ahora en la barra de herramientas active Hot Link (imagen identificada con un rayo)
- \* Pique en los puntos del mapa que éste le mostrara las graficas correspondientes a la dirección que se le hayan asignado en la base de datos.

**Figura 26.** Imagen Representada con el Hot Link



## 6. RECOMENDACIONES

- Retroalimentar el SIG-Pavimentos Metrolinea, para incrementar la cobertura de la información en el programa, esto incluye:
  - Recolectar la información restante en las bases de datos, Como lo son algunos estudios de CBR y Apiques.
  - Acceder a nuevos reportes de Interventoría sobre el avance de obras que aún se encuentran inconclusas, para completar las tablas de Pavimentos instalados.
  
- Tomar medidas de deformación en las estaciones de parada de los pavimentos Flexibles instalados, con el fin de generar un monitoreo y seguimiento al comportamiento estructural de los mismos.
  
- Realizar visitas a campo y observar los tratamientos que se implementan en cada sector para incrementar la fidelidad de las bases de datos.
  
- Incrementar el alcance del SIG incorporando información complementaria a la investigación realizada, como estudios Operativos y Logísticos adoptados por los diferentes Agentes del Sistema Integrado de Transporte Masivo.
  
- Implementar nuevas Herramientas de aplicación en el Software para desarrollar búsquedas más complejas en las bases de datos.

## 7. CONCLUSIONES

- Se Implementó un Sistema de Información Geográfica que permite visualizar las características primordiales designadas en el diseño a las estructuras de Pavimentos del sistema Integrado de Transporte Masivo.
- El sistema permite la retroalimentación del mismo con una serie de guías ya establecidas y a su vez, permite la reincorporación de nuevas guías o atributos de trabajo.
- El SIG-Pavimentos Metrolinea, permite comparar la etapa de diseño de las estructuras de pavimentos con la etapa final de construcción del mismo, para observar los cambios realizados.
- Se recopiló la mayor cantidad de información de Diseños de Infraestructura de pavimentos comparando su veracidad y posteriormente almacenándola en una base de datos.
- Las bases de datos permiten un acceso rápido y ágil a cualquiera de los parámetros almacenados en ellas, haciendo más eficaz la búsqueda de atributos que en un documento escrito, dentro de un archivero.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- SANCHEZ SABOGAL, Fernando; Pavimentos Tomo II, Universidad La Gran Colombia, Bogotá. (1985)
- GOMEZ GOMEZ, Jorge Hernando. ArcView GIS Curso Básico. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.
- MONTEJO ALFONSO; Ingeniería de Pavimentos en Vías Terrestres. Ediciones Universidad Católica. Bogotá, Colombia. (1999)
- MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES; Glosario de Términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial; República de Perú. (2008)
- PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (POT – BUCARAMANGA), Documentos, Enero de 2005
- MANUAL, Autodesk Map Help and Support. Disponible en el programa: Autocad Map 2004.
- PEREZ, Holguer; MALDONADO, Harvison. Levantamiento y Georeferenciación de nodos, redes y polígonos pertenecientes al campus central de la Universidad Industrial de Santander para su implementación en el sistema de Información Geográfica SIG-UIS. Bucaramanga 2007.
- ANGULO Luis; JAIMES Oscar. Acueducto del Municipio Lebrija, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga 2006.

- FUNDACION IDR, Programa ECOATLAS. Curso: Introducción a ArcView 3.2. Manual Técnico.
- DOCUMENTO, Los Sistemas de Información Geográfica. Instituto Humboldt Colombia, Bogotá 2008 (citado en Octubre de 2008). Disponible en internet: <URL: <http://www.humboldt.org.co/humboldt/mostrarpagina.php?codpage=70001#1>>
- LORA Yepes, Eddie. Sistemas de Información Geográfica Aplicación en Hidráulica de Ríos y Costas, Barranquilla 2005. Disponible en internet: URL: <http://www.uninorte.edu.co/extensiones/IDS/Ponencias/memorias%207%20de%20octubre/8%20presentacion%20SIG%2020%20anos%20del%20IDEHA.pdf>
- HERAZO Mejía, Juan Carlos. Los Pavimentos no son solo lo que vemos, Siero's Valley 2002. Disponible en internet: <URL: <http://members.fortunecity.es/100pies/colaboraciones/pavimento.htm>>
- DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACION DISTRITAL DE BOGOTA D.C. Sistema Integrado de Transporte Masivo TransMilenio, Disponible en Internet: <URL: <http://www.cideu.org/site/content.php?id=1441>>
- Documento Histórico. Alcaldía Municipal de Bucaramanga, Disponible en Internet: <URL: <http://www.bucaramanga.gov.co/historia.asp>>
- MARIÑO Durán, Pablo Alfonso. Sistema Integrado de Transporte de Bucaramanga, Colombia. Agosto de 2005. Disponible en Internet: <URL: <http://www.cideu.org/site/content.php?id=1685>>
- UNIVERSIDAD CATOLICA DEL NORTE. Departamento de Construcción Civil, Laboratorios del Área de Materiales. Ensayo CBR.

### ANEXO A: DEFLEXION CARACTERISTICA

CALZADA	TRAMO	ABSCISA		DEFLEXION CARACTERISTICA (1/100mm)	
Oriental	La Virgen - Quebrada Seca	K0 + 000	K2 + 153,95	23,5	
	Quebrada Seca - Calle 45	K0 + 000	K0 + 978	29	
	Calle 45 - Puerta del Sol	K0 + 978	K2 + 429,7	37	
	Puerta del Sol - Puente Provenza	K2 + 429,7	K4 + 750	22	
	Puente Provenza - PQP	K0 + 000		-	
	PQP - Piedecuesta		K4 + 000	K4 + 600	35
			K4 + 600	K8 + 900	62
			K8 + 900	K12 + 400	51
			K12 + 400	K15 + 650	45
	UIS - Quebrada Seca	K0 + 000	K1 + 050	76	
	Quebrada Seca - Puerta del Sol		K1 + 050	K1 + 850	34
			K1 + 850	K3 + 400	33
	Carrera 17		K0 + 000	K0 + 450	44
			K0 + 450	K0 + 850	59
	Calle 56 (norte)		K0 + 000	K1 + 050	51
			K1 + 100	K1 + 650	23
	Calle 61 (norte)	K0 + 000	K0 + 950	26	
	El Bueno - El Palenque (norte)		K0 + 000	K0 + 440	50
			K0 + 440	K0 + 840	87
			K0 + 840	K2 + 020	71
			K2 + 020	K2 + 820	64
		K2 + 820	K3 + 730	62	
		K3 + 730	K3 + 960	131	
		K3 + 960	K4 + 250	37	

CALZADA	TRAMO	ABSCISA		DEFLEXION CARACTERISTICA (1/100mm)	
Occidental	La Virgen - Quebrada Seca	K0 + 000	K2 + 153,95	42,85	
	Quebrada Seca - Calle 45	K0 + 000	K0 + 978	35	
	Calle 45 - Puerta del Sol	K0 + 978	K2 + 429,7	31	
	Puerta del Sol - Puente Provenza	K2 + 429,7	K4 + 750	28	
	Puente Provenza - PQP				
	PQP - Piedecuesta		K4 + 000	K4 + 600	35
			K4 + 600	K8 + 900	62
			K8 + 900	K12 + 400	51
			K12 + 400	K15 + 650	45
	UIS - Quebrada Seca	K0 + 000	K1 + 050	82	
	Quebrada Seca - Puerta del Sol		K1 + 050	K1 + 750	25
			K1 + 750	K3 + 050	31
			K3 + 050	K3 + 400	28
	Carrera 17	K0 + 000	K0 + 850	83	
	Calle 56 (sur)		K0 + 000	K0 + 700	59
			K0 + 750	K1 + 650	35
	Calle 61 (sur)		K0 + 000	K0 + 500	57
		K0 + 500	K0 + 950	21	
El Bueno - El Palenque (sur)	K0 + 000	K4 + 250	84		

**ANEXO B: VALORES REPRESENTATIVOS DE CBR PARA CADA TRAMO Y  
NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES**

TRAMO	ABSCISADO		MODULO RESILIENTE (MPa)	CBR %	EJES EQUIVALENTES	
					Rígido	Flexible
La Virgen - Quebrada Seca	K0 + 000	K0 + 800	95	10	-	29300000
	K0 + 800	K2 + 153,95	140	16		
Quebrada Seca - Calle 45	K0 + 000	K0 + 978	80	15	10919076	
Calle 45 - Puerta del Sol	K0 + 978	K2 + 429,7	80	15	34761876	6935724
Puerta del Sol - Puente Provenza	K2 + 429,7	K4 + 752,4	80	15	47027774	23000000
Puente Provenza - PQP	K0 + 000	K4 + 148,25	-	-	-	-
PQP - Piedecuesta	K3 + 887,05	K12 + 543,4	70	8	-	7500000
UIS - Quebrada Seca	K0 + 000	k1 + 050.15	90	9,5	-	8029825
Quebrada Seca - Puerta del Sol oriental	k1 + 050.15	K3 + 050	130		-	17700000
	K3 + 050	K3 + 400	145			
Quebrada Seca - Puerta del Sol occidental	k1 + 050.15	K1 + 750	135		-	17700000
	K1 + 750	K3 + 050	190			
	K3 + 050	K3 + 400	120	-		
Carrera 17	K0 + 000	K0 + 900	70	7	7500000	14919542
Calle 56	K0 + 000	k1 + 800	130	11,83	7500000	13376442
Calle 61	K0 + 000	K0 + 939.57	120	16	7500000	7002890
El Bueno - El Palenque Norte	K0 + 000	K0 + 440	70	4,5	10000000	10000000
	K0 + 440	K0 + 840	35			
	K0 + 840	K2 + 020	45			
	K2 + 020	K2 + 820	30			
	K2 + 820	K3 + 730	50			
	K3 + 730	K3 + 960	25			
	K3 + 960	K4 + 250	100			
El Bueno - El Palenque Sur	K0 + 000	K0 + 440	45	4,5	10000000	10000000

**ANEXO C: ESTRUCTURAS TIPO DE PAVIMENTOS  
ETAPA DE DISEÑO**

**SECTOR: PRE-TRONCAL KENNEDY – QUEBRADA SECA**

- La Virgen – Quebrada Seca
  - Pavimento Flexible

TRATAMIENTO	MDC-2	MDC-1	B.G	SB.G
1	7,5	12,5	15	15
2	5	12	15	15

Tratamiento 1 y 2: Demolición y reconstrucción del pavimento flexible.

- Zonas de parada

TRATAMIENTO	M-1 (cm)	MDC-2 (cm)	MDC-1 (cm)	B.G (cm)	SB.G (cm)
1	4 *	6 *	10	15	15
2	4 *	6 *	7	15	15

Tratamiento 1 y 2: Demolición y reconstrucción del pavimento flexible, con asfalto modificado Tipo III (\*).

**SECTOR: TRONCAL DIAGONAL 15**

- Quebrada Seca – Calle 45
  - Pavimento Rígido

TRATAMIENTO	LOSA CONCRETO (cm)		SB.A (cm)	SB.G (cm)
	Interno	Externo		
1	25	23	10	8
2	28	25	10	8

Tratamiento 1 y 2: Reposición del pavimento con los anteriores espesores.

- Calle 45 – Puerta del Sol
  - Pavimento Rígido

TRATAMIENTO	LOSA CONCRETO (cm)		SB.A (cm)	SB.G (cm)
	Interno	Externo		
1	28	25 *	10	8

Tratamiento 1: Reposición del pavimento con los anteriores espesores; espesor correspondiente a las zonas de adelantamiento en las estaciones del SITMM (\*).

- Pavimento Flexible

TRATAMIENTO	MDC-3 (cm)	MDC-2 (cm)	MDC-1 (cm)	B.G (cm)
1	4	5	10	20
2		5	10	20
3		5	10	20

Tratamiento 1: Bacheo con reposición del pavimento con los anteriores espesores; trabajos de fresado o renivelación con concreto asfáltico para reconstruir sobrecarpeta de MDC\_3.

Tratamiento 2: Demolición y reconstrucción del pavimento flexible.

Tratamiento 3: Bacheo con reposición del pavimento.

- Puerta del Sol – Puento Provenza
  - Pavimento Rígido

TRATAMIENTO	LOSA CONCRETO (cm)		SB.A (cm)	SB.G (cm)
	Interno	Externo		
1	30	28 *	10	8

Tratamiento 1: Reposición del pavimento con los anteriores espesores; espesor correspondiente a las zonas de adelantamiento en las estaciones del SITMM (\*).

- Pavimento Flexible

TRATAMIENTO	MDC-2 (cm)	MDC-1 (cm)	B.G (cm)
1	7,5	12,5	25
2	5	10	20
3	7,5	12,5	25

Tratamiento 1: Demolición y reconstrucción del pavimento flexible.

Tratamiento 2 y 3: Bacheo con reposición del pavimento.

#### **SECTOR: PRE-TRONCAL CARRERA 27**

- UIS – Quebrada Seca
  - Pavimento Flexible

TRATAMIENTO	MDC-2 (cm)	MDC-1 (cm)	B.G (cm)
1	7,5	12,5	20

Tratamiento 1: Demolición y reconstrucción del pavimento flexible.

- Zonas de parada

TRATAMIENTO	M-1 (cm)	MDC-2 (cm)	MDC-1 (cm)	B.G (cm)
1	4 *	6 *	10	20

Tratamiento 1: Demolición y reconstrucción del pavimento flexible con asfalto modificado.

- Quebrada Seca – Puerta del Sol
  - Pavimento Flexible

TRATAMIENTO	MDC-2 (cm)	MDC-1 (cm)
1	7,5 **	
2	11 **	
3	7,5 **	14 **
4	11 **	14 **

Tratamiento 1 y 2: Sobrecarpeta de refuerzo.

Tratamiento 3 y 4: Demolición y reconstrucción del concreto asfaltico existente en MDC-1 con asfalto modificado tipo II (\*\*) y sobrecarpeta de refuerzo en MDC-2 con asfalto modificado II (\*\*).

- Zonas de parada

TRATAMIENTO	M-1 (cm)	MDC-2 (cm)
1	3,5 *	4 *
2	4 *	7 *

Tratamiento 1 y 2: Sobrecarpeta de refuerzo con asfalto modificado tipo III (\*).

#### **SECTOR: CIUDADELA REAL DE MINAS**

- Carrera 17
  - Pavimento Flexible

TRATAMIENTO	MDC-2 (cm)	B.G (cm)
1	18 *	25
2	10 *	

Tratamiento 1: Demolición y reconstrucción de la estructura de pavimento flexible con asfalto modificado tipo II (\*).

Tratamiento 2: Bacheo con 20 cm de MDC-2 y sobrecarpeta con asfalto modificado tipo II (\*).

- Zonas de parada

TRATAMIENTO	LOSA CONCRETO (cm)	SB.A (cm)	SB.G (cm)
1	25	7	15

Tratamiento 1: Subbase asfáltica de MDC-2.

- Carrera 56
  - Pavimento Flexible

TRATAMIENTO	MDC-2 (cm)	B.G (cm)
1	18 *	15
2	9,5 *	

Tratamiento 1: Demolición y reconstrucción de la estructura de pavimento flexible con asfalto modificado tipo II (\*).

Tratamiento 2: Bacheo con 15 cm de MDC-2 y sobrecarpeta con asfalto modificado tipo II (\*).

- Zonas de parada

TRATAMIENTO	LOSA CONCRETO (cm)	SB.A (cm)	SB.G (cm)
1	25	7	15

Tratamiento 1: Subbase asfáltica de MDC-2.

- Carrera 61
  - Pavimento Flexible

TRATAMIENTO	MDC-2 (cm)	B.G (cm)
1	16*	15
2	7 *	

Tratamiento 1: Demolición y reconstrucción de la estructura de pavimento flexible con asfalto modificado tipo II (\*).

Tratamiento 2: Bacheo con 15 cm de MDC-2 y sobrecarpeta con asfalto modificado tipo II (\*).

- Zonas de parada

TRATAMIENTO	LOSA CONCRETO (cm)	SB.A (cm)	SB.G (cm)
1	25	7	15

Tratamiento 1: Subbase asfáltica de MDC-2.

**SECTOR: BUCARAMANGA – GIRON**

- El Bueno – El Palenque
  - Pavimento Flexible

TRATAMIENTO	MDC-2 (cm)	MDC-1 (cm)	B.G (cm)	SB.G (cm)
1	10 *	10 *	20	25
2	10 *	10 *	20	35
3	10 *	10 *	20	45
4	10 *	10 *	20	50
5	11 *			
6	14,5 *			
7	13,5 *			
8	8 *			

Tratamiento 1: Demolición y reconstrucción de la estructura de pavimento flexible con asfalto modificado tipo II (\*), para la calzada sur.

Tratamiento 2, 3 y 4: Demolición y reconstrucción de la estructura de pavimento flexible con asfalto modificado tipo II (\*), para la calzada norte.

Tratamiento 5, 6, 7 y 8: Bacheo con 13 cm de MDC-2 y sobrecarpeta con asfalto modificado tipo II (\*), para la calzada norte.

- Zonas de parada

TRATAMIENTO	LOSA CONCRETO (cm)	SB.A (cm)	SB.G (cm)
1	26	10	10

Tratamiento 1: Subbase asfáltica de MDC-2.

**SECTOR: TRONCAL PUENTE PROVENZA - PQP**

- Pavimento Flexible

TRATAMIENTO	MDC-3 (cm)	MDC-2 (cm)	MDC-1 (cm)	B.G (cm)	SB.G (cm)
1	4	7,5	12,5	25	
2		10	12	20	
3		7,5	12,5	25	
4		10	12	15	15

Tratamiento 1: Bacheo con reposición del pavimento con los anteriores espesores; trabajos de fresado o renivelación con concreto asfáltico para reconstruir sobrecarpeta de MDC\_3.

Tratamiento 2: Bacheo con reposición del pavimento.

Tratamiento 3 y 4: Demolición y reconstrucción del pavimento flexible.

- Zonas de parada

TRATAMIENTO	LOSA CONCRETO (cm)	SB.A (cm)	SB.G (cm)
1	28	10	8

Tratamiento 1: Subbase asfáltica de MDC-3.

**SECTOR: PRE-TRONCAL PQP – PIEDECUESTA**

- Pavimento Flexible

TRATAMIENTO	MDC-2 (cm)	B.G (cm)	SB.G (cm)
1	22	25	15
2	12		

Tratamiento 1: Demolición y reconstrucción del pavimento flexible.

Tratamiento 2: Sobrecarpeta de refuerzo.

- Zonas de parada

TRATAMIENTO	LOSA CONCRETO (cm)	SB.A (cm)	SB.G (cm)
1	25	10	10

Tratamiento 1: Subbase asfáltica de MDC-2.

**ANEXO D: ESTRUCTURAS TIPO DE PAVIMENTOS  
ETAPA IMPLEMENTADA**

**SECTOR: TRONCAL DIAGONAL 15**

- Puerta del Sol – Puente Provenza
  - Pavimento rígido

TRATAMIENTO	LOSA CONCRETO (cm)	SB.A (cm)	B.G (cm)
1	25	5	20
2	29	5	20
3	30	5	20

Tratamiento 1 y 2: Losa de concreto, subbase asfáltica de MDC-2 enriquecido y base estabilizada con cemento.

Tratamiento 3: Losas de aproximación reforzadas, subbase asfáltica de MDC-2 enriquecido y base estabilizada con cemento.

- Pavimento Flexible

TRATAMIENTO	C.A (cm)	B.G (cm)
1	20	25
2	20	25
3	5,5	
4	15	20
5	15	20
6	21	57
7	15	20

Tratamiento 1: Demolición y reconstrucción del pavimento flexible con los anteriores espesores.

Tratamiento 2: Bacheo con reposición del pavimento, trabajos de fresado o renivelación de una sobrecarpeta de 5 cm de MDC-2.

Tratamiento 3: Fresada de carpeta e instalación de 5,5 cm de MDC-2 (Viaducto García Cadena).

Tratamiento 4: Bacheo con reposición del pavimento para las paralelas.

Tratamiento 5: Demolición y reconstrucción del pavimento flexible para las paralelas.

Tratamiento 6: Demolición y reconstrucción del pavimento flexible para la quebrada El Macho.

Tratamiento 7: Bacheo con reposición del pavimento para el acceso al Diamante II – Urbanización Neptuno.

**ANEXO E: REPORTE DE DAÑOS DE LAS EXSTRUCTURAS ANTIGUAS O AUN  
EXISTENTES**

**SECTOR: PRE-TRONCAL KENNEDY – QUEBRADA SECA**

- La Virgen – Quebrada Seca

TIPO DE DAÑO		CALZADA	LA VIRGEN - QUEBRADA SECA K0 + 000 - K2 + 153,95
<b>Estructurales</b>	Hundimientos (m2)	Oriental	1020,68
		Occidental	528,61
	Abultamiento (m2)	Oriental	1204,69
		Occidental	777,11
	Fisuras (m2)	Oriental	2618,47
		Occidental	3405,33
	Parcheo (m2)	Oriental	1597,56
		Occidental	1104,53
Ojos de Pescado (m2)	Oriental	102,58	
	Occidental	200,62	
<b>Constructivos</b>	Fisura de junta longitudinal (ml)	Oriental	447,7
		Occidental	70,1
<b>Superficiales</b>	Pérdida del ligante (m2)	Oriental	605,69
		Occidental	411,62

**SECTOR: TRONCAL DIAGONAL 15**

- Quebrada Seca – Calle 45

TIPO DE DAÑO		CALZADA	QUEBRADA SECA -	
			CALLE 45      K0 + 000 - K0 + 978	
<b>Estructurales</b>	Hundimientos (m2)	Oriental	222,2	
		Occidental	244,84	
	Abultamiento (m2)	Oriental	753,64	
		Occidental	90,14	
	Fisuras (m2)	Oriental	254,325	
		Occidental	173,54	
	Parcheo (m2)	Oriental	9,75	
		Occidental	0	
	Ojos de Pescado (m2)	Oriental	12,025	
		Occidental	19,29	
	<b>Constructivos</b>	Fisura de junta longitudinal (ml)	Oriental	0
			Occidental	3
<b>Superficiales</b>	Perdida del ligante (m2)	Oriental	200,18	
		Occidental	131,53	

- Calle 45 – Puerta del Sol

TIPO DE DAÑO		CALZADA	CALLE 45 - PUERTA DEL SOL K0 + 978 - K2 + 429,7
<b>Estructurales</b>	Hundimientos (m2)	Oriental	201,64
		Occidental	27,54
	Abultamiento (m2)	Oriental	200,98
		Occidental	57,5
	Fisuras (m2)	Oriental	1377,56
		Occidental	138,18
	Parcheo (m2)	Oriental	102,58
		Occidental	25,8
Ojos de Pescado (m2)	Oriental	43,58	
	Occidental	5,21	
<b>Constructivos</b>	Fisura de junta longitudinal (ml)	Oriental	0,7
		Occidental	0
<b>Superficiales</b>	Perdida del ligante (m2)	Oriental	642,76
		Occidental	101,32

- Puerta del Sol – Puente Provenza

TIPO DE DAÑO		CALZADA	PUERTA DEL SOL - PUENTE PROVENZA K2 + 429,7 - K4 + 750
<b>Estructurales</b>	Hundimientos (m2)	Oriental	28,61
		Occidental	22,5
	Abultamiento (m2)	Oriental	167,3
		Occidental	217,5
	Fisuras (m2)	Oriental	1641,22
		Occidental	4776,82
	Parcheo (m2)	Oriental	20,95
		Occidental	89,48
Ojos de Pescado (m2)	Oriental	31,17	
	Occidental	91,65	
<b>Constructivos</b>	Fisura de junta longitudinal (ml)	Oriental	0
		Occidental	74
<b>Superficiales</b>	Perdida del ligante (m2)	Oriental	1047,85
		Occidental	951,25

**SECTOR: CIUDADELA REAL DE MINAS**

- Carrera 17

TIPO DE DAÑO		CALZADA	CIUDADELA REAL DE MINAS Carrera 17	
<b>Estructurales</b>	Hundimientos (m2)	Oriental	77,8	
		Occidental	11	
	Abultamiento (m2)	Oriental	383	
		Occidental	144,3	
	Fisuras (m2)	Oriental	70,7	
		Occidental	176,1	
	Parcheo (m2)	Oriental	156,8	
		Occidental	0	
	Ojos de Pescado (m2)	Oriental	5,5	
		Occidental	3,6	
	Bombeo (m2)	Oriental	0,6	
		Occidental	880,6	
	Piel de cocodrilo (m2)	Oriental	288,4	
		Occidental	0	
	Grietas (m2)	Oriental	23,6	
		Occidental	10	
	<b>Constructivos</b>	Fisura de junta longitudinal (ml)	Oriental	10
			Occidental	0
<b>Superficiales</b>	Perdida del ligante (m2)	Oriental	200	
		Occidental	8	

- Calle 56 (K0 + 000 - K0 + 305)

TIPO DE DAÑO		CALZADA	CIUDADELA REAL DE MINAS Calle 56 (K0 + 000 - K0 + 305)
<b>Estructurales</b>	Hundimientos (m2)	Norte	64,6
		Sur	11
	Abultamiento (m2)	Norte	209,7
		Sur	85,9
	Fisuras (m2)	Norte	52
		Sur	18,7
	Parcheo (m2)	Norte	43,1
		Sur	31,8
	Ojos de Pescado (m2)	Norte	6,3
		Sur	0,6
	Bombeo (m2)	Norte	0
		Sur	60,5
	Piel de cocodrilo (m2)	Norte	145,8
		Sur	57,5
Grietas (m2)	Norte	43,6	
	Sur	0	
<b>Constructivos</b>	Fisura de junta longitudinal (ml)	Norte	14
		Sur	0
<b>Superficiales</b>	Perdida del ligante (m2)	Norte	808,7
		Sur	103,2

- Calle 56 (K0 + 305 - K0 + 660)

TIPO DE DAÑO		CALZADA	CIUDADELA REAL DE MINAS Calle 56 (K0 + 330 + K0 + 660)
<b>Estructurales</b>	Hundimientos (m2)	Norte	11,6
		Sur	77,6
	Abultamiento (m2)	Norte	218,4
		Sur	195
	Fisuras (m2)	Norte	23,3
		Sur	5,4
	Parcheo (m2)	Norte	38,9
		Sur	27,6
	Ojos de Pescado (m2)	Norte	5,2
		Sur	4
	Bombeo (m2)	Norte	0
		Sur	43,4
	Piel de cocodrilo (m2)	Norte	122,7
		Sur	23
Grietas (m2)	Norte	20,1	
	Sur	0	
<b>Constructivos</b>	Fisura de junta longitudinal (ml)	Norte	0
		Sur	0
<b>Superficiales</b>	Perdida del ligante (m2)	Norte	0
		Sur	0

- Calle 56 (K0 + 675 - K1 + 800)

TIPO DE DAÑO		CALZADA	CIUDADELA REAL DE MINAS Calle 56 (K0 + 675 - K1 + 800)
<b>Estructurales</b>	Hundimientos (m2)	Norte	149
		Sur	30,5
	Abultamiento (m2)	Norte	62,1
		Sur	11,2
	Fisuras (m2)	Norte	75,5
		Sur	178,9
	Parcheo (m2)	Norte	201,1
		Sur	68,2
	Ojos de Pescado (m2)	Norte	1,9
		Sur	8,9
	Bombeo (m2)	Norte	31,4
		Sur	387,4
	Piel de cocodrilo (m2)	Norte	23,8
		Sur	55
Grietas (m2)	Norte	28,4	
	Sur	7,2	
<b>Constructivos</b>	Fisura de junta longitudinal (ml)	Norte	0
		Sur	2
<b>Superficiales</b>	Perdida del ligante (m2)	Norte	11,9
		Sur	221

- Calle 61- Polideportivo

TIPO DE DAÑO		CALZADA	CIUDADELA REAL DE MINAS Calle 61 - Polideportivo
<b>Estructurales</b>	Hundimientos (m2)	Norte	52,1
		Sur	-
	Abultamiento (m2)	Norte	104,8
		Sur	-
	Fisuras (m2)	Norte	893,6
		Sur	-
	Parcheo (m2)	Norte	91
		Sur	-
	Ojos de Pescado (m2)	Norte	28,1
		Sur	-
	Bombeo (m2)	Norte	274,6
		Sur	-
	Piel de cocodrilo (m2)	Norte	3,2
		Sur	-
Grietas (m2)	Norte	0	
	Sur	-	
<b>Constructivos</b>	Fisura de junta longitudinal (ml)	Norte	0
		Sur	-
<b>Superficiales</b>	Perdida del ligante (m2)	Norte	152,6
		Sur	-

- Polideportivo – Retorno Plaza

TIPO DE DAÑO		CALZADA	CIUDADELA REAL DE MINAS Polideportivo - Retorno Plaza
<b>Estructurales</b>	Hundimientos (m2)	Norte	541,9
		Sur	66,5
	Abultamiento (m2)	Norte	54,4
		Sur	864
	Fisuras (m2)	Norte	11,1
		Sur	0,6
	Parcheo (m2)	Norte	0
		Sur	147,3
	Ojos de Pescado (m2)	Norte	0,6
		Sur	10,3
	Bombeo (m2)	Norte	54,7
		Sur	15,3
	Piel de cocodrilo (m2)	Norte	0
		Sur	120,4
Grietas (m2)	Norte	172,3	
	Sur		
<b>Constructivos</b>	Fisura de junta longitudinal (ml)	Norte	0
		Sur	0
<b>Superficiales</b>	Perdida del ligante (m2)	Norte	0
		Sur	0

**SECTOR: BUCARAMANGA – GIRON**

- El Bueno – El Palenque

TIPO DE DAÑO		CALZADA	EL BUENO - EL PALENQUE	
<b>Estructurales</b>	Hundimientos (m2)	Norte	178,6	
		Sur	820,2	
	Abultamiento (m2)	Norte	-	
		Sur	-	
	Fisuras (m2)	Norte	75	
		Sur	340,5	
	Parcheo (m2)	Norte	-	
		Sur	-	
	Ojos de Pescado (m2)	Norte	317,5	
		Sur	58,5	
	<b>Constructivos</b>	Fisura de junta longitudinal (ml)	Norte	-
			Sur	-
<b>Superficiales</b>	Perdida del ligante (m2)	Norte	-	
		Sur	-	

**ANEXO F. CERTIFICACION DEL AMB PARA EL USO DE INFORMACION  
CARTOGRAFICA**

DAMB-SPI-CD-02428-08  
RAD. 1677  
INST. INTERNO 472

Bucaramanga, Julio 14 de 2008

Ingeniera  
**GLORIA ISABEL SÁNCHEZ**  
Universidad Industrial de Santander  
Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9  
Ciudad

Asunto: Entrega información Cartográfica corredores Transporte masivo.

Respetada Ingeniera Gloria Isabel:

Con toda atención y de acuerdo al asunto de la referencia muy respetuosamente me permito hacerle entrega de la información cartográfica, sobre los corredores de Transporte Masivo en medio digital y formato tipo (.shp).

El anterior material debe ser utilizado para el desarrollo del proyecto mencionado en su comunicación y solo con fines académicos.

Cordialmente,



**RAMON ALBERTO ESPINEL CHÁVEZ**  
Subdirector de Planeación e Infraestructura

Proyecto: Jesús Osvaldo López Rodríguez, Técnico de Cartografía Digital  
C.C. Dr. Eduardo Alberto Castañeda Pinzón, Director de Proyecto UIS