

SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PAVIMENTOS SOBRE LA CIUDAD DE BOGOTÁ

PAVEMENT MANAGEMENT SYSTEM FOR THE CITY OF BOGOTA

José Gonzalo, Ríos Marín¹
Iván Darío, Martínez Arias²

¹ Ing. Civil, M.Sc, Profesor asistente, Facultad de Ingeniería, Investigador grupo ROMA
Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C., Colombia
jose.rios@unimilitar.edu.co

² Ing. Civil, Estudiante, Postgrados de Ingeniería, Investigador grupo ROMA
Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C., Colombia
Ivan.martinez@unimilitar.edu.co

Resumen: Para evitar el deterioro de los pavimentos se establecen procedimientos de administración vial capaces de generar un completo control en cuanto a mantenimiento y rehabilitación. Para realizar dichos procesos se establecen estrategias que permiten identificar el problema, establecer el estado de la vía y consecuentemente proponer el tipo de tratamiento requerido. Lo ideal sería que no se realizaran actividades de rehabilitación, sino que a través de actividades previas de supervisión, se ejecutara un mantenimiento preventivo que garantice el buen estado de los pavimentos. La Gestión de Pavimentos, es una disciplina que engloba todas las actividades involucradas en la planeación, diseño, construcción, evaluación y conservación de los pavimentos de una red de carreteras. En concordancia con lo anterior, esta Gestión de Pavimentos constituye una de las funciones más importantes para cualquier entidad responsable del desarrollo y el mantenimiento de infraestructura vial. El presente artículo muestra la forma en que el gobierno local de la ciudad de Bogotá por intermedio de su Sistema de Administración de Pavimentos del IDU, pretende controlar y mantener en optimas condiciones su Infraestructura Vial espacio público y puentes ya que es una herramienta sistematizada que presta ayuda en la evaluación tanto técnica como económica de los proyectos de mantenimiento, de la infraestructura vial y de espacio público de la ciudad.

Palabras Clave: Administración ó Gestión de Pavimentos, Gestión vial, mantenimiento y rehabilitación, IDU, Infraestructura Vial.

Abstract: To prevent deterioration of the pavement down road management procedures able to generate a full control in terms of maintenance and rehabilitation. To perform these processes are established strategies to identify the problem, establish the rule of the road and consequently propose the type of treatment required. Ideally, not conducting rehabilitation activities, but through previous activities of monitoring, preventive maintenance is executed to ensure the good condition of the pavement. Pavement Management is a discipline that encompasses all activities involved in the planning, design, construction, evaluation and conservation of the pavement of a road network. Consistent with this, this Pavement Management is one of the most important functions for any entity responsible for developing and maintaining infrastructure. This article shows how the local government in Bogotá through its Pavement Management System of IDU, seeks to control and maintain in good condition its road infrastructure and bridges and public space which is a systematic tool that provides assistance in technical and economic evaluation of maintenance projects, road infrastructure and public space in the city

Keywords: Pavement Management Administration or Management, road maintenance and rehabilitation, IDU, Road Infrastructure.

1 Introducción

Las estrategias de mantenimiento y rehabilitación de las estructuras del pavimento son de vital importancia a lo largo de su vida útil, ya que estas se van deteriorando con el tiempo y con el tránsito. El objeto de la administración de pavimentos es la preservación de la inversión inicial mediante la aplicación oportuna de tratamientos adecuados de mantenimiento y rehabilitación para prolongar la vida del pavimento. El mantenimiento y rehabilitación cubren un rango de actividades bastante extenso, que varía desde la corrección de defectos superficiales para mejorar la calidad de la circulación vehicular, hasta las operaciones de reconstrucciones, destinadas a recuperar totalmente la capacidad estructural de la calzada. Debe considerarse que un Sistema de Administración de Pavimentos, como todo sistema de administración, está fundamentado en un ciclo que comprende las etapas siguientes:

- Planeación.
- Programación.
- Ejecución y Control.
- Evaluación de Resultados / Retroalimentación.

El Sistema de Administración de Mantenimiento Vial debe tener implícito un Análisis de Factibilidad Técnico - Económico - Financiero y Ambiental, para evaluar lo más aproximado posible, el monto de las acciones que se requieran para el mejoramiento del pavimento de las vías. Las acciones propuestas para esta área específica están enfocadas a preservar las inversiones en la infraestructura vial y reducir los costos de operación de los vehículos.

El Gobierno local de la ciudad de Bogotá por intermedio de su Instituto de Desarrollo Urbano IDU ha desarrollado actividades de consultoría tendientes a la correcta implementación de las políticas adoptadas mediante el Acuerdo 02 de 1999 suscrito con el Concejo Distrital, este acuerdo establece para la Administración, la obligación de contar con un Sistema de Información de la Malla Vial y del Espacio Público asociado a dicha infraestructura, lo anterior con el objetivo de obtener una herramienta de apoyo para la adecuada gestión y conservación del Patrimonio Vial de la ciudad.

El IDU, ha desarrollado actividades de Inventarios y diagnósticos de su infraestructura vial, basado en lo anterior, ha podido implementar un programa de conservación de su malla vial. Por lo anterior, el objeto de este artículo es mostrar la información existente en el Instituto de Desarrollo Urbano, y analizar la evolución de su actual Sistema de Administración de Pavimentos.

2 Sistema de Gestión de Vial, Implementado Para la Ciudad de Bogotá

Un sistema de gestión de infraestructura es el conjunto de actividades que tienen como objetivo conservar o mantener un elemento constitutivo de la infraestructura, en nuestro caso las vías, andenes, puentes, ciclorutas, entre otros, por un período de tiempo con un nivel de estado tal que ofrezca seguridad y comodidad al usuario. Todo esto para obtener el óptimo rendimiento de los recursos invertidos.

La misión institucional del IDU se enfoca en la ejecución de proyectos de infraestructura física y acciones de mantenimiento y rehabilitación. Lo anterior, enfocado principalmente a disminuir los costos sociales de la población, entendidos como los costos de operación vehicular, tiempos de viaje, costos ambientales y costos por accidentes. Para lograr este objetivo se debe disponer de una completa información del estado de la infraestructura administrada por la Entidad, así como de la formulación, por personal especializado, de programas de mantenimiento que permitan la prevención y corrección de deterioros oportunamente. Con este objetivo se utilizan los sistemas de gestión, que sirven de herramienta para ayudar a la decisión, seleccionando las acciones más adecuadas, determinando su costo y fijando sus prioridades, siempre dentro de las disponibilidades de recursos de la Entidad.

En términos generales, los Sistemas de Gestión son conjuntos de procedimientos y herramientas que tienen como propósito asistir a las organizaciones encargadas de las vías en la aplicación sistemática de procesos relacionados con la gestión de pavimentos, particularmente la identificación de alternativas técnica y

económicamente óptimas para la conservación de la red en el corto y mediano plazos, así como la formulación de programas de mantenimiento.

2.1 Antecedentes

Administrar los Pavimentos, es una disciplina que engloba actividades involucradas en la planeación, diseño, construcción, evaluación y conservación de los pavimentos de una red de carreteras [1]. Por lo anterior, esta Administración de Pavimentos constituye una de las funciones más importantes para el Instituto de Desarrollo Urbano como responsable del desarrollo y el mantenimiento de la infraestructura vial.

El IDU, en la búsqueda del mejor ejemplo a seguir para tener un adecuado sistema de gestión para Bogotá D.C y después de realizar investigaciones y recibir apoyo por parte de entidades internacionales como el Banco Mundial, determinó enfocar sus proyectos hasta obtener un sistema similar al Highway Design and Maintenance Standards Model (HDM-4), que es el modelo de estándares de conservación y diseño de carreteras desarrollado por el Banco Mundial, el cual se viene usando desde hace más de dos décadas para combinar la evaluación técnica y económica de proyectos, preparar programas de inversión y analizar estrategias de redes de carreteras.

El HDM-4 contempla el proceso de gestión de carreteras en cuanto a las siguientes funciones:

- Planificación
- Programación
- Preparación
- Operaciones

Cada una de estas funciones se realiza como una secuencia de actividades conocidas como el ciclo de gestión. Para llevar a cabo cada una de estas cuatro funciones de gestión se recomienda un análisis integrado del sistema. El ciclo proporciona una serie de pasos bien definidos que ayudan a tomar las decisiones del proceso de gestión.

El ciclo de gestión se realiza típicamente una vez al año o en un período presupuestario. El proceso de gestión de carreteras en su conjunto puede, por lo tanto, considerarse como un ciclo de actividades que se realizan dentro de cada una de las funciones de gestión: Planificación, Programación, Preparación y Operación.

El análisis técnico en el HDM-4 se realiza usando cuatro módulos:

2.1.1 RD (Deterioro de la carretera). El deterioro de una carretera es generalmente una función del diseño original, de los tipos de materiales, de la calidad de la construcción, del volumen del tráfico, de las características de carga de los ejes, de la geometría, de las condiciones medioambientales, de la edad del pavimento y de las políticas de conservación definidas. HDM-4 incluye relaciones para la modelización de Deterioro de la carretera y Efectos de los trabajos de la carretera. El modulo de deterioro se utiliza con el propósito de predecir condiciones anuales de la carretera y para la evaluación de estrategias de trabajos, es decir, estima la evolución del deterioro de los pavimentos a futuro, permitiendo establecer planes de conservación que optimicen los recursos disponibles y minimicen los costos de operación de la red.

2.1.2 WE (Efecto de las obras). El sistema HDM-4 incluye relaciones para la modelización del Deterioro de la carretera y de los Efectos de los trabajos (WE). El módulo WE se usa para estimar la fuente de financiación de la Administración de la carretera necesaria para el desarrollo y conservación de la misma. Estas necesidades se expresan en términos de cantidades físicas y costos monetarios de los trabajos que se realizarán. El modulo simula los efectos de las obras en el estado del pavimento y determina los costos correspondientes. Describe

los tipos de trabajo y sus efectos en los pavimentos, incluyendo el cálculo de sus cantidades físicas y sus correspondientes costos. Los trabajos se agrupan en las siguientes clases:

- Rutina de conservación
- Conservación periódica
- Trabajos especiales
- Trabajos de mejora
- Trabajos de construcción

2.1.3 RUE (Efectos para los usuarios). La modelización de los efectos sobre los usuarios en HDM-4 comprende el análisis de lo siguiente:

- Velocidad del vehículo motorizado
- Costos de su circulación
- Tiempo de trayecto
- Velocidad del transporte no motorizado
- Costos de circulación
- Seguridad en la carretera

El modulo determina los costos totales sobre los usuarios de la carretera, los cuales comprenden:

- Costos de la circulación de vehículos de transporte motorizado TM
- Costos del tiempo de trayecto del TM
- Costos de la circulación de vehículos de transporte no motorizado TNM
- Costos de los accidentes

2.1.4 SEE (Efectos sociales y medioambientales). Determina los efectos de las emisiones de vehículos y el consumo de energía. Los modelos evalúan separadamente el consumo global y nacional de energía no renovable usada por vehículos motorizados, el consumo de energía renovable usada por los vehículos no motorizados y la energía usada en los trabajos de la carretera. Respecto a la parte medioambiental, el modelo analiza las emisiones junto con los parámetros predefinidos para los tipos de vehículos estándar.

2.1.5 Análisis económico. Adicionalmente el HDM-4 realiza un análisis económico de alternativas mediante el análisis de los flujos de costos anuales calculados para cada uno de los componentes, los cuales se comparan para determinar los beneficios y los costos asociados a la inversión de la carretera. Con este modulo se determinan los beneficios y costos asociados a la inversión y se aplica el análisis económico y los procedimientos de optimización con el fin de dar el mejor uso a los recursos existentes.

A continuación se realiza una breve explicación del funcionamiento del modelo HDM-4:

El modelo simula, para cada tramo de carretera, año a año, las condiciones de la misma y los recursos utilizados para conservación con cada estrategia, así como las velocidades de los vehículos y los recursos físicos consumidos por la operación de vehículos. Una vez estimadas las cantidades físicas necesarias para construcción, las obras y operación de vehículos, se aplican los precios y costos unitarios especificados por los usuarios para determinar los costos financieros y económicos. Luego se hace el cálculo de los beneficios relativos de las diferentes alternativas, seguido del cálculo del valor actual y de la tasa de rentabilidad.

3. Implementación del Sistema de Gestión

El Sistema de Gestión de la infraestructura de Bogotá D.C. está basado en el funcionamiento coordinado de personal capacitado, de una serie de herramientas computacionales, inventarios viales y de espacio público,

componentes cartográficos y acciones de seguimiento y monitoreo incluyendo investigaciones que permitan sostenibilidad.

El sistema de gestión de la infraestructura permite que la Administración Distrital conozca el valor del patrimonio de la malla vial y del espacio público, su magnitud, sus necesidades y disponer de la información sobre composición y características cuadra a cuadra, y de esta manera plantear estrategias de rehabilitación y mantenimiento, así como programar la inversión de recursos de manera óptima, con base en datos más reales.

El ciclo del sistema de gestión inicia con la toma de información de inventario y de diagnóstico de la infraestructura urbana que tiene a cargo el Instituto. Este proceso se realiza mediante tres fuentes: contratos de inventario y diagnóstico efectuados entre el IDU y empresas especialistas en el tema, información suministrada por las empresas constructoras contratadas por el IDU y por visitas técnicas realizadas por funcionarios del IDU.

Con el fin de continuar la construcción de un adecuado sistema de gestión de infraestructura, en el año 2004 se contrató el análisis, diseño, construcción e implementación de un sistema de gestión vial y de espacio público para Bogotá D.C, mediante el contrato 061-04. La ejecución de este contrato terminó el 30 de junio de 2006 con el recibo a satisfacción por parte de la entidad de la herramienta en funcionamiento.

El sistema de gestión vial y de espacio público es una herramienta sistematizada que prestará ayuda en la evaluación tanto técnica como económica de los proyectos de mantenimiento, de la infraestructura vial y de espacio público de la Ciudad. Facilita los procesos matemáticos y el manejo de grandes volúmenes de información, como la contenida en la base de datos de inventario de la malla vial, de esta manera contribuye a la toma de decisiones, seleccionando las acciones más adecuadas, determinando su costo y estableciendo prioridades.

Para adelantar los procedimientos de gestión, el sistema toma de la base de datos, que es el insumo principal, tanto la geometría como el estado de cada uno de los segmentos viales, representados en parámetros como IRI, fallas, CBR, SN y tráfico promedio, entre otros. En primera instancia, el Sistema tiene la alternativa de seleccionar por rangos de índices de estado o por aspectos geográficos como UPZ, localidad o corredor vial, toma la información del sector seleccionado y actualiza su estado al año de intervención, proceso que realiza bajo el esquema de deterioro el cual está formulado mediante las ecuaciones del HDM-4.

3.1. Sistema de Gestión Actual

A continuación se describen de manera particular cada una de las actividades principales:

3.1.1 Captura de información. Permite capturar de la base de datos de, los elementos que conforman la parte de la red vial o de espacio público que se quiere gestionar, esta selección debe hacerse mediante una opción de consulta condicionada.

3.1.2 Parámetros Generales. El sistema permite asignar los recursos disponibles en periodos como año, trimestre u otros y distribuirlos de acuerdo a criterios varios como: Jerarquía POT, estrato y distribución geográfica entre otros.

3.1.3 Deterioro. En el sistema incluye los modelos de deterioro con los cuales se proyecta el comportamiento del pavimento a través del tiempo, reflejando el desempeño de la estructura vial tanto en el aspecto superficial como estructural.

3.1.4 Intervenciones requeridas. Se determinan las acciones tanto de mantenimiento periódico y rutinario como de rehabilitación y reconstrucción requeridas por la red vial y de espacio público seleccionado, teniendo en cuenta los parámetros de estado superficial y estructural, los parámetros de sollicitación de tráfico y los deterioros proyectados.

3.1.5 Generación de Alternativas, evaluación económica y optimización. Basados en parámetros tales como: intervenciones requeridas, y niveles de servicio definidos por la administración a través del usuario, se desarrollan varias alternativas de intervención. Sobre estas alternativas se realiza la evaluación

económica teniendo en cuenta variados escenarios con y sin restricción de recursos, de tal forma que las soluciones generadas se pueden comparar de manera técnica y económica.

3.1.6 Espacio Público. Se tiene estructurado un mecanismo que realice para esta infraestructura la generación de alternativas, la evaluación económica y la optimización de los recursos destinados a la infraestructura que conforma el espacio público asociado a la red vial, cabe aclarar que la competencia de este sistema en el tema de espacio público se refiere al espacio público asociado a la red vial.

3.1.7 Puentes. Existe un sistema estructurado que permite priorizar la inversión destinada a la infraestructura de puentes, tanto vehiculares como peatonales.

3.1.8 Reportes. El sistema es versátil en la generación de reportes los cuales se pueden generar en forma de tablas, de diagramas estadísticos y de planos georeferenciados, los resultados son exportables a hoja de cálculo.

3.2 Proyecciones para el Sistema de Gestión

Como se explico anteriormente, el desarrollo de esta herramienta es el comienzo de la construcción del Sistema de Gestión de infraestructura para Bogotá D.C., el cual requiere, si se pretende trabajar basados en el modelo HDM-4, de las investigaciones que sean necesarias para obtener las ecuaciones propias para las condiciones de Bogotá. A continuación se describen los módulos que requieren ajuste en el Sistema, como ha trabajado el Instituto en cada uno de estos y que proyecciones tiene para lo que aun se requiere:

3.2.1 Efectos para los usuarios. La evaluación de los costos de usuarios es necesaria para determinar la mejor alternativa de inversión y debe hacer parte de los sistemas de gestión que tienen las entidades que manejan recursos limitados, como es el caso del IDU.

El modelo de costos de usuarios debe predecir los costos de operación en términos de la geometría, las condiciones de la superficie y el volumen y composición del tráfico, procesar los costos de financiamiento de los usuarios por la vía, las cantidades de recursos consumidos (combustibles, lubricantes, repuestos, etc.) y tiempos perdidos por el tránsito los cuales serán posteriormente multiplicados por los costos unitarios para finalmente obtener los costos de usuarios que son la suma de los costos de operación vehicular y los costos de tiempo de viaje.

Es por esto que a la fecha, el IDU adelanta la contratación de la Consultoría e Interventoría para la ejecución del proyecto de Evaluación de Costos de Usuarios de acuerdo a las intervenciones que realiza el Instituto en Bogotá D.C., el cual tiene como objetivo realizar la evaluación de costos de usuarios para la infraestructura vial de Bogotá D.C., que permita determinar la mejor alternativa de inversión y a su vez proporcione herramientas para obtener indicadores de seguimiento y evaluación de resultados e impactos con los cuales es posible medir la eficiencia económica en la ejecución de los programas que realiza el Instituto.

En la consultoría se pretende realizar la entrega del levantamiento de requerimientos para incorporación del modulo de evaluación de costos de usuarios al Sistema de Gestión Vial y de Espacio Público y posteriormente se contratar el análisis, diseño e implementación del modulo en el Sistema de Gestión.

3.2.2 Modelos de priorización. A la fecha, el IDU está en proceso de contratación de la consultoría que ejecutará el “Manual de Gestión de Infraestructura para Bogotá D.C”. Uno de los objetivos de esta consultoría es revisar los modelos actuales de priorización de intervenciones que maneja el IDU, verificar o establecer su aplicabilidad o efectividad para hacer las mejoras necesarias. Si como resultado de la revisión de los modelos existentes se concluye la necesidad de establecer nuevos modelos, la consultoría deberá indicar las variables o factores a tener en cuenta y desarrollar la metodología de los nuevos modelos.

Una vez terminada esta Consultoría, el Sistema de Gestión debe contar con el modulo que contenga los modelos de priorización obtenidos, incluido el levantamiento de requerimientos, análisis, diseño e implementación del modulo de modelos de priorización para el Sistema de Gestión.

3.2.3 Análisis económico. El IDU pretende realizar un proyecto para evaluación económica de alternativas de inversión el cual incluya la parte técnica, económica y el análisis, diseño e implementación de este modulo en el Sistema.

Para el desarrollo de este proyecto es necesario que se termine la consultoría de “Evaluación de los costos de usuarios” ya que el resultado de esta es necesario para el análisis de alternativas.

3.2.4 Efectos sociales y medioambientales. El IDU espera que luego de incorporados todos los módulos que se planean analizar se pueda realizar un estudio de este tipo el cual requiere investigaciones de gran magnitud como la energía usada en el sector del transporte lo cual constituye una parte importante del consumo total de energía a nivel mundial.

4. Inventario y Diagnóstico de la Malla Vial de Bogotá D.C.

La realización del inventario y diagnóstico de la Malla Vial de Bogotá D. C. se ha convertido en una herramienta esencial para la planeación de mantenimientos y para la priorización de recursos acorde a las necesidades particulares de los segmentos viales que conforman la malla vial de la Ciudad.

El Concejo de Bogotá mediante el Acuerdo 02/99^[2] delegó en el Instituto de Desarrollo Urbano la creación del sistema de información de la Malla Vial de Bogotá D. C., el cual debe estar conformado por una base de datos sistematizada con información de inventario y diagnóstico de la Malla Vial de Bogotá D. C.

La implementación de dicho sistema y la administración de la información contenida, le permite al IDU analizar parámetros de estado de condición de las vías. En desarrollo del mencionado Acuerdo, el IDU suscribió los contratos No. 617/99 con el Consorcio Consultoría Colombiana S.A - Arredondo Madrid Ingenieros Civiles AIM Ltda. y el Contrato 834/99 con la firma T.N.M. Limitad. En el año 2002 se realizó el contrato de inventario 379/01 con la firma Consultoría Colombiana, la cual definió la unidad mínima de medida del inventario de la malla vial llamada Segmento Vial (tramo de vía ubicado entre dos intersecciones).

Este último contrato incluye el inventario y diagnóstico de las vías rurales de la localidad de Sumapaz, la creación del mapa digital de estas y el inventario y diagnóstico de un porcentaje de malla vial arterial pendiente de inventariar. En el año 2004 se ejecutó el contrato 031/04 que realizó el inventario y diagnóstico de vías peatonales en Bogotá D. C. el cual que permitió incluir información de 10.000 segmentos peatonales.

Durante el año 2005 se realizó el contrato 145/04 que tuvo por objeto realizar la actualización del inventario y diagnóstico de parte de la malla vial arterial Bogotá D. C., y el inventario y diagnóstico de vías locales y rurales de Bogotá D. C. que no se encontraban incorporadas en el inventario. Con la información de este inventario fue posible calcular las zonas homogéneas de intervención del programa de mantenimiento de la malla vial arterial denominado “Distritos de Mantenimiento Fase III”.

Durante los años 2006-2007, se ejecutó el contrato 143/05 que tuvo por objeto realizar la “Actualización del Inventario y Diagnóstico de la Malla Vial de Bogotá DC.”

La información tomada corresponde a características geométricas y de estado de vías de la Ciudad. Mediante este contrato se logró tomar información de 3743 segmentos-calzada de Malla Vial Arterial, 11.455 segmentos - calzada de Corredores de Movilidad Local, 8421 segmentos - calzada de Malla Vial local y 156 segmentos calzada de Malla Vial Rural.

La información básica levantada incluye longitudes y anchos de calzadas, tipos de superficie del pavimento, levantamiento de fallas, información de deflectometría, información de IRI, espesores de las capas del pavimento (TH1 y TH2) y asignación de tráfico (autos, buses y camiones), entre otros.

El contrato fue realizado por el Consorcio HVM – LG y finalizó el 10 de Septiembre de 2007 con un valor de \$3.489.780.237. La información tomada por los contratos de actualización de inventario y diagnóstico es

útil para establecer zonas homogéneas de intervención en programas de mantenimiento vial en Bogotá y para determinar los niveles de intervención preliminar de los segmentos que se incluirán en los diferentes programas que maneja la entidad.

Adicionalmente, los profesionales del área realizan una visita a los segmentos la cual se utiliza como complemento de la información de diagnóstico que se tiene en la base de datos del IDU, para lo cual es necesario que se mantenga actualizado el inventario y diagnóstico de la malla vial de la ciudad, ya que de esto depende la veracidad de la información y a su vez la certeza de los presupuestos preliminares que se realicen. Adicional al Inventario de la malla Vial, en el segundo semestre del año 2006, se realizó el proceso de estructuración y contratación del Inventario geométrico y de diagnóstico de puentes para Bogotá D.C – Fase I, por valor de \$278.565.880 para inventario y diagnóstico y una valor de \$71.213.485 para la toma de ensayos. Su financiación se adelantó con recursos del Préstamo BIRF 7162-CO BIRF de Banco Mundial.

Este proyecto estuvo encaminado a iniciar la conformación, georreferenciación, inventario y diagnóstico de los puentes de Bogotá D.C, a través de la obtención de los parámetros geométricos y técnicos para que fuera el insumo para el modelo de priorización contenido en el sistema de gestión. El objetivo de este inventario le permite a la Entidad tener a su alcance de manera rápida y ordenada la información básica de cada uno de los puentes de la Ciudad y permite apoyar de manera tecnificada y objetiva la toma de decisiones respecto de las inversiones que se debe realizar en la infraestructura de puentes.

Las estructuras que se estudiaron bajo el presente contrato fueron los puentes vehiculares, peatonales y vehiculares sobre cuerpos de agua que se encontraban ubicados en la Malla Vial Arterial de la Ciudad. En total se inventariaron 174 puentes peatonales y 165 puentes vehiculares, para un total de 339 puentes.

5. Diagnóstico de un Pavimento Sobre la Malla Vial de Bogotá D.C.

A continuación se describe la nueva metodología de diagnósticos implementada por el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), para el nuevo esquema de contratación del Instituto “Distritos de Conservación”:

5.1 Evaluación Superficial

Para evaluar la condición superficial de cada uno de los segmentos objeto del proyecto, los contratistas deberán utilizar la metodología “Pavement Condition Index” (PCI), la cual fue desarrollada por el cuerpo de ingenieros del Ejército de Estados Unidos. El cálculo del PCI se basa en los resultados de un estudio visual de la condición del pavimento, en el que se identifican el tipo, la extensión y la severidad del daño. El PCI se desarrolló para proveer un índice que representará la integridad estructural y la condición de operación superficial. La información de daños obtenida como parte del estudio de la condición superficial, necesaria para el cálculo del PCI, provee una visión de las causas de los deterioros y permite determinar si las fallas de un segmento son producidas por las cargas o por el clima.

El tipo de deterioro de la estructura de pavimento se manifiesta en función de la clase de daño, su severidad y cantidad o extensión de los mismos. La formulación de un índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados fue un reto, debido al gran número de posibles combinaciones. Para superar esta dificultad, la metodología para calcular el PCI introdujo los “valores deducidos” como un tipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y extensión tiene sobre la condición del pavimento.

Los valores deducidos fueron desarrollados basados en el profundo entendimiento del comportamiento del pavimento, así como el conocimiento de experimentados ingenieros de pavimentos, pruebas de campo, evaluación del procedimiento y descripciones precisas de los tipos y severidades de los daños. El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en muy mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. En la **tabla 1** se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

Tabla 1. Rangos del PCI

| PCI | |
|----------|----------|
| 0 - 25 | ROJO |
| 26 - 55 | NARANJA |
| 56 - 85 | AMARILLO |
| 86 - 100 | VERDE |

Fuente. Pavement Management for Airports, Roads And Parking Lots: Shahin M.Y.

5.1.1 Condición del Pavimento. Para la clasificación de la condición del pavimento, se deben tener en cuenta dos variables; estado estructural y estado superficial. Cada una de estas variables está establecida mediante una metodología para determinar la condición de estado.

Para pavimentos asfálticos y rígidos se presenta una metodología para el estado superficial apoyada en el cálculo del PCI, mediante la norma ASTM 6433-07 “Standard practice for roads and parking lots pavement condition index surveys”.

La determinación de la condición del pavimento flexible estará definida por la intersección de dos preclasificaciones; la superficial y la estructural. Para pavimentos rígidos, la condición del pavimento estará determinada únicamente por su condición superficial. En pavimentos rígidos, se aplicará la metodología y se diagnosticará, teniendo en cuenta únicamente, la clasificación por estado superficial (PCI) y los tipos de intervención corresponderán a los establecidos en el Manual de Diagnóstico para Distritos de Mantenimiento, documento elaborado por la firma VELNEC.

La definición del tipo de intervención tiene que ver con el hecho de que si una vía tiene un buen número estructural para las condiciones de tránsito que se han previsto, no se debe hacer intervenciones profundas o que impliquen la remoción de las capas granulares a menos que ello lo obligue una intervención en redes. En tal sentido lo que se recomienda es intervenir en la capa asfáltica de rodadura y a lo sumo la capa granular superior, empleando la técnica que sea necesaria.

5.1.2 Clasificación de las actividades de conservación: Una vez definida la clasificación de la condición de pavimento, de acuerdo a cada color se establecen las actividades de conservación que se requieren de la siguiente manera, las cuales se realizarán en toda la calzada, la siguiente clasificación aplica para pavimentos rígidos y flexibles:

Tabla 2. Clasificación de las actividades por color

| | |
|----------|-------------------------|
| VERDE | Mantenimiento Rutinario |
| AMARILLO | Mantenimiento Periódico |
| NARANJA | Rehabilitación |
| ROJO | Reconstrucción |

Las intervenciones propuestas para segmentos clasificados como rojos y naranjas deben corresponder a la determinación de un refuerzo o mejoramiento de la estructura existente, bien sea mejorando capas

superiores o reemplazando y reconstruyendo completamente. El dimensionamiento de estos refuerzos será producto de un diseño particular a cargo del contratista.

5.1.3 Tipos de Intervención. Las intervenciones que se definan realizar para cada caso, bien sea mantenimiento (rutinario o periódico), rehabilitación o reconstrucción, deberán ejecutarse a lo largo y ancho de la calzada a intervenir.

- **Mantenimiento rutinario:** Se define como el conjunto de actividades tendientes a lograr el cumplimiento de la vida útil de la estructura, constituyéndose en una práctica preventiva. Entre las actividades principales se tienen las siguientes, sin limitarse a ellas:
 - Limpieza de drenajes, pozos, alcantarillas.
 - Sello de fisuras, en pavimentos flexibles.
 - Limpieza y sello de juntas, para pavimentos rígidos.

- **Mantenimiento periódico:** Se define como el conjunto de actividades superficiales que no comprometen las capas inferiores de la estructura del pavimento, tendientes a lograr que por lo menos se alcance el período de diseño o vida útil, manteniendo su condición de servicio. Constituyéndose así en una práctica preventiva o correctiva. Entre las actividades principales se tienen las siguientes, sin limitarse a ellas:
 - En pavimentos flexibles: Parcheo, bacheo, colocación de capas asfálticas no estructurales del tipo microaglomerado, o mezclas densas de restitución de carpeta, lechada asfáltica o sello de arena-asfalto.
 - Para pavimentos rígidos: Reconstrucción de losas.

- **Rehabilitación:** Esta actividad está definida como el conjunto de medidas que se aplican con el fin de recuperar la capacidad estructural del pavimento y hacerlo apto para un nuevo período de servicio. Algunas actividades asociadas a la necesidad de rehabilitar implican el retiro de parte de la estructura existente para colocar posteriormente el refuerzo, en tanto que con otras se busca aprovechar las condiciones superficiales existentes del pavimento. Puede incluir el reciclado de las capas asfálticas, con o sin incorporación de material granular nuevo o existente, o la colocación de capas superiores de mejoramiento estructural. Normalmente, los procesos de rehabilitación van asociados a la ampliación de los períodos de vida útil y en consecuencia al estudio de tránsito, materiales y dimensionamiento estructural necesarios. Su intervención en profundidad será máximo hasta la primera capa granular de la estructura y se realizarán si se requiere mejoras en las condiciones hidráulicas, que no requieran renovación o diseño.

- **Reconstrucción:** Se define como el retiro y reemplazo total de la estructura de un pavimento para generar una nueva estructura, la cual queda como una vía nueva. Es posible considerar la reutilización total o parcial de los materiales existentes.

En su detalle, se debe hacer el estudio de tránsito, materiales, dimensionamiento estructural y si se requiere renovación o diseño de redes hidráulicas necesarias, para garantizar el período de vida útil previsto.

Se recomienda emplear adicionalmente a los materiales convencionales, el empleo de materiales estabilizados, reciclaje, o mezclas ambientalmente favorables como mezclas asfálticas con grano de caucho reciclado (GCR).

6. Esquema de Mantenimiento Sobre la Malla Vial de Bogotá D.C.

Considerando el estado de la malla vial de la ciudad y la restricción de recursos con los que cuenta el Distrito para su atención, fue necesario replantear la estructuración del modelo de gestión de mantenimiento y rehabilitación que actualmente tiene el IDU para la atención de la malla vial. A continuación se cita parte de la problemática del modelo de gestión actual:

- Dificulta la integración de las intervenciones adelantadas por diferentes contratistas y programas.
- La vigencia de los programas de mantenimiento es el resultado de contratos anualizados que generan interrupciones y limitaciones en la atención de las necesidades de la malla vial.
- La ejecución de las obras se realiza mediante un número elevado de contratos que implica una gran carga administrativa para la Entidad. A la fecha existen 182 contratos en ejecución (obras e Interventoría).
- Teniendo en cuenta el alto volumen de contratos y la dispersión de las intervenciones derivadas de éstos, la ciudadanía no percibe la gestión de la entidad con un grado de satisfacción aceptable.
- El procedimiento de contratación implica que en cada vigencia se inviertan cerca de 8 meses en la selección del contratista y puesta en marcha del contrato.

Para contribuir a solucionar esta problemática se aprobó la implementación del programa Distritos de Conservación, cuyo objetivo es integrar las acciones de intervención en la malla vial arterial, intermedia y local mediante la utilización de recursos de vigencias futuras, optimizando la aplicación de los recursos disponibles para elevar el nivel de servicio de las vías, evitar el deterioro, prolongar la vida útil y mejorar las condiciones de movilidad de la ciudad.

6.1 Distritos de Conservación

Los Distritos de Conservación se crearon a partir de la distribución de la ciudad en un número determinado de distritos o zonas geográficas, en los cuales se desarrollarán actividades de construcción, mantenimiento y rehabilitación de acuerdo con las necesidades identificadas y la disponibilidad de los recursos. *Los Distritos de Conservación se conformaron a partir de la distribución de la ciudad en un número determinado de zonas geográficas (6), con base en los siguientes criterios:*

- Ubicación de la principal ocupación (Estudio y Trabajo)
- Tiempo promedio de viajes realizados
- Generación y atracción de viajes en Transporte Público con motivo trabajo
- Cantidad de Km-Carril de vías por zonas
- Necesidades de intervención de cada una de las mallas por localidad
- Concentración de población
- Concentración de equipamientos

6.2 Características de las Zonas Escogidas como Distritos

En la siguiente tabla se enuncian las características que fueron determinantes para la selección de los seis distritos de conservación.

Tabla 3. Características de los distritos de conservación

| No. | DISTRITO DE MANTENIMIENTO | LOCALIDADES | POBLACION POR DISTRITO | AREA POR DISTRITO (Hectáreas) | KM-CARRIL DE VIAS | ESTADO MALLA VIAL | | |
|-----|---------------------------|--|------------------------|-------------------------------|-------------------|-------------------|------------|------------|
| | | | | | | BUENO | REGULAR | MALO |
| 1 | NORTE | Suba, Usaquén | 1.382.235 | 9.315 | 2.858 | 42% | 19% | 39% |
| 2 | CENTRO | Barrios Unidos, Chapinero, Teusaquillo, P. Aranda, Los Mártires, A. Nariño | 1.070.415 | 6.780 | 3.303 | 40% | 25% | 35% |
| 3 | SURORIENTE | Santa fe, Candelaria, San Cristobal, Rafael Uribe | 1.180.292 | 3.878 | 1.845 | 31% | 19% | 50% |
| 4 | SUR | Ciudad Bolívar, Tunjuelito, Usme | 1.198.860 | 6.385 | 2.101 | 38% | 8% | 54% |
| 5 | SUROCCIDENTE | Kennedy, Bosa | 1.578.826 | 5.464 | 2.424 | 29% | 13% | 58% |
| 6 | OCCIDENTE | Fontibón, Engativá | 1.198.796 | 6.488 | 2.227 | 35% | 19% | 46% |
| | | | 7.609.424 | 38.310 | 14.759 | 36% | 18% | 46% |

Fuente. IDU

6.3 Esquema de Operación de los Distritos de Conservación

La duración de los contratos mediante los cuales se ejecuta la construcción, mantenimiento y rehabilitación en las zonas denominadas Distritos será, dependiendo del distrito donde se encuentre priorizada la vía, de 42 a 46 meses, plazo dentro del cual el respectivo contratista o responsable de las obras, garantizará la atención de las vías priorizadas y adicionalmente atenderá las emergencias presentadas en la zona que le corresponda. Los Distritos de Conservación realizarán intervenciones sobre la malla vial arterial, intermedia y local de la zona correspondiente, discriminados así:

- a. *Corredores de malla vial arterial:* Corredores pertenecientes a la malla vial arterial de la zona.
- b. *Segmentos de malla vial intermedia:* Corresponden a los segmentos pertenecientes a los corredores de movilidad local y rutas alimentadoras de la zona.
- c. *Segmentos de malla vial local:* Corresponden a los segmentos pertenecientes al Programa de Pavimentos Locales que maneja la entidad desde el año 2001, Programa de Desmarginalización y Programa de Mejoramiento Integral de Barrios.

El Contratista responsable de las obras debe garantizar la atención de las vías priorizadas para la movilidad de la malla vial arterial y adicionalmente atender las emergencias presentadas en el Distrito que le corresponda. Dentro del desarrollo de los respectivos contratos, el Contratista responsable de las obras debe conocer las vías a su cargo y así programar las inversiones e intervenciones de manera tal que se optimicen los recursos a su disposición.

Así mismo, tendrá la posibilidad de aplicar nuevas tecnologías para la intervención de pavimentos y la utilización de equipos de última generación que permitan optimizar los recursos y los rendimientos en obra.

6.4 Beneficios Esperados con los Distritos de Conservación

- Garantizar la ejecución de los recursos del Plan de Desarrollo dentro del periodo de gobierno de la actual administración.
- Ahorro en Tiempos de Contratación.
- Maximizar los recursos disponibles.
- Eficiencia en la Administración de los Contratos.
- Optimización de los recursos de los contratistas.
- Selección de Contratistas con mayor capacidad financiera y operativa.
- Respuesta a la Ciudadanía con mayor celeridad.
- Programación eficiente de las intervenciones.
- Articulación con la actividad Local de la UAERMV y los Fondos de Desarrollo Locales.



Ilustración 1. Zonificación de los distritos de conservación

7. Recomendaciones y Conclusiones.

1. Se espera que la implementación de este tipo de sistemas, no se quede en el papel “que todo lo aguata”, es importante que se desarrolle un seguimiento exhaustivo a la aplicación de esta herramienta tan importante, esperando que se pueda cumplir a cabalidad con todo el tema para poder así tener un control adecuado de toda la malla vial sobre la ciudad que conlleve a un óptimo servicio y mejor calidad de vida de sus habitantes.
2. Se espera que el gobierno local, siga adelantando estudios con el ánimo de mejorar su actual sistema de administración de pavimentos implementado por el Instituto de Desarrollo Urbano IDU para la ciudad de Bogotá.
3. Las estrategias de mantenimiento y rehabilitación de las estructuras del pavimento son de vital importancia a lo largo de su vida útil ya que éstas se van deteriorando con el tiempo y con el aumento gradual del tránsito. El objeto de la administración de pavimentos es la preservación de la inversión inicial mediante la aplicación oportuna de tratamientos adecuados de mantenimiento y rehabilitación para prolongar la existencia del mismo.
4. La administración de pavimentos es una herramienta que se emplea para fijar estrategias que se utilizan para decidir políticas de restauración y rehabilitación de pavimentos flexibles. Dentro de las estrategias de administración de rehabilitación se debe tener en cuenta el estado del pavimento, costo inicial, costos anuales de mantenimiento, seguridad, restricciones físicas, ambientales y económicas, así como costos de funcionamiento.

8. Bibliografía

1. AASHTO, 1993
2. A Brief Note on Pavement Performance Prediction Model
ceprofs.tamu.edu/smith/SmithFall2004/lass%20Notes/PerformanceModels.DOC
3. Acuerdo 02 de 1999: Por el cual se crea el sistema de información de la malla vial de Santa Fe de Bogotá, D.C.
4. MANUAL HDM-4. Volumen 1-5
5. SALGADO T. MAURICIO. Principios y Fundamentos de la Gestión de Pavimentos Curso Internacional Conservación de Carreteras, Pontificia Universidad Javeriana, Colombia.
6. SALGADO T. MAURICIO. Curso Gestión de Proyectos de Infraestructura empleando el HDM-4, Pontificia Universidad Javeriana, Colombia.
7. SOLMINIHAC HERNÁN DE. Gestión de Infraestructura Vial, Segunda Edición Ediciones Universidad Católica de Chile, 2001.
8. Metodología para la recolección y entrega de datos de inventario y diagnóstico para la actualización de la base de datos de inventario de malla vial y espacio público, Versión 1.1. Instituto de Desarrollo Urbano – IDU. 28 Enero-2006.
9. TOVAR SABOGAL, Laura. Análisis Deflectométrico a través de la viga Beinkelman en tramos de vías seleccionados en la localidad de Kennedy. Bogotá 2009
10. Gestión de Infraestructura Vial, 3ª edición, Hernán de Solminihac T.
11. Apuntes y material suministrado en la asignatura “Administración de Pavimentos” de la Especialización en Ingeniería de Pavimentos de la UMNG, Bogotá Octubre – Diciembre de 2009.
12. ICONTEC. Tesis y otros trabajos de grado. Bogotá, Instituto Colombiano de Normas Técnicas Y Certificación, 2002 (quinta actualización).
13. TORRES MUÑOZ, Alicia. Metodología del trabajo científico aplicada a la ingeniería. Bogotá, Colombia: Universidad Militar Nueva Granada, 2008. 141 p.
14. AUGUSTO BERNAL, Cesar. Metodología de la investigación. 2da edición. Bogotá, Colombia: Pearson, 2006. 123 p.
15. SABINO, Carlos. Como hacer una tesis y elaborar todo tipo de escritos. Panapo, 2007, 101 p.
16. NORMAS DE ENSAYO INVIAS. Medida de la deflexión de un pavimento empleando dispositivos de carga estática no continua, Viga Benkelman. Bogotá: INVIAS, 2007. (I.N.V.E – 795-07).
17. MONTEJO FONSECA, Alfonso. Tomo I. Ingeniería de pavimentos. Fundamentos, estudios básicos y diseño. 2da edición. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2006.
18. MONTEJO FONSECA, Alfonso. Tomo II. Ingeniería de pavimentos. Evaluación estructural, obra de mejoramiento y nuevas tecnologías. 3ra edición. Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia, 2006. 524 p.

19. GARCES CARDENAS, Claudia María y GARRO COSSIO, Olga María. Pavimentos. Medellín, Colombia: Universidad de Medellín, 1997, 163 p.
20. REYES LIZCANO, Fredy Alberto. Diseño racional de pavimentos. 1ra edición. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2003.
21. MORALES CAMACHO, Pablo Manuel. Construcción y conservación de vías. 1ra edición. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2008.
22. MELCHOR, José. Diseño y evaluación de pavimentos flexibles. Extraído el 2 de marzo de 2009 del sitio Web: http://fic.uni.edu.pe/archivos_titulacion/PV-Proy-Vial%20Interurbana%20Ing.%20DOMINGUEZ/PV-Ing.Melchor%20Jos%E9/Dise%F1o%20y%20Evaluaci%F3n%20de%20Pavimentos.pdf
23. ROGER, Martin y WALLACE, Hugh. Pavimentos asfálticos: proyecto y construcción. Biblioteca universitaria. Madrid, España. Extraído el 15 de febrero de 2009 del sitio web: <http://148.210.96.14/dc/ver.aspx?ns=000132422>
24. SUBSECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ORDENACION DEL TERRITORIO SEDESOL. Programa de asistencia técnica en transporte urbano para las ciudades medias mexicanas, Manual normativo. TOMO XIV. (2006) Extraído el 2 de octubre de 2008 del sitio web: http://sedesol2006.sedesol.gob.mx/subsecretarias/desarrollourbano/sancho/manuales/manuales_normativos_vialidad/Tomo14.PDF
25. SUBSECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ORDENACION DEL TERRITORIO SEDESOL. Programa de asistencia técnica en transporte urbano para las ciudades medias mexicanas, Manual normativo. TOMO XIV. (2006) Extraído el 2 de octubre de 2008 del sitio web: http://sedesol2006.sedesol.gob.mx/subsecretarias/desarrollourbano/sancho/manuales/manuales_normativos_vialidad/Tomo14.PDF
26. RICO RODRÍGUEZ, Alfonso y TÉLLEZ GUTIÉRREZ, Rodolfo. Manual operativo de campo sistema mexicano para la administración de los pavimentos (SIMAP). Extraído el 12 de enero de 2009 del sitio web: <http://www.imt.mx/Espanol/Publicaciones/doctec/dt4.pdf>
27. CRESPO DEL RÍO, Ramón y BARDASANO GONZÁLEZ, Ricardo. Área De Gestión De Infraestructuras. Valores de la deflexión según el tipo de medida (2004). Extraído el 12 de enero de 2009 del sitio web: http://www.aepo.es/aepo-old/ausc/publ/Valores_de_la_deflexion_segun_el_equipo_de_medida.pdf
28. HOFFMAN, Mario, Ph.D. y M. DEL AGUILA, Pablo, B.sc. (1985) Estudios de evaluación estructural de pavimentos basados en la interpretación de curvas de deflexiones (ensayos no destructivos). Extraído el 22 de diciembre de 2008 del sitio web: <http://www.camineros.com/docs/cam039.pdf>
29. CAMISÓN Cesar, CRUZ Sonia, GONZÁLEZ Tomás. Gestión de la Calidad: Conceptos, Enfoques, Modelos y Sistemas. PEARSON EDUCACION, S.A., Madrid, 2007
30. CAMISÓN, C. (1996^a), "La Calidad como factor de competitividad en turismo: Análisis del caso Español". Información comercial española, (749), enero, pp, 99-122