

CARACTERIZACION DE LAS VIAS DE MEDIANO Y BAJO FLUJO
VEHICULAR, IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTION DE
PAVIMENTO PARA LA MALLA VIAL VEHICULAR Y MODELAMIENTO,
DIAGNOSTICO Y ALTERNATIVAS DE SOLUCION PARA LA MOVILIDAD
URBANA, DEL MUNICIPIO DE BUCARAMANGA.

PROPUESTA TÉCNICA-ECONÓMICA

PRESENTADA AL:
MUNICIPIO DE BUCARAMANGA



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
BUCARAMANGA

TABLA DE CONTENIDO

1	PRESENTACIÓN	6
2	MARCO DE REFERENCIA	7
3	OBJETIVOS	9
3.1	OBJETIVO GENERAL	9
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
4	ENFOQUE METODOLÓGICO	11
4.1	ENFOQUE CONCEPTUAL	11
4.2	FASES Y COMPONENTES DE LA PROPUESTA	13
5	COMPONENTE 2. INVENTARIO DE INFRAESTRUCTURA DE LA MALLA VIAL URBANA DE MEDIANO Y BAJO FLUJO VEHICULAR.	14
5.1	INVENTARIO DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA MALLA VIAL	14
5.1.1	Levantamiento de las Características Geométricas de la Malla Vial	14
5.1.2	Características de la Estructura de Pavimento	16
5.1.3	Subproductos del Inventario de Infraestructura Vial	20
5.1.4	Regulación y Control del Tránsito	21
5.1.5	Subproductos del Componente de regulación y control del transito	23
6	COMPONENTE 3. MODELAMIENTO, DIAGNÓSTICO Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PARA LA OPTIMIZACION DE LA MOVILIDAD VEHICULAR URBANA	25

6.1 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL INVENTARIO VIAL Y DE ESTUDIOS DE TRÁFICO Y TRANSPORTE	26
6.2 MODELAMIENTO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL FLUJO VEHICULAR.	27
6.2.1 Definición de la Red de Tránsito y Transporte	27
6.2.2 Información Socioeconómica	27
6.2.3 Elaboración de Matrices Origen-Destino	27
6.2.4 Proyección de Matrices Origen-Destino y Aforos Vehiculares	27
6.2.5 Estimación de la Demanda de Transporte y Transito	27
6.2.6 TransCAD	28
6.2.7 TransModeler	29
6.2.8 Determinación de Puntos Críticos	31
6.2.9 Modelación de las Alternativas Propuestas	31
6.2.10 Definición de Parámetros para Estudios Definitivos	32
6.2.11 Subproductos del Modelamiento para Optimización de Flujos Vehiculares en la Malla Vial	32
6.3 MODELAMIENTO PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO, REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE PAVIMENTOS URBANOS.	32
6.3.1 Presentación del Modelo HDM-4	33
6.3.2 Tipificación de Tramos Viales	36
6.3.3 Datos del Parque Automotor y Ajustes a los Costos de Operación	37

6.3.4	Definición de Alternativas de Intervención	38
6.3.5	Definición de Umbrales de Calidad en la Capas de Rodadura	38
6.3.6	Modelo de Estimación de Costos de Intervención a Mediano y Largo Plazo sin Restricción Presupuestal	39
6.3.7	Modelo de Estimación de Costos de Intervención a Mediano y Largo Plazo con Restricciones Presupuestales	40
6.3.8	Modelo de Estimación de Costos de Intervención a Corto Plazo con Restricciones Presupuestales en Corredores y/o Tramos Viales Priorizados	40
6.3.9	Cálculo del Patrimonio Vial Urbano del Municipio de Bucaramanga	41
6.3.10	Estructuración Financiera para el Plan de Pavimentación de la Malla Vial Urbana	41
6.3.11	Documento Propuesta para el Plan de Inversiones para el Mantenimiento y Mejoramiento de la Malla Vial Urbana	41
6.3.12	Subproductos del Modelamiento para la Gestión del Mantenimiento, Rehabilitación y Mejoramiento de Pavimentos Urbanos	41
7	PRODUCTOS	43
7.1	PRODUCTOS FASE II	43
7.2	PRODUCTOS FASE III	44
8	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	45
8.1	programacion fase II	45
8.2	programacion fase III	46
9	ORGANIGRAMA	47

10 PRESUPUESTO

50

1 PRESENTACIÓN

La Universidad Industrial de Santander UIS, por intermedio de La Escuela de Ingeniería Civil, presenta al Municipio de Bucaramanga, una oferta técnica y económica para la CARACTERIZACION DE LAS VIAS DE MEDIANO Y BAJO FLUJO VEHICULAR IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTION DE PAVIMENTO PARA LA MALLA VIAL VEHICULAR Y MODELAMIENTO, DIAGNOSTICO Y ALTERNATIVAS DE SOLUCION PARA LA MOVILIDAD URBANA, DEL MUNICIPIO DE BUCARAMANGA.; ajustada a los requerimientos especificados para este tipo de proyectos.

Esta propuesta se soporta en la amplia experiencia de la Escuela de Ingeniería Civil, derivada del acompañamiento que ha llevado a cabo en los diversos proyectos desarrollados a entidades estatales.

Para el logro cabal de los objetivos propuestos se requiere una fuerte integración entre el Municipio y la Universidad, de forma que las decisiones que se tomen sean concertadas en forma oportuna y que el suministro de información requerida para el cabal cumplimiento de las obligaciones sea llevado a cabo en forma adecuada y eficaz.

2 MARCO DE REFERENCIA

Esta propuesta tienen como marco de referencia el Plan de Desarrollo Municipal 2008-2011 "Bucaramanga Empresa de Todos", el cual en la parte II – Estrategia General y sus componentes: Fundamentos, Líneas Estratégicas y Proyectos Estratégicos (Megaproyectos); Titulo 1 - Fundamentos del plan de desarrollo, ítem 1.3 El Modelo de Ciudad, reseña que:

"Bucaramanga necesita continuidad en su proceso de desarrollo sostenido, que debemos construir entre todos los ciudadanos alrededor de las estrategias y visión de largo plazo, para que lo cotidiano no nos absorba, para que al adoptar el Plan no se deseche lo anterior, sino que sirva de reflexión e insumo. No obstante los problemas de pobreza, seguridad, movilidad, subempleo e informalidad y limitaciones fiscales, se imponen unas metas ambiciosas que exigen de los Bumangueses trabajar intensamente y establecer acuerdos en torno a puntos fundamentales sobre la Bucaramanga que queremos".

En la búsqueda de este modelo de ciudad el Plan de Desarrollo propone a continuación megaproyectos que propendan por lograr este objetivo de modelo de ciudad. De esta manera en el ítem de V. Gestión Urbana trata la intervención física y social con gestión institucional y participación comunitaria como una estrategia fundamental para promover la equidad territorial, contemplando en sus acciones las siguientes:

- Espacio Público.
- Renovación Urbana: Centro – La Concordia – Gaitán –San Francisco.
- Plan Maestro de Movilidad: estudio que permita integrar los modos de transporte actuales y futuros (SITM-teleférico y ciclorutas) y la optimización del espacio vial existente.
- Proyectos de Interés Vial Metropolitano.

De esta revisión de modelo de ciudad nace la necesidad de realizar el presente proyecto que encaja perfectamente en los lineamientos que el liderazgo de la Ciudad busca para una "Bucaramanga Empresa de Todos". Se puede así identificar como un primer paso para la optimización del espacio vial y el ordenamiento territorial se requiere contar con un inventario detallado de lo que se tiene y una identificación de puntos críticos de tráfico, seguido por un plan para su intervención y mejoramiento.

Por esto la Universidad Industrial de Santander presenta la propuesta para la CARACTERIZACION DE LAS VIAS DE MEDIANO Y BAJO FLUJO VEHICULAR IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTION DE PAVIMENTO PARA LA MALLA VIAL VEHICULAR Y MODELAMIENTO, DIAGNOSTICO Y ALTERNATIVAS DE SOLUCION PARA LA MOVILIDAD URBANA, DEL MUNICIPIO DE BUCARAMANGA, en la que propone la realización de este objeto acorde con las especificaciones técnicas y económicas que se presentan en los siguientes capítulos de la presente propuesta.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterización de las vías de mediano y bajo flujo vehicular, la implementación de un sistema de gestión de pavimento para la malla vial vehicular y modelamiento, diagnostico y alternativas de solución para la movilidad urbana, del municipio de Bucaramanga.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el inventario de la infraestructura de la malla vial urbana de mediano (200km calzada) y bajo flujo vehicular (100km calzada) del área urbana de Bucaramanga, que incluye los temas de señalización, geometría, inspección visual de pavimentos, caracterización de pavimentos con equipos de auscultación.
- Implementar para la ciudad de Bucaramanga un (1) sistema de información y modelación que con los resultados del inventario y la caracterización vial y el estudio de tráfico que facilite la toma de decisiones, inversión y planeación de las intervenciones en la infraestructura.
- Definir una metodología que permita valorar los costos de inversión y de mantenimiento requeridos para mantener la infraestructura vial del Municipio de Bucaramanga.
- Desarrollar un sistema de gestión del mantenimiento de pavimentos sobre la malla vial soportado en la plataforma tecnológica desarrollada, que permita identificar una estrategia de intervención en el corto y mediano plazo para la ciudad de Bucaramanga.

- Realizar el modelamiento, diagnostico y alternativas de solución para la movilidad vehicular urbana, del municipio de Bucaramanga.

Para el logro de los objetivos de que trata este proyecto el Municipio facilitará a la Universidad Industrial de Santander toda la información previa existente, así como cualquier otro tipo de información secundaria que se requiera para el desarrollo del presente proyecto.

4 ENFOQUE METODOLÓGICO

4.1 ENFOQUE CONCEPTUAL

La malla vial urbana constituye un patrimonio muy importante del municipio, se estima que el valor de reposición y mantenimiento de la malla de una ciudad promedio se encuentra entre el 7% y el 10% del PIB.

Aparte del valor patrimonial de la red, hay que tomar en consideración el hecho de que el estado de la misma influye de manera directa en los costos de transporte público, privado y de carga. Si se tiene en cuenta que los usuarios gastan anualmente en sus vehículos una cantidad similar a la del valor de reposición de la red, se entiende la necesidad de aplicar criterios para la gestión de pavimentos como de la optimización del flujo vehicular sobre la malla vial.

Hasta ahora la gestión de vías urbanas se fundamenta en el buen hacer de los técnicos responsables, generalmente con muy escasos medios, con datos muy poco precisos y basados principalmente en su experiencia, asignando los escasos recursos disponibles para el mantenimiento de la red de la forma más óptima posible. Las actuaciones de intervención están condicionadas a un deterioro evidente de la malla vial.

La gestión moderna de vías implica de forma contraria el **preveer** las zonas en donde hay que actuar, en contra de la tendencia en función de lo que se ve; este planteamiento posibilita la política de realizar actuaciones en su debido tiempo, con lo que se mantiene la capacidad funcional de la vía y su valor económico, dentro de unos niveles aceptables sin permitir que la red se arruine y descapitalice.

Actualmente, se dispone de medios materiales que permiten obtener información acerca de distintos parámetros de las carreteras, y de programas informáticos que ayudan al gestor en la difícil tarea de dirigir adecuadamente los recursos. Este tipo de programas informáticos reciben el nombre de sistemas expertos de gestión de pavimentos y sistemas expertos de control y regulación del tráfico.

La forma operativa para conseguir el aprovechamiento de la información necesaria para el funcionamiento de un sistema de experto de gestión es la creación de las denominadas **bases de datos**, asociadas a sistemas para la representación espacial de la información (**SIG**).

Con relación a la malla vial urbana, las fuentes de una base de datos son la inspección visual, la auscultación con equipos, la información existe del proyecto de construcción, las actuaciones llevadas a cabo en los diferentes tramos viales, toda esta información caracteriza la oferta de transporte de la malla vial.

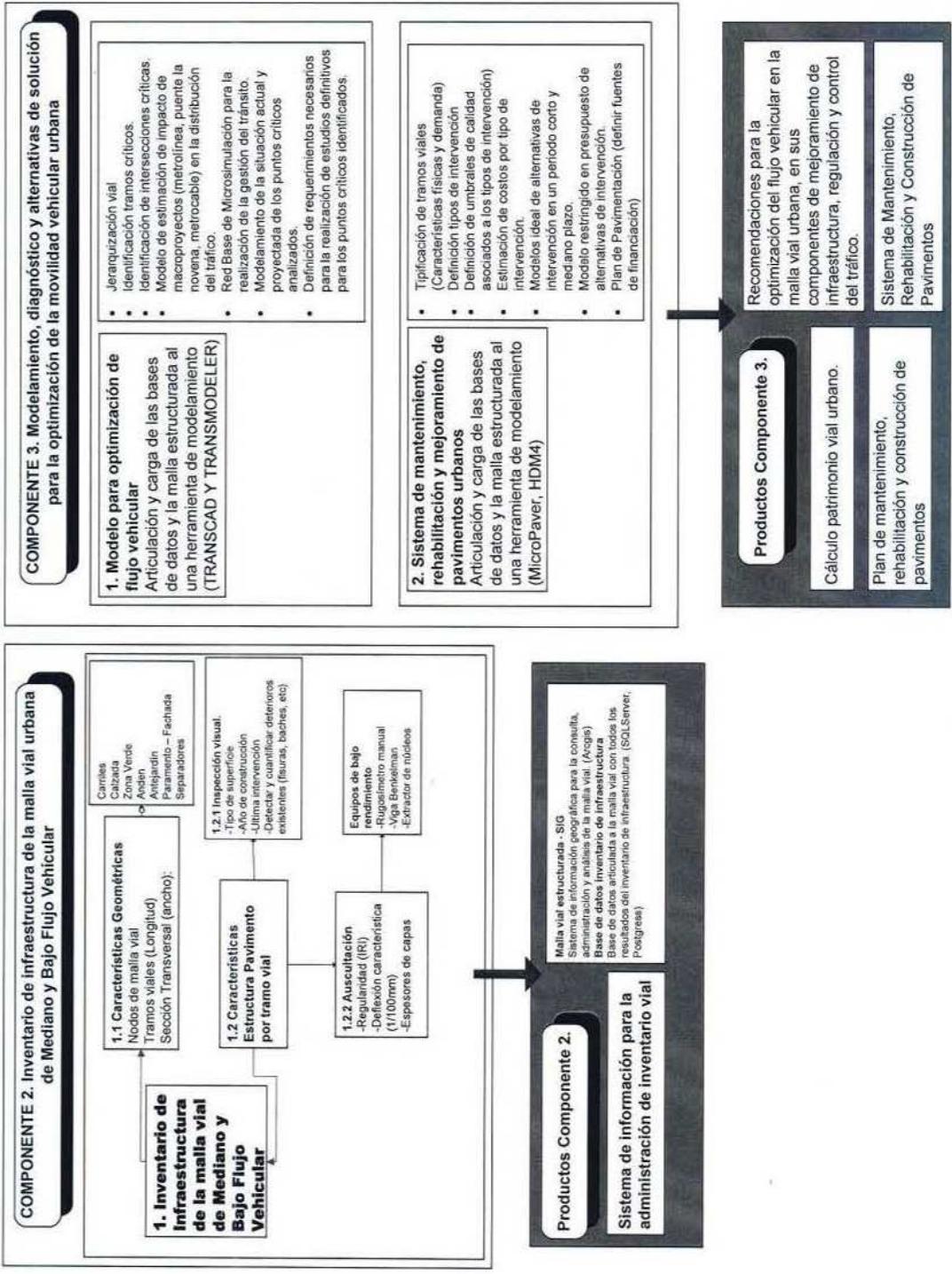
Sin embargo los análisis de priorización de la inversión están condicionados al conocimiento a fondo de la demanda de transporte, para ello son necesarios los estudios de origen y destino para transporte público, privado y de carga, los aforos vehiculares, las mediciones de velocidad promedio en tramos viales estratégicos, el inventario de las direcciones de flujo, como los giros aceptados y prohibidos en intersecciones, la red de semaforización entre otros.

Con base en lo anterior la Universidad presenta la siguiente propuesta soportada en tres componentes, en la que pretende dar una respuesta oportuna a las necesidades prioritarias de la administración municipal.

- **Componente 2.** Inventario de infraestructura de la malla vial urbana de mediano y bajo flujo vehicular.
- **Componente 3.** Modelamiento, diagnóstico y alternativas de solución para la optimización de la movilidad vehicular urbana.

A continuación se presenta un diagrama conceptual de los tres componentes, con sus alcances y productos.

4.2 FASES Y COMPONENTES DE LA PROPUESTA



Carrera 27 # 9 Ciudad Universitaria
Teléfono (7) 6344000 ext. 2495 – 2411
Bucaramanga – Colombia

5 COMPONENTE 2. INVENTARIO DE INFRAESTRUCTURA DE LA MALLA VIAL URBANA DE MEDIANO Y BAJO FLUJO VEHICULAR.

5.1 INVENTARIO DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA MALLA VIAL

El inventario de infraestructura engloba dos componentes principales la caracterización geométrica de la malla vial y la caracterización de la calidad del pavimento o capa de rodadura, a continuación se detalla la metodología y alcance de la información a recopilar en estos componentes.

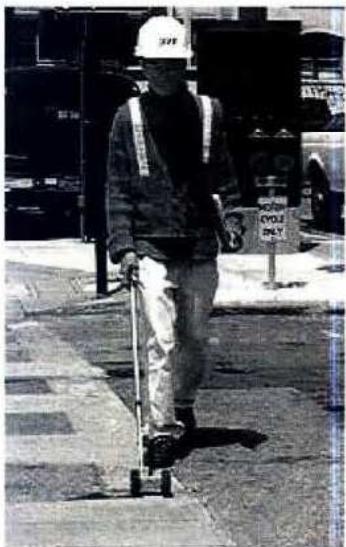
5.1.1 Levantamiento de las Características Geométricas de la Malla Vial

El levantamiento geométrico permite cuantificar la longitud y área de la malla, de acuerdo a su jerarquización, la identificación de las secciones viales (o perfiles viales) existentes y su cumplimiento con los perfiles viales exigidos en el plan de ordenamiento de territorial, así como se podría cuantificar la posibilidad de ampliación de vías con alto nivel de congestión.

Se prevé una primera etapa para la recolección de la información existente, entre la que se encuentra:

- Mapa básico del área urbana de Bucaramanga (suministrado por el municipio el cual contempla, manzanas, predios, ejes viales principales, puntos de interés, nomenclatura, zonas verdes y separadores en formato shape).
- Actualizaciones del mapa básico por parte del IGAC (recientemente se realizó un proceso de actualización cartográfica urbana por parte de este instituto).
- Malla vial en formato shape (primera aproximación a una malla vial estructurada elaborada por el Área Metropolitana de Bucaramanga).

- Imágenes aéreas Vexcel 2007, 2008 (el IGAC en su proceso de actualización cartográfico de Bucaramanga, capturo una serie de fotografías aéreas con cámara tipo Vexcel, con resolución de 15cm).



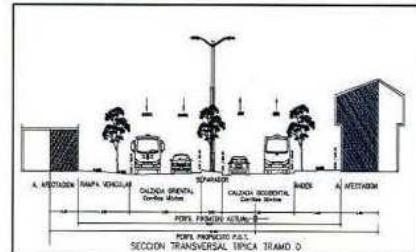
La información recopilada se integrará en una plataforma de un sistema de información geográfica como ARCGIS, en el cual la Universidad y el grupo de investigación en Geomática tienen una amplia experiencia.

Una vez se detecte la cobertura y calidad de la información existente, se procederá al proceso de planeación del trabajo de inventario físico de la malla.

La Universidad desplegará un operativo de levantamiento del inventario vial para lo que se tiene previsto unas comisiones conformadas por ingenieros y estudiantes de ingeniería que

realicen el levantamiento cuadra por cuadra, y capturen (soportados en tecnologías móviles como las PDA, GPS, así como de odómetros de precisión al centímetro), las dimensiones exactas de calzadas, carriles, anchos de antejardines, andenes, zonas verdes.

La información levantada se cargará en la base de datos del SIG y se vinculará a cada tramo vial mediante un protocolo de codificación de tramos y nodos viales los cuales conforman la malla estructurada.



Como subproductos de esta etapa se contemplan.

- Capas en formato shape de ARCGIS:



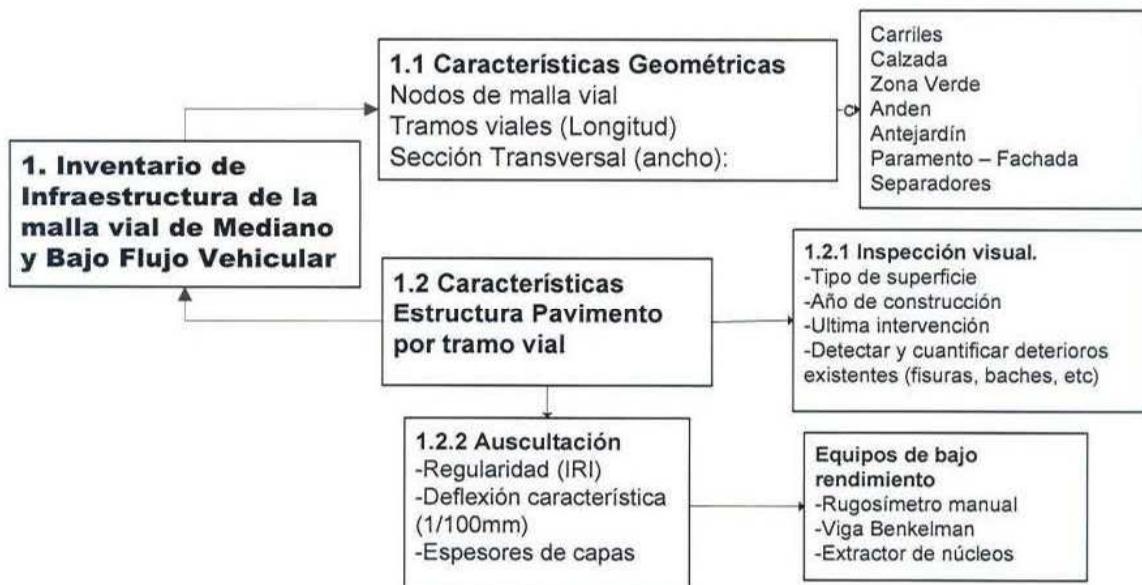
- Manzanas y paramentos actualizados
- Tramos viales (elemento lineal entre nodos, asociados principalmente a cuadras)
- Nodos viales (elemento puntual, que conecta dos o más tramos viales)
- Tablas relacionadas al tramo vial con atributos de longitud, ancho de calzadas, números de carriles, dimensión de zonas verdes, antejardines, separadores, andenes.
- Registro multimedia para cada tramo y nodo vial, vinculado al SIG.
- Fotografías aéreas georreferenciadas y articuladas al SIG.

5.1.2 Características de la Estructura de Pavimento

La evaluación de estado de un pavimento, permite caracterizar las variables que determinan la condición funcional y estructural de un pavimento. La condición funcional puede caracterizarse a través de medidas del confort en la conducción, tales como el Índice de Rugosidad Internacional - IRI. El grado de seguridad en tanto, puede medirse con ciertas limitaciones mediante el Índice de Fricción Internacional - IFI. La condición funcional de un pavimento está influenciada por la condición estructural. En ambos casos, los defectos superficiales constituyen un síntoma de fallas que inciden en el estado superficial del pavimento.

La auscultación de pavimentos permite a través de técnicas invasivas y no invasivas, realizar la evaluación de estado de un pavimento. La inspección visual, es una técnica no invasiva que puede ser aplicada en forma manual o mecanizada y que permite identificar y caracterizar los defectos superficiales de un pavimento.

En el siguiente diagrama se representa los métodos para determinación de estado, calidad y capacidad de los pavimentos existentes.



5.1.2.1 Inspección visual

La inspección visual es el principal medio para obtención de datos genéricos relativos al estado de un pavimento. Consiste en una inspección realizada directamente sobre el terreno por técnicos calificados que recorren los tramos viales (cuadras) a pie o en vehículo a marcha lenta, con objeto de detectar y cuantificar los deterioros existentes.

La información capturada en una inspección visual es la siguiente:

- Tipo de capa de rodadura (pavimento flexible, rígido, afirmado)
- Cuantificación de fallas y deterioros como se muestra en el siguiente cuadro resumen:

Fallas en pavimentos flexible	<ul style="list-style-type: none"> • Hundimiento (HUN). • Fisuras longitudinales y transversales (FL, FT). • Fisuras en bloque (FB). • Piel de cocodrilo (PC). • Descascaramiento (ojo de pescado)(DC). • Baches abierto (BCH).
-------------------------------	---

	<ul style="list-style-type: none"> • Parche (PCH). • Exudación (EX).
Fallas en pavimentos rígidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Grietas de Esquina (GE). • Grietas longitudinales (GL) • Grietas transversales (GT) • Grietas en los extremos de los pasadores (GP) • Grietas en bloque o Fracturación múltiple (GB) • Grietas en pozos y sumideros (GA) • Separación de Juntas Longitudinales (SJ) • Deterioro del sello (DST - DSL) • Desportillamiento de juntas (DPT, DPL) • Descascaramiento (DE) • Desintegración (DI) • Baches (BCH) • Pulimento (PUJ) • Escalonamiento de Juntas longitudinales (EJL) y transversales (EJT) • Levantamiento Localizado (LET, LEL) • Parches (PCHA - PCHC) • Hundimientos o Asentamientos (HU) • Fisuración por retracción o Tipo malla (FR) • Fisuras ligeras de aparición temprana (FT) • Fisuración por durabilidad (FD)

La inspección visual se realizará en toda la malla vial urbana estimada en (400 km) exceptuando los tramos viales recientemente intervenidos por el municipio o por las obras del Sistema Metrolínea, las cuales se consideran deben estar en óptimas condiciones.

Adicionalmente se realizará una revisión de los archivos municipales de los proyectos de mantenimiento, construcción y reparcheo durante los últimos 3 años.

5.1.2.2 Auscultación con equipos

La auscultación con aparatos es un paso más sobre la inspección visual, aunque en ningún caso puede prescindirse de esta en la determinación del estado. Gracias a la auscultación con aparatos es posible proceder a cuantificaciones imprescindibles como la determinación de espesores de las capas de pavimento, deflexión, rugosidad, refuerzo en pavimentos rígidos, entre otros.

A continuación se presentará una descripción de ensayos y equipos que se emplearan en el proceso de auscultación de pavimentos, posteriormente se presentará un cuadro resumen de ellos y en qué tipos de vías serán empleados.

Extracción de núcleos o apiques: Utilizado principalmente para determinación de espesores de pavimentos y la investigación de las causas de fallas en pavimento. El apique se puede realizar manualmente con herramienta menor o mediante extractores de núcleos eléctricos o a gasolina que mediante broca rompe el pavimento flexible o rígido, extrayendo una muestra tubular hasta de 80cm.



Regularidad Superficial, Índice IRI: La regularidad superficial es un factor que afecta de manera importante la comodidad que percibe el usuario al circular por la carretera. Se utiliza dos métodos: un rugosímetro de bajo rendimiento (de uso peatonal), y un perfilómetro láser, equipo de alto rendimiento de 10km/h aprox.



Rugosímetro

Ensayo de Viga Benkelman: Equipo cuya medida se utiliza tradicionalmente como deflexión patrón para el diseño de refuerzos o sobre carpetas en pavimentos flexibles. Consta de un brazo o palanca que permite medir la deflexión sobre el pavimento de un eje de una volqueta cargada y aforada.



La Universidad propone en el siguiente cuadro un resumen de las características a inventariar, los métodos utilizados para ello, y sitios previstos de aplicación.

Equipo - ensayo	Variable capturada	Frecuencia	Lugar de aplicación
Extracción de núcleos	Espesores de capas, muestras para ensayos complementarios	cada 200m y/o puntos críticos priorizados	Vías secundarias (200km)
Rugosímetro peatonal	Índice IRI	Deflectograma continuo (0,5kph)	Vías secundarias (200km)
Viga Benkelman	Deflexión característica	Cada 200m y/o puntos críticos priorizados	Vías secundarias (200km)
Inspección visual	Cuantificación de daños	muestreo en un 15% del área	Todas las vías (300km)

Nota: no se realizarán ensayos o inspecciones en vías de reciente intervención, en troncales o pretroncales del Sistema Metrolínea

5.1.3 Subproductos del Inventario de Infraestructura Vial

Como finalización de la etapa de auscultación, La Universidad entregará los siguientes subproductos:

Tablas integradas a los tramos viales (SIG) con información consolidada de las siguientes variables:

- Tipo de superficie y determinación de área (pavimento flexible, pavimento rígido, afirmado)
- Espesores de estructura (pavimento, subbase, base)
- Índice de Regularidad (IRI)
- Deflexión característica
- Cuantificación y calificación por tipo de daño del pavimento

5.1.4 Regulación y Control del Tránsito

Una de las actividades más importantes en los proyectos y estudios relacionados con mejoras al sistema vial urbano corresponde al inventario de la señalización vial y de los semáforos. Con base en la información recolectada, se puede establecer la factibilidad de seguir utilizando la misma señalización vial o de ser necesario, reemplazarla o complementarla. En el caso de los semáforos se obtienen indicadores básicos sobre su suficiencia y estado, los cuales sirven de punto de partida para estudios más detallados de ingeniería de tránsito. Se propone los siguientes temas:

- Identificación de sentidos de flujo vehicular para cada tramo vial y restricciones de giros y pasos en nodos de la malla vial.
- Inventario de señalización horizontal y vertical
- Revisión del plan de semaforización

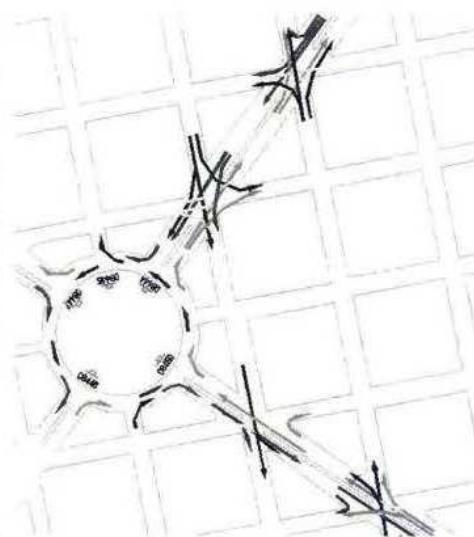
El objetivo de este estudio es:

- Conocer la cantidad y el estado de la señalización vial en una zona de estudio dada.
- Obtener información básica sobre los principales elementos de los semáforos, así como el estado de los mismos.

- Evaluar globalmente y de una manera práctica la calidad de las indicaciones existentes para regular el tránsito de vehículos y peatones.

5.1.4.1 Identificación de dirección de flujo vehicular por tramo vial y restricciones de giros y pasos a desnivel en nodos de la malla vial

La Universidad mediante comisiones de inspección en campo realizará el levantamiento de la dirección de flujos vehiculares por tramo de la malla vial, así como también identificará los sentidos en intersecciones, destacando los pasos restringidos o a desnivel, esta información será cargada en el sistema de información geográfica en el software ARCGIS, el cual se convertirá en la base del sistema de administración del inventario vial.



5.1.4.2 Inventario de señalización horizontal y vertical

Este trabajo se desarrollará mediante comisiones de campo para la inspección visual de dispositivos; en cada tramo vial se tendrá en cuenta la siguiente información:

Inspección visual de la señalización vertical. Para cada una de las señales verticales del tramo o sector de inspección, se deberá registrar la información correspondiente a la nomenclatura de la señal, de acuerdo con la definida por el Manual de Señalización Vial de Dispositivos para la Regulación del Tránsito en Calles y Carreteras de Colombia, clasificando las señales verticales en las tres categorías en que se dividen: preventivas, reglamentarias o informativas. Ubicación relativa de la señal respecto al recorrido en el tramo, sector o la rama de intersección inspeccionados (izquierda o derecha). Distancia aproximada, en metros, de la señal al sardinel de la intersección o al inicio del sector vial de referencia. Estado de la señal y el tipo de poste, indicando si es propio o no.

Inspección visual de la señalización horizontal. Estas señales corresponden básicamente a marcas en la superficie de rodadura y en los sardineles de andenes y separadores centrales. En general, para cada tramo o sector vial o intersección, se deberá registrar la información del porcentaje del tramo o sector vial o intersección con señalización y su estado, considerando la señalización horizontal (demarcación) en intersecciones y tramos o sectores, así:

- Cruce de peatones.
- Línea de pare.
- Flechas.
- Marcas en sardinel.
- Líneas de carriles.

La señalización horizontal se complementará con las fotografías aéreas de alta resolución Vexcel, en oficina.



5.1.5 Subproductos del Componente de regulación y control del transito

Como subproductos del componente de inventario de tráfico y transporte se entregarán los siguientes:

- Base de datos y shapes con la información referente a las direcciones de flujo por tramo vial.

- Base de datos y shapes con la información referente a restricciones de flujo vehicular en los nodos o intersecciones de la malla vial.
- Base de datos y shape del inventario de señalización vertical.
- Base de datos y shape del inventario de señalización horizontal.
- Base de datos y shape con el inventario revisado de semaforización.

6 COMPONENTE 3. MODELAMIENTO, DIAGNÓSTICO Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA MOVILIDAD VEHICULAR URBANA

Las metodologías modernas para el proceso de planificación del transporte se basan en un esquema como el siguiente:



El proceso de planificación exige una continua toma de información de los sistemas de actividades y de transporte, que permitan conocer el desarrollo de algunas variables y verificar o corregir otras que previamente hayan sido estimadas. Se requiere entonces crear, mantener y actualizar un banco de datos que evitará elevados costos puntuales en el momento de planear proyectos, garantizará conocer la eficiencia de aquellos que estén en funcionamiento, permitirá establecer la forma como se están consumiendo los recursos y aportará elementos para la revisión y puesta al día de planes en forma continua.

Con base al enfoque metodológico, la Universidad propone los siguientes componentes de este componente de modelamiento, diagnóstico y alternativas de solución.

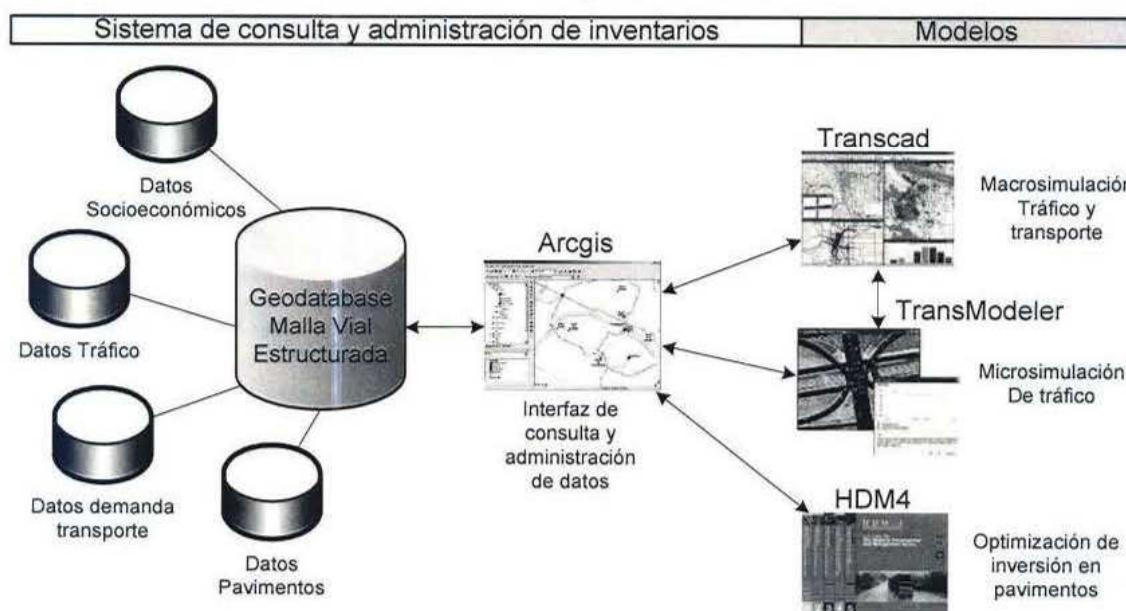
- Diseño e implementación del sistema de información para la administración del inventario vial y de estudios de tráfico y transporte.
- Modelamiento para la optimización del flujo vehicular e intermodal.
- Modelamiento para la gestión del mantenimiento, rehabilitación y mejoramiento de pavimentos urbanos.

6.1 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL INVENTARIO VIAL Y DE ESTUDIOS DE TRÁFICO Y TRANSPORTE

Se diseñará un sistema de información georreferenciado para la consulta, actualización y administración de la malla vial urbana en los temas de infraestructura vial, aforos vehiculares, matrices de Origen - Destino, dispositivos de regulación y control del tráfico, que permita la interacción (importación y exportación) de datos con los software especializados para modelamiento como, TRANSCAD, TRANSMODELER y HDM4, entre otros requeridos para la planificación del transporte urbano durante el proyecto.

Esta herramienta informática se empleará como un instrumento para el desarrollo del proyecto, por lo que solo se contempla los recursos para su instalación y puesta en marcha dentro de las instalaciones de la Universidad, haciendo uso de la plataforma tecnológica y las licencias propias de la Universidad. En esta propuesta no se contempla los costos de operación, instalación o puesta en marcha de la herramienta en otro sitio.

Conceptualmente la herramienta tendrá la siguiente estructura:



6.2 MODELAMIENTO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL FLUJO VEHICULAR.

6.2.1 Definición de la Red de Tránsito y Transporte

Con base en la cartografía utilizada para la conceptualización del SIG se actualizara y/o validará la malla vial a utilizar estableciendo la red de tránsito y transporte de base para los modelos definiendo links y nodos con sus respectivas características espaciales.

6.2.2 Información Socioeconómica

Se recopilará y analizará la información contenida en los planes de ordenamiento territorial y en el último censo poblacional de manera tal que se caractericen las zonas del modelo de transporte incluyéndose impactos relacionados con proyectos de desarrollo habitacional, comercial e institucional.

6.2.3 Elaboración de Matrices Origen-Destino

A partir de la información relacionada con encuestas domiciliarias y las matrices Origen - Destino para transporte público utilizada para modelar el sistema de transporte masivo, se realizará un análisis de generación y atracción de viajes en cada una de las zonas del Área Metropolitana de Bucaramanga que faciliten la construcción de matrices modales de tránsito público y privado.

6.2.4 Proyección de Matrices Origen-Destino y Aforos Vehiculares

Una vez obtenida las matrices del año base se realizará su proyección teniendo en cuenta las tasas de crecimiento con base a lo establecido en los planes de ordenamiento territorial y a las proyecciones poblacionales necesarias para proyectar las matrices y los aforos vehiculares a los años de análisis requeridos para el proyecto.

6.2.5 Estimación de la Demanda de Transporte y Transito

Con base en la malla vial, los sistemas de rutas y las matrices se realizarán las estimaciones de demanda. En esta etapa es relevante el uso de la herramienta TransCad que permitirá realizar una modelación modal de la demanda. El uso de esta herramienta está sustentado en la versatilidad que ofrece este software, así como existencia de

información secundaria estructurada bajo esta plataforma. A continuación se presenta una pequeña reseña del software utilizado para la macrosimulación:

6.2.6 TransCAD

TransCAD es un sistema diseñado especialmente para profesionales de transporte con el objeto de almacenar, mostrar, y analizar datos de transporte. TransCAD combina en una sola plataforma integrada las capacidades de modelación del transporte. TransCAD puede usarse para todos los modos de transporte y a cualquier escala geográfica o nivel de detalle. TransCAD permite el análisis de:

- Redes de transporte
- Matrices
- Rutas y sistemas de ruta
- Datos con referencias lineales

Se pueden utilizar los módulos de la aplicación para resolver asignaciones de ruta, casos de logística y otros problemas de transporte con mayor facilidad y eficacia que con cualquier otro producto. Las redes y matrices pueden ser de tamaño casi ilimitado. Las redes de transporte se guardan de una manera muy eficaz, permitiendo a TransCAD resolver problemas de asignación de ruta muy rápidamente. Las redes pueden incluir características detalladas como:

- Restricciones o penalización de giros
- Pasos elevados, pasos inferiores y tramos de sentido único
- Intersección y atributos de la unión
- Terminales intermodales, puntos de transferencia y funciones de retraso
- Conectores de los centroides de zonal
- Clasificaciones de tramos
- El acceso del tráfico y su salida

- Flujos de tráfico y datos de ocupación del transporte público

Con TransCAD, se generan mapas de excelente calidad utilizando docenas de estilos y opciones temáticas, con una paleta de colores ilimitada, y estilos de línea escalables por completo, así como símbolos TrueType. Con unos pocos clics en su mouse, la tecnología de cartografía automática MapWizard® le ayuda a crear mapas por código de color y patrón, mapas de densidad de puntos, mapas con símbolos por escala y mapas con gráficas integradas. TransCAD también proporciona funciones especializadas para aplicaciones de transporte: Presentación automática de sentidos viales.

- Etiquetado dinámico del mapa que se ajusta a la escala del mapa.
- Mapas de rutas posibles que muestran diferentes alternativas, una junto a otra para una mayor visibilidad.
- Mapas de líneas de deseo que muestran los flujos entre zonas de viaje.

Paralelo al proceso de macrosimulación se ingresan los datos de aforos al software de microsimulación el cual se encuentra integrado al sistema de macrosimulación permitiendo realizar la calibración de cada uno de los sistemas y generar sub-matrices para analizar zonas de influencia completas en cada uno de los sectores de análisis.

A continuación se presentan las potencialidades del software de microsimulación a utilizar.

6.2.7 TransModeler

Complementario al sistema TransCAD se propone la utilización del software de microsimulación de tránsito y transporte TrasnModeler. Este sistema es un potente y versátil paquete de simulación, aplicable a una amplia gama de tareas de planeamiento y modelamiento de tráfico. TransModeler puede simular toda clase de redes de viales, desde autopistas hasta calles de los centros de las ciudades, y puede analizar redes multimodales de áreas extensas con gran detalle y fidelidad. Puede animar el

comportamiento de sistemas de tráfico complejos para ilustrar la circulación de tráfico, la operación semafórica, y el funcionamiento conjunto de la red.

TransModeler simula una amplia gama de tipos de servicios que incluyen redes urbanas de uso mixto y redes de autopistas, y puede ser adaptado fácilmente para modelar áreas geográficas específicas tales como centros de las ciudades, corredores de autopistas o carreteras de circunvalación.

- Modela autopistas y vías urbanas en la misma red con modelos de comportamiento del conductor que son sensibles a las interacciones complejas entre vehículos en áreas de convergencia de tráficos y en intersecciones.
- Modela glorietas con modelos de comportamiento del conductor que captura la interacción exclusiva entre los vehículos que ingresan y los que circulan en la glorieta.
- Modela carriles para automóviles de alta ocupación, carriles de buses e instalaciones de peaje para un mejor entendimiento de sus efectos en la dinámica del sistema de tráfico.
- Modela planes de evacuación y escenarios para responder a desastres naturales, derrames peligrosos y otro tipo de emergencias.
- Modela zonas de trabajo para manejar el tráfico durante la construcción o ejecución de planes de mantenimiento.

TransModeler es un simulador multimodal. Con TransModeler se pueden simular sistemas de transporte público en buses o trenes con sus frecuencias y programación de servicios.

- Crea, edita y mantiene rutas y paraderos en una base de datos geográfica unida a tablas de atributos relacionales abiertas.
- Define intervalos de las rutas y variaciones en el intervalo para simular servicios frecuentes de transporte público basados en su intervalo.

- Define la programación de servicios para simular servicios basados en la programación.
- Asigna parámetros de espera y capacidad en puestos sentado y de pie para clases de vehículos de transporte público.
- Modela señalización semafórica basada en preferencias en intersecciones.

Utilizado en combinación con TransCAD - TransModeler se genera una potente capacidad para integrar demanda y modelación de tráfico. Encuestas de demanda pueden ser supeditadas a un análisis operacional más detallado con TransModeler. Los resultados de la asignación de tráfico pueden ser modelados dinámicamente en el dominio del tiempo para identificar cuellos de botella, colas, y la capacidad actual de la red vial. Usándolos juntos se puede entender mejor el impacto de proyectos de construcción importantes sobre la distribución de viajes, la escogencia modal y la escogencia de ruta.

6.2.8 Determinación de Puntos Críticos

Una vez realizada la modelación en cada uno de las escalas propuestas, se realizará la determinación de tramos y nodos críticos.

Esta etapa se realizará en dos ámbitos:

- Puntos Críticos Pre-estimados: Carrera 27-Avenida Quebrada Seca, Carrera 27-Calle 56, Diagonal 15-Calle 56 y Neomundo.
- Puntos Críticos Resultantes: Sectores de conflicto encontrados una vez se realicen los procesos de simulación.

6.2.9 Modelación de las Alternativas Propuestas

Para cada una de las alternativas de solución propuestas para los puntos críticos pre-estimados, se realizarán las microsimulaciones que permitan definir los niveles de servicio para la línea base y los horizontes definidos para el proyecto.

6.2.10 Definición de Parámetros para Estudios Definitivos

Para los puntos críticos resultantes se establecerán las directrices necesarias para la realización de los estudios definitivos de manera tal que se realicen los análisis requeridos para la óptima solución de los conflictos.

6.2.11 Subproductos del Modelamiento para Optimización de Flujos Vehiculares en la Malla Vial

Los subproductos del modelo para optimización de flujos vehiculares en la malla vial son los siguientes:

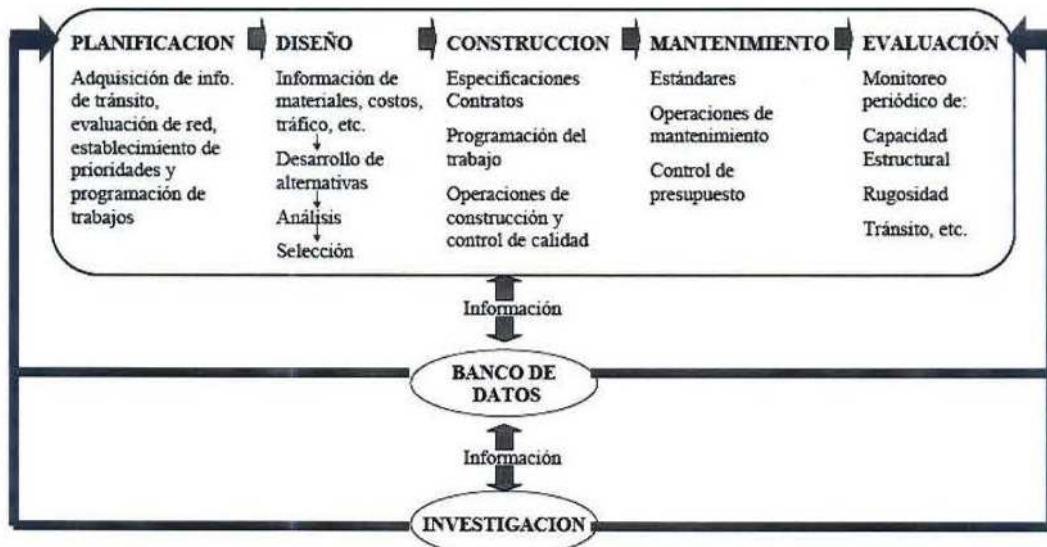
- Mapas temáticos con flujos de tráfico y puntos críticos analizados
- Videos de las microsimulaciones realizadas
- Informes que involucren los análisis realizados.
- Matrices en formato .xls definidas para transporte público y privado.
- Base de datos requerida para el modelamiento futuro y para el establecimiento de planes de gestión de tráfico.
- Términos de referencia desde el punto de vista de tránsito, para la contratación de los estudios definitivos que determinen las soluciones para los puntos críticos definidos.

6.3 MODELAMIENTO PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO, REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE PAVIMENTOS URBANOS.

Los pavimentos son diseñados para un tiempo de vida determinado, para que el pavimento entregue el servicio esperado deben realizarse actividades de conservación adecuadas, esta situación incentiva a la creación de los Sistemas de Gestión de Pavimentos (SGP) definiéndose éstos como: *el conjunto de operaciones que tienen como objetivo conservar por un periodo de tiempo las condiciones de seguridad, comodidad y durabilidad de los pavimentos*.

capacidad estructural adecuadas para la circulación, soportando las condiciones climáticas y de entorno de la zona en que se ubica la vía en cuestión. Todo lo anterior minimizando los costos monetarios, sociales y ecológicos.

En el siguiente esquema se presenta la estructura general de un sistema de gestión de pavimentos, en la cual se puede identificar la planificación, el diseño, la construcción, el mantenimiento, la evaluación, la base de datos y la investigación.



La presente propuesta se enfoca hacia el fortalecimiento del proceso de planificación, evaluación, información e investigación.

6.3.1 Presentación del Modelo HDM-4

El modelo del Banco Mundial, Highway Design and Maintenance Standards Model (HDM) ha sido ampliamente utilizado por consultores y organismos administradores de pavimentos para investigar las consecuencias económicas que tienen las inversiones de infraestructura vial. La versión HDM-III (que fue liberada en 1987) sólo podía ser empleada para la evaluación de pavimentos flexibles, esto obligó al desarrollo de la versión HDM-4 que cubre esta y otras deficiencias tales como los aspectos de congestión,

efectos ambientales, seguridad en el tránsito, efectos que puede tener la textura del pavimento.

Para el desarrollo del HDM-4 se contó con el patrocinio de importantes instituciones internacionales además de contar con el apoyo de gobiernos nacionales y de otras organizaciones, destacándose particularmente:

- Asian Development Bank (ADB)
- Overseas Development Administration (ODA de UK)
- Swedish National Roads Administration (SNRA de Suecia)
- World Bank (IBRD)

El objetivo del proyecto era producir herramientas mejoradas para el desarrollo de estrategias técnicas y económicas en el sector de vías terrestres para ser utilizadas en la planificación, determinación de presupuestos, seguimiento y administración de redes carreteras ya sea dentro de la organización contando con los sistemas de administración existentes o como herramientas analíticas de asistencia a la administración de redes viales.

El Sistema HDM-4 está basado en:

- Relaciones físicas y económicas derivadas de un extenso estudio sobre el deterioro de pavimentos,
- El efecto de conservación de pavimentos.
- Costos de operación de los vehículos.
- Modelos de cálculo de las mejores alternativas de conservación y de los distintos tramos de carretera evaluados en un determinado análisis.

Los modelos empleados por HDM-4 son:

- Deterioro de la carretera (RD – Road Deterioration): Este modelo prevé el deterioro futuro del pavimento, en función del tráfico y del estado actual.
- Efectos de las obras (WE - Work Effects): Este modelo simula los efectos de obras en el estado del pavimento y determina los costos asociados.
- Efectos para los usuarios (RUE – Road User Effects): Mediante este modelo se determinan los costos de operación de los vehículos, accidentes y tiempo de viaje.
- Efectos sociales y medioambientales (SEE - Social and Environment Effects): Determina los efectos de las emisiones de los vehículos y el consumo de energía.

Mediante el uso de estos modelos se calcula:

1. Según el periodo de evaluación, la tramificación del pavimento y la alternativa o estrategia de conservación, las condiciones de la carretera y los recursos a utilizar para su conservación; así como las velocidades de los vehículos y los recursos físicos consumidos por la operación de vehículos.
2. Al haber sido estimadas las cantidades físicas necesarias para construcción, obras y operación de vehículos, se aplican los precios y costos unitarios especificados por los usuarios para determinar los costos económicos de las distintas alternativas.
3. Seguido, se calculan los beneficios relativos a las diferentes alternativas, el valor actual y de la tasa de rentabilidad.
4. Por último se compararan los valores actuales netos de cada alternativa para obtener la mejor solución con el fin lograr un menor costo del transporte.

En la Gestión de pavimentos el HDM-4 realiza las siguientes funciones:

Planificación: consiste en el análisis de un sistema de carreteras en su conjunto, definiéndose presupuestos a medio y largo plazo, y estimándose gastos de desarrollo y conservación de carreteras bajo distintos escenarios presupuestarios.

Programación: consiste en el desarrollo de programas plurianuales de obras tanto de construcción como de conservación de tramos de la red, que generalmente están condicionados por limitaciones presupuestarias, teniendo que definirse las actuaciones a realizar en función de un análisis costo - beneficio.

Preparación: en este nivel se define en detalle cómo se llevarán a cabo los distintos tipos de obras a ejecutar sobre un tramo de carretera.

Operación: consiste en el desarrollo de las tareas definidas en los pasos definidos anteriormente, y realización de un seguimiento detallado de los trabajos realizados.

Las funciones que se realizarán mediante esta propuesta son las de planificación y programación.

6.3.2 Tipificación de Tramos Viales

El modelo HDM-4 requiere como insumo la red vial, sin embargo como el objetivo es desarrollar un análisis bajo un escenario de planificación a largo plazo, se deberá tipificar la malla vial en tramos con características homogéneas:

Para clasificar los tramos viales de toda la malla se utilizaran los siguientes criterios:

- Estado actual de la superficie de rodadura. (muy bueno, bueno, regular, malo y muy malo)
- Demanda de flujo vehicular (alto, medio, bajo)
- Tipo de pavimento (flexible, rígido, otros)
- Importancia funcional para la malla vial

La clasificación por el estado de pavimento es un resumen de cada una de las variables levantadas durante el inventario, entre las que están: espesores de capas, índices de rugosidad, deflexión característica.

Esto permitirá la clasificación de los 400 km de la malla vial en un conjunto de tipos de tramos viales que serán cargados al sistema para un análisis de largo plazo.

6.3.3 Datos del Parque Automotor y Ajustes a los Costos de Operación

El sistema se fundamenta en una clasificación internacional del parque automotor, por lo que es necesario adaptarlo al sistema nacional de clasificación de vehículos. Como se muestra a continuación.



Esto implica ingresar cada una de las especificaciones técnicas para cada tipo de vehículo como dimensiones, pesos sobre ejes entre otros.

De igual forma, los costos de operación para cada tipo de vehículo, deben ser ajustados como entrada al modelo HDM-4, que permita reflejar las condiciones reales del Municipio de Bucaramanga.

Se espera desarrollar una investigación con empresas de transporte público de buses, taxis y transporte de carga donde se realice control histórico de los costos de operación para los vehículos, con el fin ajustar estos parámetros al modelo.

6.3.4 Definición de Alternativas de Intervención

La Universidad en concertación con la administración municipal definirán las diferentes alternativas de intervención que sobre las vías urbanas puedan llevarse a cabo, entre esas se deben contemplar algunas de las siguientes:

- Sobrecarpetas (3cm, 5cm, 8cm, 10cm)
- Tratamiento superficiales (Slurry seal)
- Reparcheo
- Sello de fisuras
- Reconstrucción del pavimento
- Pavimentar (en caso de afirmado)

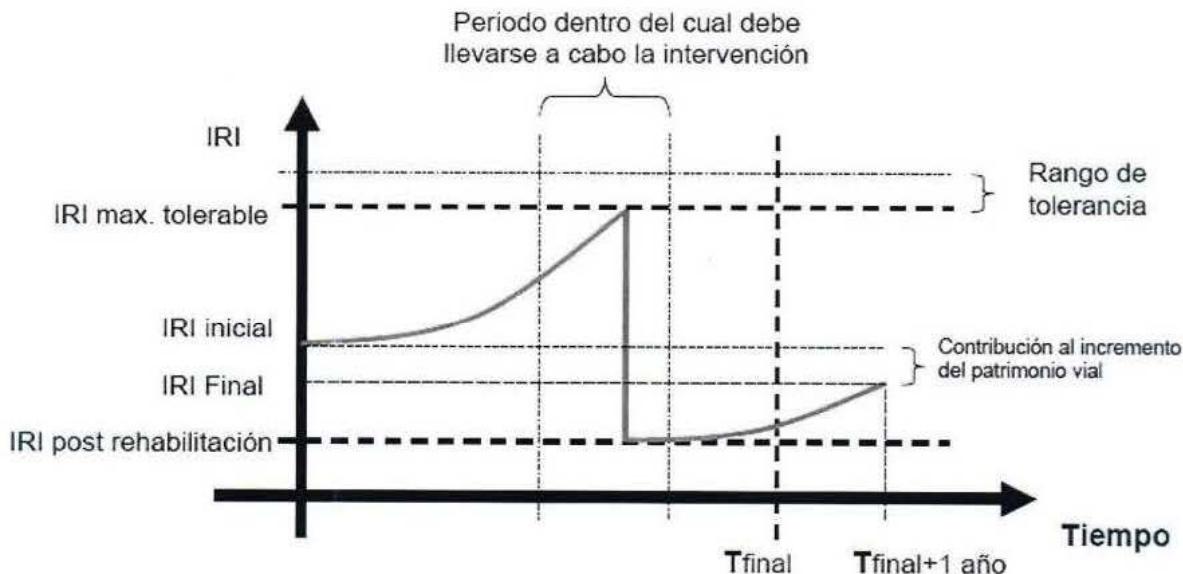
El modelo permite definir un juego opciones entre las diferentes alternativas, y posteriormente dará un resultado de la mejor alternativa con respecto a la relación Beneficio - Costo.

Para cada una de las intervenciones será necesario validar los análisis de precios unitarios, con fecha base 2009.

6.3.5 Definición de Umbrales de Calidad en la Capas de Rodadura

Resulta determinante, la calibración de las condiciones límite o umbrales de estado y calidad de los pavimentos al que se desea trabajar en la malla. Es decir las condiciones críticas hasta las que se puede dejar sin intervención un tramo vial, esto se realiza mediante la definición de valores máximos para variables como el IRI (índice de rugosidad).

A continuación se presenta un esquema tipo del proceso de deterioro e inversión sobre un pavimento.



La matriz de umbrales de intervención se expresa en términos de área y severidad de daños sobre el pavimento, así como de índices como el IRI, en el siguiente cuadro se presenta un ejemplo de una matriz de umbrales:

Categoría de la vía	Fisuración (%)		Baches (%)		Deflexión (1/100 mm)		Adherencia (CRD)		Regularidad (IRI)	
	Rec.	Obl.	Rec.	Obl.	Rec.	Obl.	Rec.	Obl.	Rec.	Obl.
A	15	50	10	35	100	125	0.45	0.35	3	4
B	25	40	20	30	125	160	0.40	0.35	4	5
C	35	60	30	40	160	185	0.40	0.35	5	6.5
D	50	65	35	50	180	200	0.35	0.30	5.5	9

6.3.6 Modelo de Estimación de Costos de Intervención a Mediano y Largo Plazo sin Restricción Presupuestal

En esta etapa el experto en pavimentos en conjunto con el economista, modelan las características actuales de los tipos vías, con un juego de alternativas de intervención a nivel de programas de mantenimiento, rehabilitación, mejoramiento. Esto permite

mediante la cuantificación de los beneficios (reducción en costos de operación, reducción de impactos ambientales, impactos sociales y políticos) y la estimación de los costos de intervención multianual en las vías, elegir la mejor estrategia de intervención.

Como resultado de esta etapa se presenta el plan plurianual de inversiones sin restricciones a presupuesto después de asociar los costos calculados para los tipos de vías y la expansión de estos a la malla vial completa.

6.3.7 Modelo de Estimación de Costos de Intervención a Mediano y Largo Plazo con Restricciones Presupuestales

El equipo técnico de la Universidad, realizará un estudio las actuales fuentes de financiación del municipio para proyectos de inversión en infraestructura vial y proyectará estos recursos anualmente por el periodo de análisis, con estos datos ingresados en el software se correrá nuevamente el modelo, contemplando el presupuesto disponible.

Como resultado se ajustaran las alternativas y los años de ejecución de la intervención, que permitirá generar el plan plurianual de inversiones con las restricciones presupuestales.

6.3.8 Modelo de Estimación de Costos de Intervención a Corto Plazo con Restricciones Presupuestales en Corredores y/o Tramos Viales Priorizados

Con base en los resultados del modelamiento para la optimización de tráfico sobre la malla vial urbana, en el que son priorizados corredores para una adecuada movilidad vehicular, así como de aquellos tramos viales con un alto grado de deterioro, se correrá nuevamente el modelo para la elecciones mejores alternativas de mantenimiento para estos tramos priorizados.

Como resultado se espera concretar la propuesta a corto plazo de intervención vial.

6.3.9 Cálculo del Patrimonio Vial Urbano del Municipio de Bucaramanga

Apoyado en el sistema de administración de inventario infraestructura vial y después de cuantificar los análisis de precios unitarios de construcción y mejoramiento vial urbano, se calculará el patrimonio vial urbano de la ciudad, basado en la metodología de Ministerio de Transporte.

6.3.10 Estructuración Financiera para el Plan de Pavimentación de la Malla Vial Urbana

Con base en los resultados de los modelamientos, se desarrollará una estructuración financiera detallada que confronte con un mayor nivel de detalle las posibilidades de financiamiento para la inversión vial en el mediano y largo plazo, como las concesiones de malla urbana, o concesiones de corredores viales urbanos, valorización entre otras.

6.3.11 Documento Propuesta para el Plan de Inversiones para el Mantenimiento y Mejoramiento de la Malla Vial Urbana

Se desarrolla el documento final con la propuesta para el plan de inversiones para el mantenimiento y mejoramiento de la malla vial urbana, para su posterior estudio por la administración municipal.

6.3.12 Subproductos del Modelamiento para la Gestión del Mantenimiento, Rehabilitación y Mejoramiento de Pavimentos Urbanos

- Tabla y documento con la valoración del patrimonio vial actual
- Tabla consolidada con el plan plurianual de inversiones sin restricciones de presupuesto.
- Tabla consolidada con el plan plurianual de inversiones con restricciones de presupuesto.
- Tabla consolidada con el plan plurianual de escenarios de priorización de corredores y/o tramos priorizados en el corto plazo.

- Documento consolidado con las recomendaciones para la financiación de los proyectos para el mejoramiento y mantenimiento de la malla vial en las modalidades de concesión y/o valorización.
- Shape integrado al sistema administrador de inventarios con los resultados de los modelos.
- Documento propuesta para el plan de inversiones para el mantenimiento y mejoramiento de la malla vial urbana.

7 PRODUCTOS

7.1 PRODUCTOS FASE II

COMPONENTE 2. INVENTARIO DE INFRAESTRUCTURA, TRÁFICO Y TRANSPORTE DE LA MALLA VIAL URBANA DE MEDIANO Y BAJO FLUJO VEHICULAR.	
INVENTARIO DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA MALLA VIAL URBANA DE MEDIANO FLUJO VEHICULAR (200KM).	<p>Sistema de información geográfica (SIG) para la consulta de los datos capturados en el inventario, los cuales incluyen las siguientes variables, por tramo vial:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Tipo de superficie y determinación de áreas (Pavimento flexible, pavimento rígido, afirmado).2. Levantamiento sección transversal de los ejes viales de alto flujo vehicular (200KM). (perfil vial).3. Inventario de la señalización horizontal y vertical existente por tramo vial.4. Cuantificación y calificación de los tramos viales mediante inspección visual detallada de patologías de los pavimentos.5. Espesores de carpeta asfáltica, mediante extracción de núcleos con una frecuencia de 250m por calzada.6. Ensayos de granulometría y límites líquido y plástico sobre el material de subrasante para vías en afirmado.7. Índice de Regularidad (IRI), con rugosímetros manuales, por calzada para cada tramo vial.8. Deflexión característica, mediante el uso de Viga Benkelman en pavimentos flexibles.9. Base de datos y shapes con la información referente a las direcciones de flujo vehicular por tramo.10. Base de datos y shapes con la información referente a restricciones de flujo vehicular en los nodos o intersecciones de la malla vial.
INVENTARIO DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA MALLA VIAL URBANA DE BAJO FLUJO VEHICULAR (100KM).	<p>Sistema de información geográfica (SIG) para la consulta de los datos capturados en el inventario, los cuales incluyen las siguientes variables, por tramo vial:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Tipo de superficie y determinación de áreas (Pavimento flexible, pavimento rígido, afirmado).2. Levantamiento sección transversal de los ejes viales de alto flujo vehicular (200KM). (perfil vial).3. Inventario de la señalización horizontal y vertical existente por tramo vial.4. Cuantificación y calificación de los tramos viales mediante inspección visual detallada de patologías de los pavimentos.5. Base de datos y shapes con la información referente a las direcciones de flujo vehicular por tramo.6. Base de datos y shapes con la información referente a restricciones de flujo vehicular en los nodos o intersecciones de la malla vial.

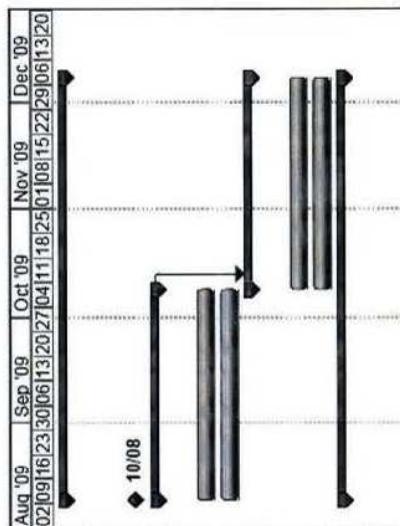
7.2 PRODUCTOS FASE III

COMPONENTE 3. MODELAMIENTO, DIAGNÓSTICO Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA MOVILIDAD VEHICULAR URBANA	
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL INVENTARIO VIAL Y DE ESTUDIOS DE TRÁFICO Y TRANSPORTE	<ul style="list-style-type: none"> 1. Base de datos de inventario de infraestructura vial 2. Base de datos con datos de tráfico y transporte 3. Aplicaciones en Arcgis para la consulta y actualización de datos para el inventario <p>(La herramienta se deja operando en las instalaciones de la UIS, esta propuesta no contempla los costos de plataforma tecnológica, ni de licencias para ser instalado en otro sitio)</p>
MODELAMIENTO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL FLUJO VEHICULAR.	<ul style="list-style-type: none"> 1. Mapas temáticos con flujos de tráfico y puntos críticos analizados 2. Videos de las microsimulaciones realizadas 3. Informes que involucren los análisis realizados. 4. Matrices en formato .xls definidas para transporte público y privado. 5. Base de datos requerida para el modelamiento futuro y para el establecimiento de planes de gestión de tráfico. 6. Términos de referencia desde el punto de vista de tránsito, para la contratación de los estudios definitivos que determinen las soluciones para los puntos críticos definidos.
MODELAMIENTO PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO, REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE PAVIMENTOS URBANOS.	<ul style="list-style-type: none"> 1. Tabla y documento con la valoración del patrimonio vial actual 2. Tabla consolidada con el plan plurianual de inversiones sin restricciones de presupuesto. 3. Tabla consolidada con el plan plurianual de inversiones con restricciones de presupuesto. 4. Tabla consolidada con el plan plurianual de escenarios de priorización de corredores y/o tramos priorizados en el corto plazo. 5. Documento consolidado con las recomendaciones para la financiación de los proyectos para el mejoramiento y mantenimiento de la malla vial en las modalidades de concesión y/o valorización. 6. Shape integrado al sistema administrador de inventarios con los resultados de los modelos. 7. Documento propuesta para el plan de inversiones para el mantenimiento y mejoramiento de la malla vial urbana.

8.1 PROGRAMACION FASE II

8 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

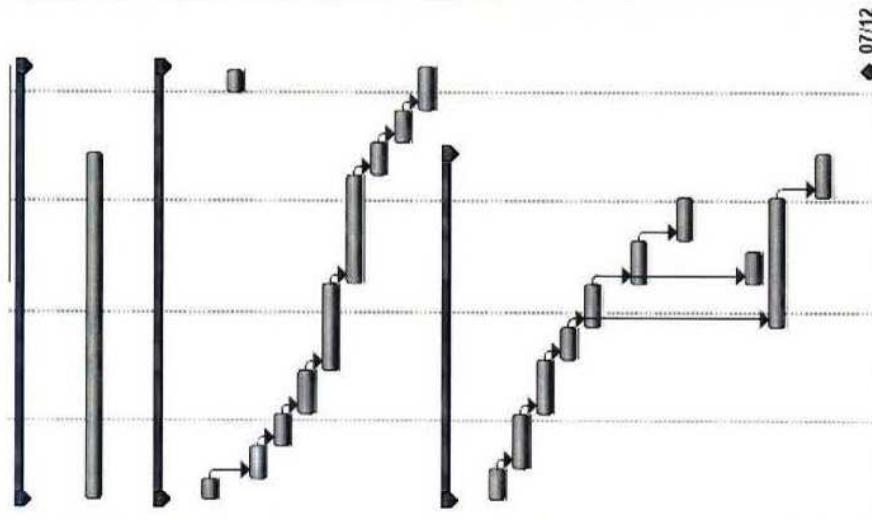
ID	Task Name	Duration	Start	Finish
1	COMPONENTE 2. INVENTARIO DE INFRAESTRUCTURA, TRÁFICO Y TRANSPORTE DE LA MALLA VIAL URBANA, DE MEDIANO Y BAJO FLUJO VEHICULAR (300km)	4 mons	Mon 10/08/09	Mon 07/12/09
2	INVENTARIO DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA MALLA VIAL DE MEDIANO FLUJO VEHICULAR (200km)	0 wks	Mon 10/08/09	Mon 10/08/09
3	Levantamiento de las características geométricas de la malla vial	2 mons	Mon 10/08/09	Thu 08/10/09
4	Características de la estructura de pavimento	10 wks	Mon 10/08/09	Thu 08/10/09
5	INVENTARIO DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA MALLA VIAL DE BAJO FLUJO VEHICULAR (100km)	2 mons	Mon 10/08/09	Fri 09/10/09
6	Levantamiento de las características geométricas de la malla vial	10 wks	Mon 10/08/09	Mon 07/12/09
7	Características de la estructura de pavimento	10 wks	Fri 09/10/09	Mon 07/12/09
8	COMPONENTE 3. MODELAMIENTO, DIAGNÓSTICO Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA MOVILIDAD VEHICULAR URBANA	4 mons	Mon 10/08/09	Mon 07/12/09



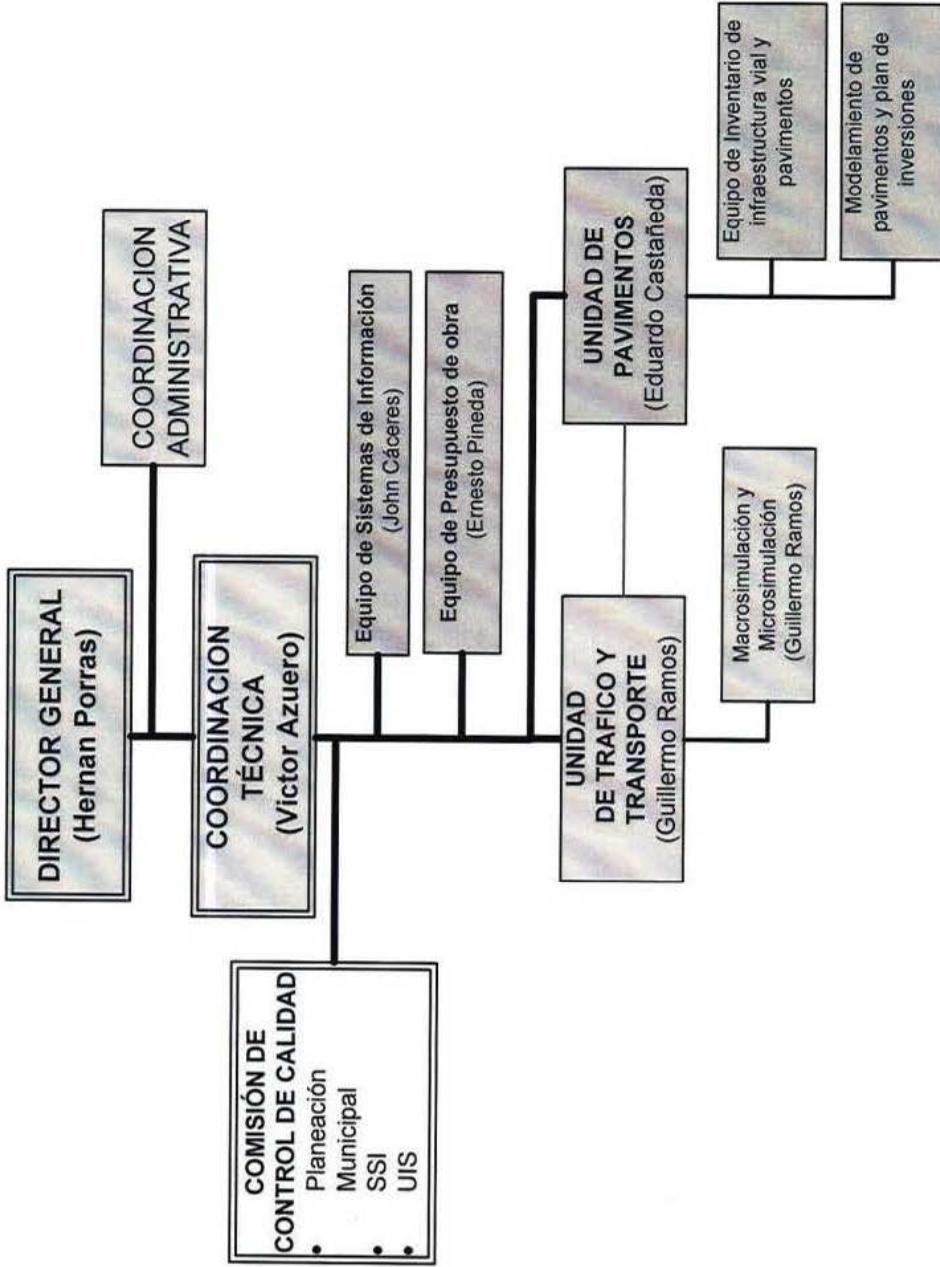
8.2 PROGRAMACION FASE III

9	COMPONENTE 3. MODELAMIENTO, DIAGNÓSTICO Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA MOVILIDAD VEHICULAR URBANA	4 mons	Mon 10/08/09	Mon 07/12/09
10	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL INVENTARIO VIAL Y DE ESTUDIOS DE TRÁFICO Y TRANSPORTE	16 wks	Mon 10/08/09	Fri 13/11/09
11	MODELAMIENTO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL FLUJO VEHICULAR E INTERMODAL	4 mons	Mon 10/08/09	Mon 07/12/09
12	Definición de la Red de Tránsito y Transporte	1 wk	Mon 10/08/09	Sat 15/08/09
13	Información Socioeconómica	1 wk	Tue 01/12/09	Sun 06/12/09
14	Elaboración de Matrices Origen Destino	1,5 wks	Sun 16/08/09	Mon 24/08/09
15	Proyección de Matrices Origen Destino y Aflores Vehiculares	1,5 wks	Tue 25/08/09	Wed 02/09/09
16	Estimación de la Demanda de Transporte y Tránsito	2 wks	Thu 03/09/09	Mon 14/09/09
17	Macrosimulación	4 wks	Tue 15/09/09	Thu 08/10/09
18	Microsimulación	5 wks	Fri 09/10/09	Sat 07/11/09
19	Determinación de Puntos Críticos	1,5 wks	Sun 08/11/09	Mon 16/11/09
20	Modelación de las Alternativas Propuestas	1,5 wks	Tue 17/11/09	Wed 25/11/09
21	Definición de Parámetros para Estudios Definitivos	2 wks	Thu 26/11/09	Mon 07/12/09
22	MODELACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO, REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE PAVIMENTOS URBANOS	3,2 mons	Mon 10/08/09	Fri 13/11/09
23	Tipificación de tramos viales	1,5 wks	Mon 10/08/09	Tue 18/08/09
24	Datos del parque automotor y ajustes a los costos de operación	2,5 wks	Wed 19/08/09	Wed 02/09/09
25	Definición de alternativas de intervención	2,5 wks	Thu 03/09/09	Thu 17/09/09
26	Definición umbrales de calidad en las capas de rodadura	1,5 wks	Fri 18/09/09	Sat 26/09/09
27	Modelo de estimación de costos de intervención a mediano y largo plazo sin restricción presupuestal	2 wks	Sun 27/09/09	Thu 08/10/09
28	Modelo de estimación de costos de intervención a mediano plazo y largo plazo con restricciones presupuestales	2 wks	Fri 09/10/09	Tue 20/10/09
29	Modelo de estimación de costos de intervención a corto plazo con restricciones presupuestales en corredores y/o tramos viales priorizados	2 wks	Wed 21/10/09	Sun 01/11/09
30	Cálculo del patrimonio vial urbano de Bucaramanga	1,5 wks	Fri 09/10/09	Sat 17/10/09
31	Estructuración financiera, para el plan de pavimentación de malla vial urbana	6 wks	Sun 27/09/09	Sun 01/11/09
32	Documento propuesta para el plan de inversiones para el mantenimiento y mejoramiento de la malla vial urbana	2 wks	Mon 02/11/09	Fri 13/11/09
33	Fin	0 wks	Mon 07/12/09	Mon 07/12/09

◆ 07/12



9 ORGANIGRAMA



A continuación se presenta una breve relación de los profesionales, expertos temáticos y técnicos involucrados en el proyecto.

Cargo	Área de especialidad	Actividades Asignadas
Director General	Ingeniero civil, amplia experiencia en dirección de proyectos de ingeniería	Dirección general técnica y administrativa, apoyo en la orientación metodológica y logística, gestión administrativa y legal ante la administración municipal, búsqueda y selección de los profesionales expertos en áreas específicas.
Coordinador técnico	Ingeniero Civil, con experiencia específica en coordinación proyectos de consultoría	Coordinación técnica de las unidades de diseño de intersecciones, tráfico y transporte y la de pavimentos e infraestructura, orientador científico, interlocutor ante la comisión de control de calidad conformada por la secretaría de planeación municipal, la sociedad santandereana de ingenieros y la UIS.
Coordinador administrativo	Ingeniero o economista con experiencia en la gestión y manejo administrativo de proyectos de ingeniería	Manejo administrativo y contractual de cada uno de los profesionales y técnicos involucrados en el proyecto. Apoyar las actividades de contractuales y legales con la entidad contratante. Ingeniero quien asume toda la gestión para la compra de equipos, alquileres de equipos, alquileres de vehículos, contratación de todo el equipo profesional y técnico.
Coordinador de la Unidad tráfico y transporte	Ingeniero civil con amplia experiencia específica en tráfico y transporte	Coordinador de los equipos de trabajo de campo (aforos vehiculares, encuestas de origen – destino) y del equipo de macrosimulación y microsimulación de la red vial urbana. Orientador científico de modelamiento. Selección y capacitación de supervisores de comisiones de campo y del equipo de ingenieros para procesamiento y análisis de la información.
Coordinador de la Unidad Pavimentos e infraestructura	Ingeniero civil especialista en pavimentos.	Coordinador de los equipos de trabajo de campo (inventario de infraestructura vial y de patología de pavimentos) y del equipo modelamiento de estados de pavimentos y planificación de inversiones para el mantenimiento y mejoramiento de la malla urbana. Orientador científico en pavimentos. Selección y

Cargo	Área de especialidad	Actividades Asignadas
		capacitación de supervisores de comisiones de campo y del equipo de ingenieros para procesamiento y análisis de la información.
Coordinador del equipo de sistemas de información	Ingeniero de sistemas, experto en desarrollo de sistemas de información alfanumérica y espacial	Coordinador del equipo de profesionales para la estructuración de información y programadores de aplicativos SIG. Articulación con los coordinadores las unidades técnicas para identificación de los requerimientos de información y de entrega de resultados, Orientar el desarrollo de aplicativos con el fin de integrar las necesidades de los diferentes usuarios internos y externos al proyecto. Elegir la plataforma tecnológica idónea para el proyecto tanto para su operación interna, como para la unidad de consulta para la alcaldía y la comisión de control de calidad.
Coordinador del equipo de presupuestos de obras	Ingeniero civil, amplia experiencia en presupuesto de obras.	Coordinador del equipo de profesionales para la conformación de presupuestos para las intersecciones viales y para el plan de intervenciones en pavimentos de la malla vial urbana.

10 PRESUPUESTO

CONCEPTO	VALOR
PRESUPUESTO FASE II INVENTARIO DE INFRAESTRUCTURA DE LA MALLA VIAL URBANA DE MEDIANO Y BAJO FLUJO VEHICULAR	\$ 777.838.767
PRESUPUESTO FASE III MODELAMIENTO, DIAGNOSTICO Y ALTERNATIVAS DE SOLUCION PARA LA OPTIMIZACION DE LA MOVILIDAD VEHICULAR URBANA.	\$ 920.683.154
VALOR TOTAL PROYECTO FASES II Y III:	\$ 1.698.521.921

PRESUPUESTO FASE 2.

INVENTARIO DE INFRAESTRUCTURA DE LA MALLA VIAL URBANA DE MEDIANO Y BAJO FLUJO VEHICULAR

CARGO / OFICIO	CANTIDAD (1)	HONORARIOS MES (2)	DEDICACIÓN (3)	FACTOR MULTIPLICADOR (4)	VALOR PARCIAL (\$) (1)*(2)*(3)*(4)=(5)
COSTOS DIRECTOS DE PERSONAL					
Personal Profesional					
Director General	1	\$ 7.000.000	1,00	1,95	\$ 13.650.000
Ingeniero Coordinador Técnico	1	\$ 7.000.000	4,00	1,95	\$ 54.600.000
Ingeniero Coordinador Administrativo	1	\$ 3.500.000	2,00	1,95	\$ 13.650.000
Experto en pavimentos	1	\$ 6.000.000	2,00	1,95	\$ 23.400.000
Experto en tráfico	1	\$ 6.000.000	2,00	1,95	\$ 23.400.000
Experto en SIG	1	\$ 6.000.000	4,00	1,95	\$ 46.800.000
Ingeniero de soporte oficina	3	\$ 3.500.000	4,00	1,95	\$ 81.900.000
Ingeniero supervisor de campo	2	\$ 2.500.000	4,00	1,95	\$ 39.000.000
Técnico auxiliar en áreas de Ingeniería	6	\$ 1.500.000	4,00	1,95	\$ 70.200.000
SUBTOTAL COSTOS DE PERSONAL = SUMATORIA DE (5) = (A)					\$ 366.600.000
OTROS COSTOS DIRECTOS					
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD (7)	VALOR UNITARIO (8)	FACTOR MULTIPLICADOR (9)	VALOR PARCIAL (\$) (7)*(8)*(9) = (10)
LEVANTAMIENTO DE CAMPO					
Inventario de red vial urbana que incluye (geometría en planta, inspección de daños, auscultación mediante núcleos, levantamiento de señalización horizontal - vertical, caracterización de subrasante con ensayos de laboratorio, espesores de capas, determin	KM	200	\$ 699.354	1,20	\$ 167.844.960
Inventario de red vial urbana que incluye (geometría en planta, inspección de daños, levantamiento de señalización horizontal - vertical - no se realizan ensayos)	KM	100	\$ 687.042	1,20	\$ 82.445.040
SUBTOTAL LEVANTAMIENTO DE CAMPO					\$ 250.290.000
GASTOS DE EJECUCIÓN					
GPS Base de alta precisión	DIA	90	100.000	1,10	\$ 9.900.000
Alquiler de Computadores	MES	50	260.000	1,10	\$ 14.300.000
Ensayos laboratorio de granulometría y límites	ENSAYO	500	69.539,8	1,10	\$ 38.246.890
Comunicaciones	MES	4	390.000	1,10	\$ 1.716.000
Transporte urbano complementario	DIA	90	250.000	1,10	\$ 24.750.000
Papelaria	MES	4	1.300.000	1,10	\$ 5.720.000
Adquisición imágenes de satélite VEXCEL resol 10cm	UNIDAD	100	78.000	1,10	\$ 8.580.000
Alquiler licencias de software especializado	MES	4	5.750.000	1,10	\$ 25.300.000
SUBTOTAL GASTOS DE EJECUCIÓN					\$ 128.512.890
AUDITORIA EXTERNA					
Valor Auditoría Externa (4.17% Valor Costo Directo Total)	Global	\$ 32.435.877		1,00	\$ 32.435.877
SUBTOTAL AUDITORIA EXTERNA					\$ 32.435.877
TOTAL OTROS COSTOS DIRECTOS (B)					\$ 411.238.767
COSTO DIRECTO TOTAL = (A) + (B) = (C)					\$ 777.838.767

PRESUPUESTO FASE 3

**MODELAMIENTO, DIAGNÓSTICO Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PARA LA
OPTIMIZACION DE LA MOVILIDAD VEHICULAR URBANA**

CARGO / OFICIO	CANTIDAD (1)	HONORARIOS MES (2)	DEDICACION (3)	FACTOR MULTIPLICADOR (4)	VALOR PARCIAL (\$) (1)*(2)*(3)*(4)=(5)
COSTOS DIRECTOS DE PERSONAL					
Personal Profesional					
Director General	1	\$ 7,000,000	2.00	1.95	\$ 27,300,000
Ingeniero Coordinador Técnico	1	\$ 7,000,000	2.00	1.95	\$ 27,300,000
Ingeniero Coordinador Administrativo	1	\$ 3,500,000	2.00	1.95	\$ 13,650,000
Asesoría experto tráfico (simulaciones)	GLOBAL	\$ 250,000,000		1.20	\$ 300,000,000
Asesoría experto modelos de pavimentos	GLOBAL	\$ 100,000,000		1.20	\$ 120,000,000
Asesoría experto en presupuestos	1	\$ 6,000,000	2.00	1.95	\$ 23,400,000
Experto Sistemas de información	1	\$ 6,000,000	2.00	1.95	\$ 23,400,000
Ingeniero de soporte oficina	3	\$ 3,500,000	4.00	1.95	\$ 81,900,000
Técnico auxiliar en áreas de ingeniería	6	\$ 1,500,000	2.00	1.95	\$ 35,100,000
SUBTOTAL COSTOS DE PERSONAL = SUMATORIA DE (5) = (A)					\$ 652,050,000
OTROS COSTOS DIRECTOS					
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD (7)	VALOR UNITARIO (8)	FACTOR MULTIPLICADOR (9)	VALOR PARCIAL (\$) (7)*(8)*(9) = (10)
GASTOS DE EJECUCIÓN					
Alquiler de Computadores	MES	20	\$ 260,000	1.10	\$ 5,720,000
Comunicaciones	MES	4	\$ 390,000	1.10	\$ 1,716,000
Pasajes aéreos	UNIDAD	40	\$ 701,242.4	1.10	\$ 30,854,666
Alojamiento y alimentación asesores externos	DIA	40	\$ 200,000	1.10	\$ 8,800,000
Planos e impresiones	UNIDAD	100	\$ 50,000	1.10	\$ 5,500,000
Alquiler licencias de software especializado	MES	2	\$ 5,750,000	1.10	\$ 12,650,000
Plataforma tecnológica	Global	1	\$ 150,000,000	1.10	\$ 165,000,000
SUBTOTAL GASTOS DE EJECUCIÓN					\$ 230,240,666
AUDITORIA EXTERNA					
Valor Auditoria Externa (4.17% Valor Costo Directo Total)	Global	\$ 38,392,488		1.00	\$ 38,392,488
SUBTOTAL AUDITORIA EXTERNA					\$ 38,392,488
TOTAL OTROS COSTOS DIRECTOS (B)					\$ 268,633,154
COSTO DIRECTO TOTAL = (A) + (B) = (C)					\$ 920,683,154