
EXPERIENCIAS EN EL DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA

RAQUEL ANAYA DE PAEZ

1. INTRODUCCION

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) es un sistema de información diseñado para manejar datos referenciados por coordenadas espaciales o geográficas y sus correspondientes datos no espaciales. El mapa es el ejemplo clásico de un SIG manual: es un conjunto de datos analizados, almacenados en papel, de los cuales se deriva información que puede ser utilizada para la toma de decisiones.

El avance tecnológico propició el desarrollo de los SIG digitales, de tal forma que un modelo llevado al computador representa elementos gráficos georeferenciados (fotografías, mapas, redes, etc.) con información asociada en una base de datos y con facilidades para efectuar análisis y producir nuevos resultados. Los SIG han venido encontrando una utilidad cada vez mayor en diversas áreas como análisis y monitoreo ambiental, planeamiento urbano y regional, estudio de recursos terrestres, control de redes de transporte, servicios públicos, etc.

Hoy en día, la mayoría de las entidades en Colombia que manejan esta tecnología, utilizan facilidades que provee un software de base. Cuando se trata de adecuar este ambiente para satisfacer necesidades específicas de la empresa, se emprende un proyecto de desarrollo que, aunque en alto grado se asemeja

al desarrollo de un sistema de información convencional, existe una mayor dificultad para concretar y especificar requerimientos y los procesos de recopilación y actualización de datos son más complejos. Es deseable en estos casos establecer grupos de desarrollo interdisciplinarios donde los profesionales del área de aplicación específica (geología, medio ambiente, eléctrica, civil, etc.) definen el marco teórico conceptual del problema y donde los profesionales del área de informática contextualizan las estrategias y metodologías de desarrollo de software.

El presente artículo describe las características del Sistema de Diseño de Redes Asistido por Computador (DRC) y presenta las estrategias y enfoques metodológicos utilizados en su desarrollo.

2. ANTECEDENTES

A finales de 1991 las Empresas Públicas de Medellín convocaron a un Concurso de Méritos para realizar el Análisis, Diseño y Programación de un Sistema para el Diseño de las Redes de Servicios Públicos (Energía, Teléfono, Acueducto y Saneamiento), cuyo objetivo principal era construir una herramienta para apoyar la gestión de

RAQUEL ANAYA DE PAEZ. Departamento de Informática y Sistemas.

diseño y presupuestación de los proyectos de adecuación y construcción de las redes externas de servicio público. Fue seleccionada la propuesta presentada por la Universidad EAFIT a través del Centro de Asesorías y Consultorías, contando como recurso humano básico con profesores del Departamento de Informática y Sistemas.

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) es un sistema de información diseñado para manejar datos referenciados por coordenadas espaciales o geográficas y sus correspondientes datos no espaciales. El mapa es el ejemplo clásico de un SIG manual.

3. ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO

3.1 Enfoque Integrado. Una de las principales consideraciones enfrentadas al realizar la propuesta era la forma como se atacaría el problema. En la primera alternativa se consideró que si bien se trataba de un único sistema, al descomponer el problema en sus partes se podría determinar que se trataba de cuatro aplicaciones diferentes: una aplicación por cada uno de los servicios ya que los elementos de diseño manejados en cada área tenía unas características muy particulares desde el punto de vista de su representación y de los atributos que lo describen. Por otra parte, por tratarse de diseño y presupuestación de REDES se encontró que todos los elementos manejados se podrían asociar a un modelo genérico donde los elementos se agrupan en dos categorías: elementos lineales y elementos puntuales y donde los procedimientos administrativos involucrados en la presupuestación tenían los mismos lineamientos generales.

Si bien la primera alternativa podría garantizar el desarrollo de cuatro aplicaciones con mayor grado de acercamiento a la forma de trabajo de cada una de las Divisiones Técnicas y mayor número de soluciones particulares para cada área, el esfuerzo y tiempo de desarrollo del proyecto se vería incrementado notablemente. Se optó entonces por la segunda alternativa donde se trabajó alrededor de modelos genéricos, destacando características comunes en cada servicio para luego, en un

enfoque descendente, cubrir características específicas de cada uno.

3.2 Alta orientación a prototipos. Por tratarse de un proyecto donde el área de aplicación y el software de desarrollo era nuevos tanto para el usuario como para los desarrolladores, se hacía evidente la utilización de prototipos que permitirían concretar los requerimientos y determinar el alcance del sistema. El prototipo inicial fue entregado a los tres meses de iniciado el proyecto y fue evolucionando hasta tener el sistema completo.

3.3 Análisis y Diseño Orientado a Datos. Este tipo de aplicaciones es dirigida por eventos y rica en datos, por lo tanto, los modelos de datos fueron el núcleo de la solución. Se utilizó la técnica del modelo Entidad-Relación. El primer modelo conceptual de datos fue concebido al presentar la propuesta y éste fue refinándose a lo largo de todo el proyecto.

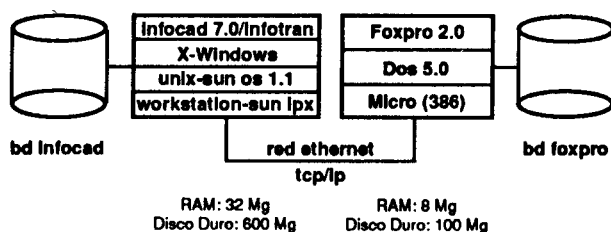
4. ARQUITECTURA DE HARDWARE Y SOFTWARE DE BASE

Este sistema fue inicialmente planteado en los Términos de Referencia, como un desarrollo en AutoCAD con lenguaje de programación Lisp y utilizando una base de datos externa para el manejo de la información alfanumérica. Analizando la naturaleza de los requerimientos donde se deseaba por ejemplo, que al tocar una tubería en el plano, se desplegaran sus atributos como material, diámetro, profundidad, estado (existente, diseñada), etc., se concluyó que era deseable contar con una herramienta SIG que tuviese integrada una base de datos. Por otra parte existía un alto volumen de información con naturaleza totalmente alfanumérica (presupuestos, análisis de precios unitarios, alternativas económicas, reservas de materiales, etc.) donde la utilización de la tecnología SIG era poco práctica desde el punto de vista económico y funcional. Esto motivó la estructuración del sistema en dos ambientes claramente definidos: El ambiente gráfico donde se manejaría toda la información necesaria para el manejo de planos de las redes y el ambiente alfanumérico donde se manejaría la parte presupuestal y económica de los proyectos.

En el ambiente gráfico se propuso inicialmente la utilización de Infocad en su versión micro. Infocad es una herramienta SIG producida por Digital Matrix Service Inc., y representada en Colombia

por la firma Manar Ltda. Esta herramienta integra facilidades de dibujo (CAD) con un manejador de bases de datos relacional. Adicionalmente soporta procesamiento de imágenes y de video. Se caracteriza por su interfaz amigable y su facilidad de programación desde lenguajes como Fortran y C.

FIGURA No 1
Arquitectura de Hardware y Software de Base

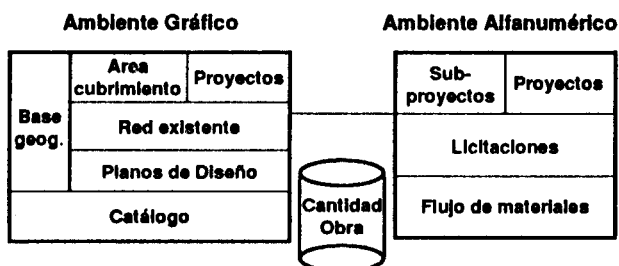


A medida que se concretaban las especificaciones y requerimientos del sistema se hizo necesario contar con una herramienta de mayor capacidad; se acordó entonces utilizar la versión Infocad para estación de trabajo bajo el ambiente Unix y X-Window. La Figura No. 1 ilustra la arquitectura de hardware y software de los dos ambientes comunicados a través de la red ethernet.

5. ARQUITECTURA MODULAR DEL SISTEMA

Se presenta a continuación la estructura modular del sistema DRC en cada uno de sus ambientes. Tal como se observa en la Figura No. 2, el ambiente gráfico consta de seis módulos y el ambiente alfanumérico consta de cuatro módulos. A continuación se describen los objetivos y funciones generales de cada uno de los módulos:

FIGURA No. 2
Estructura Modular del Sistema



5.1 Módulo de Área de Cubrimiento: Presenta en forma gráfica una visión global de las áreas de cubrimiento en las que está dividida la ciudad para atender los diferentes servicios: Zonas de subestación para el servicio de energía, zonas de

armario para el servicio de teléfonos, etc. Sus principales funciones son el ingreso, consulta y modificación de las redes existentes y de las planchas de base geográfica.

5.2 Módulo de Red Existente: Permite la digitalización, edición e identificación de las redes existentes en un área de cubrimiento. y su actualización a medida que los proyectos de diseño son cumplidos. Sus principales funciones son la manipulación de los elementos de la red (ingresar, mover, detallar, retirar, partir, etc.), el copiado de la red en un plano de proyecto y la actualización de la red existente una vez el proyecto ha sido diseñado en forma definitiva o ha sido terminado.

5.3 Módulo de Proyectos: Provee el ambiente adecuado para que los departamentos de diseño tengan una representación gráfica de los diferentes proyectos adelantados en la ciudad. Sus principales funciones son la definición de nuevos proyectos, la consulta gráfica y alfanumérica de los proyectos existentes y la modificación y retiro de los mismos.

5.4 Módulo de Planos: Provee las facilidades para el manejo de los planos de diseño y su posterior presupuestación. Sus principales funciones son la manipulación de los elementos de la red (ingresar, mover, detallar, retirar, partir, etc.), el manejo de notas realizadas por el diseñador que sirven de referencia para la construcción y que en algunos casos afectan las cantidades de obra a presupuestar, la generación de archivos de interfaz con sistemas que realizan análisis técnico de las redes, la generación del plano de perfiles para proyectos canalizados y el cálculo, consulta y revisión de las cantidades de obra producidas por los elementos nuevos que han sido ingresados para el proyecto o por modificaciones a elementos existentes. Este último proceso genera un archivo de cantidades de obra (total de metros de cable telefónico de 100 pares, número de postes, etc.) que se transfiere a través de la red al ambiente alfanumérico para continuar el proceso de presupuestación, análisis de alternativas económicas y manejo de licitaciones.

5.5 Módulo de Base Geográfica: Provee mecanismos para el manejo y administración de la información básica que sirve como referencia para la construcción de proyectos (vías, manzanas, ríos, curvas de nivel, etc.) Sus principales funciones son la traducción e importación de la base geográfica

desde otro software denominado Arc/Info, la actualización gráfica y alfanumérica de las planchas existentes y la consulta de la información general y de la historia de las modificaciones realizadas a una plancha de base geográfica.

Los SIG han venido encontrando una utilidad cada vez mayor en diversas áreas como análisis y monitoreo ambiental, planeamiento urbano y regional, estudio de recursos terrestres, control de redes de transporte, servicios públicos, etc.

5.6 Módulo de Catálogo: Este módulo permite el ingreso, consulta y modificación de la información básica que caracteriza el manejo de las redes: estructura de los elementos de la red, características de dibujo y de impresión (altura, color, rotación, etc.), parámetros de canalización que afectan el proceso de presupuestación como tipos de vías, tipo de suelos, etc. y conceptos de licitación asociados a los diferentes elementos de diseño. Los elementos que forman parte de la red (tubos, reconectores, cables, transformadores, etc) han sido agrupados según su naturaleza en *familias* y *subfamilias*. Cada *familia/subfamilia* posee una descripción de atributos propios llamada *diccionario*. Este enfoque provee una alta flexibilidad al sistema, logrando con un solo programa el manejo de la diversidad de elementos para las cuatro redes de servicio y permitiendo el ingreso de nuevos elementos con todas sus características.

5.7 Utilidades: Se han agrupado aquí tres funciones generales que son comunes a todos los módulos de ambiente gráfico: Utilidad de Planoteca: Facilita la consulta, navegación, importación y exportación de los planos que han sido digitalizados en el sistema. Utilidad de Impresión de Planos: facilita la selección adecuada e impresión de un plano o de parte del mismo, según las escalas, tamaños y marcos deseados. Utilidad de Administración: Provee las funciones necesarias para que el administrador del sistema pueda manejar los usuarios que interactúan con el sistema y el nivel de autorización en cada uno de los módulos.

5.8 Módulo de Subproyectos: Es el primer módulo del ambiente alfanumérico. Permite el

manejo de los subproyectos, las cantidades de obra generadas desde el ambiente gráfico y la conversión de estas cantidades de obra en presupuesto según los precios unitarios asociados a los componentes (material, equipo, mano de obra) de un concepto de licitación. Sus principales funciones son el ingreso, consulta y modificación de la información general de un subproyecto y de sus cantidades de obra asociadas, el cálculo del presupuesto y la evaluación de las diferentes alternativas de presupuesto para el subproyecto.

5.9 Módulo de Proyectos: Suministra las facilidades para manejar los proyectos junto con los subproyectos que lo conforman y el presupuesto que éstos generan. Sus principales funciones son el ingreso, cambio y retiro de un proyecto, el cálculo del presupuesto de un proyecto, y el manejo de las reservas de materiales para el proyecto.

5.10 Módulo de Licitaciones: Facilita la conformación y presupuestación de las licitaciones referentes a la construcción de las redes que han sido diseñadas. Sus principales funciones son el ingreso y consulta de la información general de una licitación, la conformación de las licitaciones a partir de proyectos o de alternativas de subproyectos, la generación del archivo que será utilizado para la preparación del pliego de licitaciones, el ingreso, consulta y modificación de los conceptos de licitación y su análisis de precio unitario y el proceso de reserva de materiales requeridos para la ejecución de los proyectos.

5.11 Módulo Flujo de Materiales: Permite proyectar a través del tiempo, en un intervalo de fechas determinado, el comportamiento de entradas y salidas de un material específico. Este flujo se basa en las licitaciones de compra de materiales, las reservas realizadas por los diferentes proyectos y en el inventario a la fecha de un material. Las principales funciones son el registro del plan de compras de materiales, las reservas de materiales y entradas y salidas de los mismos, las consultas sobre el efecto que tendría sobre el flujo de materiales el adelantar o retrasar un proyecto o una licitación de compra de materiales y la reprogramación de materiales debido al adelanto o aplazamiento de un proyecto.

6. ENFOQUE METODOLOGICO

La metodología propuesta para el desarrollo del proyecto fue basada en la metodología

definida por la Línea de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Informática que abarca las siguientes cinco etapas: Definición de Especificaciones y Diseño Global, Construcción, Pruebas, Conversión de Datos e Instalación. Las actividades definidas en cada etapa están enfocadas a uno de los tres componentes básicos de un sistema de información: Aplicativo, Tecnológico y Organizacional. Por tratarse de un desarrollo altamente orientado a prototipo, se tiene una tendencia en espiral donde los requerimientos van siendo complementados y refinados en iteraciones sucesivas y donde no existe una clara distinción entre dos etapas consecutivas. La **Figura No. 3** representa las principales actividades realizadas en cada etapa para cada uno de los componentes mencionados.

6.1 El Componente Tecnológico: Formado por el hardware, el software de base y las herramientas de usuario final. Agrupa las actividades que permiten evaluar si las características tecnológicas del ambiente soportarán el sistema una vez entre en

operación. Se realizaron pruebas de desempeño para evaluar los recursos de máquinas más adecuados y el comportamiento del software de desarrollo en operaciones típicas que el sistema implementaría (manejo de índices, eficiencia de consultas SQL, etc.)

6.2 El Componente Aplicativo: Tiene que ver con las actividades propias del desarrollo de la aplicación. Con un alto énfasis en la utilización de modelos. Tal como puede observarse en la **Figura No. 4** se manejaron cuatro clases de modelos que permitieron, con un enfoque descendente, interpretar y representar el sistema.

El Modelo Físico de Procesos: Ubicado dentro del espacio problema, permitió entender las actividades que realizan los departamentos de Diseño para el Diseño y Presupuestación de las redes, personas o cargos que interactúan e información que se recibe o genera en cada actividad. Para este modelo se utilizó la técnica de descomposición funcional y flujograma de procesos.

FIGURA No. 3
Metodología de Desarrollo

Etapa / Componente	Def. especif. y Diseño global	Construcción	Pruebas	Instalación
	Aplicativo	<ul style="list-style-type: none"> * Prototipo inicial * Documento de especificaciones 	<ul style="list-style-type: none"> * Informe evaluación del prototipo * Sistema terminado * Manual del usuario 	<ul style="list-style-type: none"> * Bitácora de pruebas * Revis. de manuales * Capacitación en el sistema
Tecnológico	<ul style="list-style-type: none"> * Pruebas rendimiento (hardware) * Selección de plataforma de hardware 	<ul style="list-style-type: none"> * Pruebas rendimiento (software) * Optimización de procesos 	<ul style="list-style-type: none"> * Procedimientos de respaldo y recuperación 	<ul style="list-style-type: none"> * Acoplamiento del sistema
Organizacional	<ul style="list-style-type: none"> * Inducción a herramienta GIS * Modelo físico de procesos 	<ul style="list-style-type: none"> * Diseño de procesos administrativos 	<ul style="list-style-type: none"> * Evaluación de procedimientos administrativos 	<ul style="list-style-type: none"> * Manual del admin. * Manual de diseño organizacional * Seguimiento en utilización del sistema
	<ul style="list-style-type: none"> * Análisis de datos existentes * Definición de estrategia de conversión 	<ul style="list-style-type: none"> * Construcción de procesos de conversión 	<ul style="list-style-type: none"> * Pruebas de conversión 	<ul style="list-style-type: none"> * Conversión de planchas de base. * Cargue de base de datos * Digitalización de mapas matriz
CONVERSION E INSTALACION DE DATOS				

El Modelo de Datos: Considerado como el núcleo o fundamento de la solución que permite representar las clases de datos, sus atributos y sus asociaciones con otros datos. Se utilizó la técnica del modelo E-R por niveles: Un primer nivel representa las macro entidades o agrupaciones mayores de datos y un nivel detallado donde para cada macro entidad se describen sus atributos y sus asociaciones. Por tratarse del desarrollo de un Sistema de Información Geográfica, existen algunas entidades que por su naturaleza, involucran características de representación y referencia en un espacio de coordenadas, originándose el Modelo de Datos Gráfico explicado en el numeral 7.

El Modelo de Procesos Automatizado: Una vez detalladas las actividades involucradas en el proceso de Diseño y Presupuestación de Redes, se determinaron cuáles de estas actividades serían apoyadas por el Sistema DRC y cuáles actividades no estarían apoyadas. De esta manera, se obtuvieron los requerimientos del sistema ubicados dentro del contexto del usuario.

Modelo de Implementación: El diseño detallado o miniespecificaciones de cada proceso, se realizó

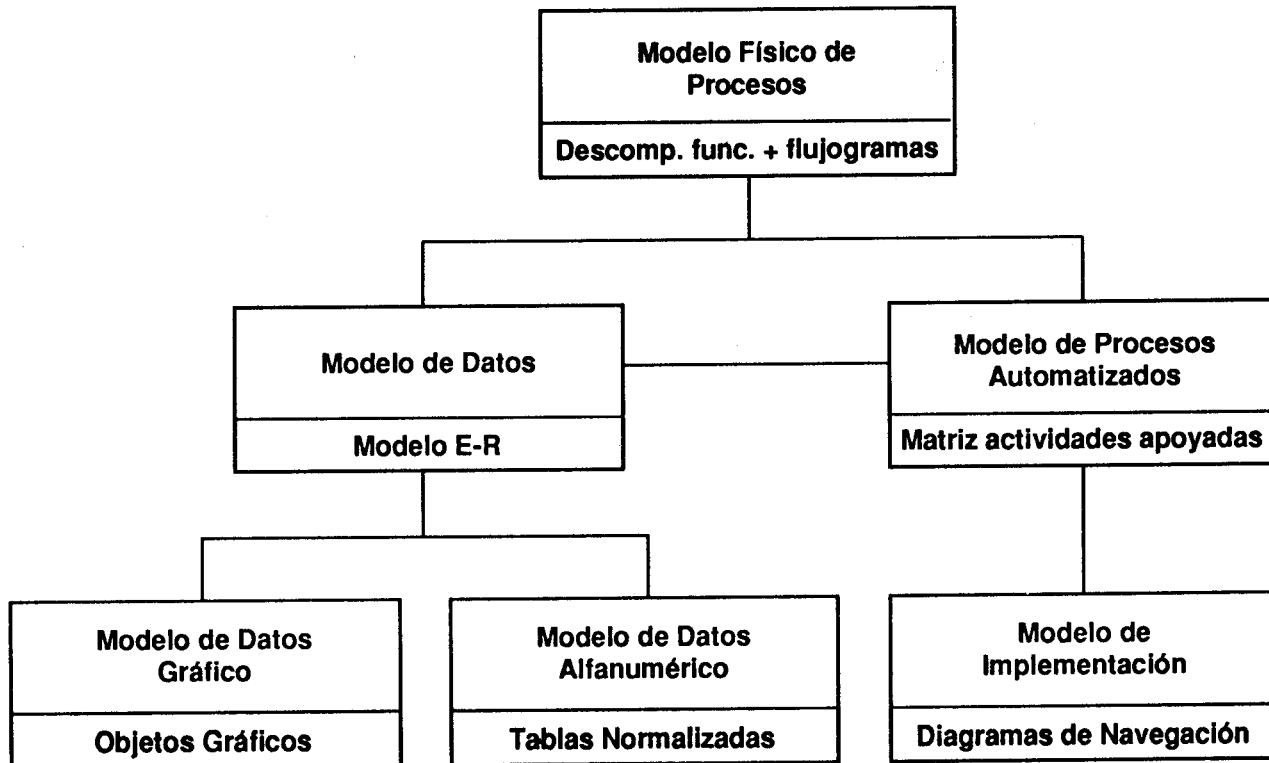
utilizando la técnica de Diagramas de Navegación. Estos diagramas permiten especificar sobre el modelo de datos las operaciones (lectura, ingreso, actualización) de las diferentes entidades y el orden en que éstas son ejecutadas.

6.3 El Componente Organizacional: Representado por todas las actividades que permiten conocer el medio en el que operará el sistema y las modificaciones que se realizan sobre las funciones y/o procesos actuales o la creación de nuevas funciones y/o procesos para garantizar que el nuevo sistema sea utilizado en forma efectiva y eficiente y sin crear traumatismos en la organización.

7. EL MODELO DE DATOS GRAFICO

Se pueden llamar objetos los elementos de datos que requieren una representación u ubicación georeferenciada. Un enfoque orientado por objetos es sumamente práctico en desarrollos de esta naturaleza, ya que los elementos gráficos que se encuentran en un mapa o dibujo, requieren, además de atributos que los ubique en el espacio, la realización de servicios o métodos complejos

FIGURA No. 4
Desarrollo del DRC a través de Modelos



como resaltar, rotar, mover, dividir, etc. En el contexto de los SIG estos objetos tienen las siguientes características: Atributos que los describen, relación con otros objetos desde el punto de vista semántico, representación geométrica, tamaño y relación con otros objetos desde el punto de vista espacial.

Para construir el modelo de datos gráfico es necesario conocer las formas de representación tanto gráfica como de base de datos que nos provee el software de base sobre el cual se desarrollará el sistema.

7.1 Estructuras gráficas de representación. Las dos formas principales de representación gráfica son la representación matricial, donde cada pixel representa una celda que es almacenada con sus respectivos atributos y la representación vectorial donde los componentes (puntos, líneas o polígonos) son almacenados según sus reglas de configuración. Por ejemplo, para una línea se almacenan las coordenadas de inicio y fin y para un polígono se almacenan las secuencias de líneas que lo conforman. La selección del tipo de representación a utilizar depende de las necesidades de información del sistema específico. En el Sistema DRC fue utilizada la representación vectorial donde los puntos representan objetos discretos como postes, transformadores, proyectos, subestaciones, etc. las líneas representan el trazado o las redes de servicio (cables telefónicos, líneas de energía, tuberías de conducción de aguas) y los polígonos representan áreas de la ciudad que son atendidas por una misma fuente (subestación, armario, tanque) y que reciben el nombre de áreas de cubrimiento.

7.2 Estructuras de base de datos: Asociadas a las diferentes representaciones gráficas se pueden tener modelos de base de datos que representen el objeto. Una base de datos gráfica es una tabla relacional donde cada registro o instancia representa un elemento del dibujo. La ubicación geográfica del elemento es representada a través de coordenadas (x,y) y la asociación espacial con otros objetos es representada a través de llaves foráneas que referencian a otros objetos (por ejemplo, los tramos de la red que parten o llegan a un nodo) o a través de asociaciones dinámicas en el momento de efectuar una consulta. La **Figura No. 5** ilustra los principales objetos utilizados en el sistema DRC, con una visión simplificada de sus atributos y relaciones.

La metodología de desarrollo utilizada para la realización del proyecto, permitió comprobar que los paradigmas de Ingeniería de Software enseñados en la academia, pueden generar resultados satisfactorios cuando se aplican en casos reales con la debida contextualización y adecuación.

7.3 Recuperación de objetos: Una de las características más importantes de un SIG es la facilidad para manipulación y análisis de los objetos. En cualquier momento el usuario deseará encontrar objetos que cumplan ciertas condiciones, algunas de las cuáles caen dentro del grupo de consultas booleanas tradicionales, teniendo en cuenta los atributos del objeto. Un segundo grupo de consultas está basado en las características geométricas y geográficas del objeto y en su relación espacial con otros objetos (DENTRO DE, FUERA DE, CERCA DE, INTERCEPTADO POR, ETC.) Por ejemplo: Cuáles son los proyectos de diseño que se adelantan en un área de la ciudad? Cuál es el inventario de los elementos de red que se encuentran en determinado tramo? Cual es el área y perímetro de una área de cubrimiento? En algunos casos los SIG facilitan ciertas consultas a través del lenguaje SQL (Structured Query Language), ampliamente conocido en el ambiente relacional, el cual tiene extensiones para el manejo de condiciones y operadores gráficos. Por ejemplo, si se desea recuperar los proyectos en diseño que se están adelantando a lo largo de, o cercanos a una vía, se podría ejecutar el siguiente comando:

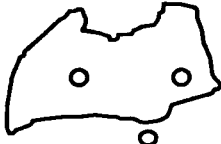
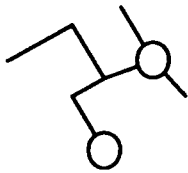
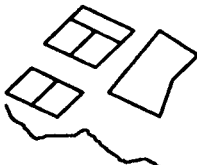
```
SELECT DESCRIPCION
FROM PROYECTO
WHERE ESTADO = 'D' AND
TAGS INSIDE CORRIDOR
```

En este caso el corredor o tramo alrededor del cual se desea consultar, es señalado en forma interactiva por el usuario en el momento de ejecutar la consulta.

8. ENTRADA DE DATOS

Según afirmaciones de especialistas, entre el 80 y 90% del costo de operación de un SIG, radica

FIGURA 5
Visión Simplificada del Modelo de Datos Gráfico

	Representación Gráfica	Objetos	Modelo de Datos																
Nivel General		Áreas de cubrimiento Proyectos	<table border="1"> <tr><th colspan="4">Polígono</th></tr> <tr><td colspan="2">Nombre fig.</td><td colspan="2">Área</td></tr> <tr><th colspan="4">Puntos</th></tr> <tr><td>No. punto</td><td>x</td><td>y</td><td>Info. proy.</td></tr> </table>	Polígono				Nombre fig.		Área		Puntos				No. punto	x	y	Info. proy.
Polígono																			
Nombre fig.		Área																	
Puntos																			
No. punto	x	y	Info. proy.																
Nivel Detallado		Lineales Puntuales	<table border="1"> <tr><th colspan="3">Red (network)</th></tr> <tr><td>No. línea</td><td>Punto desde</td><td>Punto hasta</td></tr> <tr><td colspan="2">Punto desde</td><td>Llega hasta</td></tr> <tr><td colspan="3">Puntos</td></tr> <tr><td>No. Punto</td><td>x</td><td>y</td></tr> </table>	Red (network)			No. línea	Punto desde	Punto hasta	Punto desde		Llega hasta	Puntos			No. Punto	x	y	
Red (network)																			
No. línea	Punto desde	Punto hasta																	
Punto desde		Llega hasta																	
Puntos																			
No. Punto	x	y																	
Nivel Referencia		Manzanas, vías curvas de nivel, construcciones, etc.																	

en el costo de consecución, obtención y actualización de los datos. La entrada de datos cubre todos los aspectos de digitalización de mapas existentes (normalmente desactualizados), observaciones del campo a través de levantamientos topográficos y obtención de imágenes a través de fotografías aéreas, imágenes de satélite, etc. Este proceso además de costoso puede requerir mucho tiempo. Teniendo en cuenta que la confiabilidad y precisión de un SIG depende en gran medida de la calidad de los datos, es necesario analizar su origen (fuentes de información, técnica empleada, nivel de precisión, etc.) y establecer criterios de control de calidad y procedimientos que garanticen su actualización. Todas estas consideraciones se realizan durante la etapa de Conversión de Datos.

8.1 Datos compartidos. En la mayoría de los casos, esta información básica puede ser útil a varias comunidades de usuarios y a diferentes tipos de aplicaciones. Es entonces adecuado establecer procedimientos de apoyo y coordinación

para consecución de este tipo de información de manera que sea útil para las diferentes entidades. En nuestro caso específico, la información de Base Geográfica (planos de la ciudad en cuadrículas del 800 X 500 metros) que contiene todo el detalle de vías, ríos, curvas de nivel, bordes de manzana y construcciones, que sirve de referencia para el trazado de las redes, está siendo digitalizada en una labor conjunta entre el Municipio de Medellín, Planeación Municipal y las Empresas Públicas de Medellín.

8.2 Actualización de los datos. En este tipo de aplicaciones los mecanismos de actualización de los datos, como la Base Geográfica, que sirven de referencia para una aplicación específica, como el DRC, deben establecer un equilibrio entre el costo de mantener estos datos en línea y el nivel de actualización requerido para cumplir los objetivos del sistema. En este caso, por ejemplo, sería deseable tener actualizada en todo momento la prediación de las manzanas (información

altamente cambiante) pero no es un requerimiento del sistema dado que las redes que diseñan las Empresas Públicas de Medellín, son las redes externas. Por el contrario, si el sistema SIG fuese orientado a manejo de elementos con mayor nivel de detalle como la prediación, el requerimiento de actualización de éstos sería indispensable y por lo tanto debería contarse con mecanismos ágiles de actualización.

CONCLUSIONES

Con este proyecto se logró desarrollar una herramienta útil para el diseño y presupuestación de redes de servicio público adaptada a nuestro medio colombiano.

La metodología de desarrollo utilizada para la realización del proyecto, permitió comprobar que los paradigmas de Ingeniería de Software enseñados en la academia, pueden generar resultados satisfactorios cuando se aplican en casos reales con la debida contextualización y adecuación.

La experiencia adquirida en este proyecto, puede ser orientada a nuevas áreas de aplicación donde la Universidad Eafit está tomando una posición de liderazgo.

BIBLIOGRAFIA

Brathwaite Kenneth S. *Systems Design in Database Environment*. New York, Ed. Intertext, 1989, pág. 308.

Escuela Politécnica, Universidad de Sao Paulo. *Memorias del Simposio Brasileiro de Geoprociamiento*. Sao Paulo. 1.990, pág. 351

Henk J. Scholten, Stillwell John C. H. *Geographical Information Systems for Urban and Regional Planning*. The Netherlands, Ed. Kluwer Academic Publisher. 1990, pág. 277.

Start Jeffrey, Estes John. *Geographic Information Systems*. New Jersey. Ed. Prentice Hall. 1990, pág. 303.

Universidad EAFIT. *Centro de Asesorías y Consultorías. Propuestas Técnicas del Sistema DRC*. 1991.

Universidad EAFIT. *Centro de Asesorías y Consultorías. Manual del Usuario del Sistema DRC*. 1991.