

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.  
Facultad Matemática, Física y Computación  
Licenciatura en Ciencia de la Computación



## **Trabajo de Diploma**

**“Módulo de Monolineales del Sistema  
de Gestión de Redes”**

**Autor: Angel Reinier Hernández Perera**

**Tutores: Lic. Nayi Sánchez Fleitas**

**Ing. Raúl Fernández Álvarez**

**“Año 50 de la Revolución”**

**Curso 2007-2008**

## **Dictamen.**

Hago constar que el presente trabajo fue realizado en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas como parte de la culminación de los estudios de la especialidad de Ciencia de la Computación, autorizando a que el mismo sea utilizado por la institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos ni publicado sin la autorización de la Universidad.

Firma del autor

Los abajo firmantes, certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdos de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

---

Firma del tutor

---

Firma del tutor

---

Firma del jefe del  
Laboratorio

*La Ley del talento, como la de  
la dicha verdadera, es el  
desinterés.*

*José Martí*

*A mis padres y hermano,  
por darme todo el apoyo  
para hacer realidad mis  
sueños.*

*A mis tutores Nayi y Raúl por brindarme su ayuda en todo momento y por todo el tiempo que me dedicaron.*

*Al profesor Daniel Castro por su colaboración incondicional.*

*A Nolisbel y Maybel por su cooperación, y a todo el grupo del SIGERE por aportar su granito de arena a este trabajo.*

*A Layde, Lumpuy y Poza que también hicieron posible que llegara a esta meta.*

*A la Revolución, que nos da la oportunidad de superarnos más cada día para convertirnos en buenos profesionales.*

*Y a todos los que de una forma u otra han hecho posible la realización de este Trabajo de Diploma.*

## **Resumen**

Este trabajo hace una descripción del proyecto SIGERE (Sistema de Gestión de Redes) y la necesidad de éste de contar con una aplicación capaz de representar los esquemas de las redes eléctricas de distribución. Se hace un profundo análisis de requerimientos, que da paso a la confección de los diagramas que conforman el modelado, y finalmente la implementación de un sistema que posee un editor gráfico con múltiples opciones de edición, como insertar, cortar, copiar, pegar, rotar, mover, conectar y borrar componentes eléctricos. Establece un enlace con una base de datos, para acceder a la información de los circuitos contenidos en ella y salvar el monolineal. Cuenta con una interfaz amena, formada por un Explorador del Circuito, un Visor de Propiedades y una Lista de Instalaciones del SIGERE que le permite al usuario una completa descripción del estado del monolineal.

## **Abstract**

This work describes the SIGERE project (Sistema de Gestión de Redes) and the need of this to have an application able to represent the schemes of the electric nets of distribution. It made a deep analysis of requirements that allows to develop the diagrams that conform the model section, and finally implement a system that has a graphic editor with multiple edition options, as inserting, cutting, copying, pasting, rotating, moving, connecting and deleting electric components. It is established a connection with a database where is stored the information of the circuits and saved the monolineal enabling the data and information interchange. It has a pleasant and easy to handle interface, formed by a Browser of the Circuit, a Panel of Properties and a List of Installations of SIGERE, that brings to the user a complete description of the state of the monolineal.

# Índice

Introducción.....	1
Capítulo 1. Representación Esquemática de Redes dentro del Sistema de Gestión de Redes.....	5
1.1 El Sistema de Gestión de Redes.....	5
1.1.1 Antecedentes y Alcance.....	5
1.1.2 Composición del SIGERE.....	7
1.2 Esquemas Monolineales del Subsistema de Instalaciones.....	12
1.2.1 Elaboración de los Esquemas Monolineales.....	13
1.2.2 Características fundamentales.....	14
1.2.3 Herramientas más usadas.....	17
1.2.4 Antecedentes históricos.....	18
Capítulo 2: Análisis, Diseño e Implementación.....	19
2.1 Estrategias y Herramientas Utilizadas.....	19
2.2 Análisis de Requerimientos.....	21
2.3 Modelado del Sistema.....	24
2.3.1 Diagrama de Casos de Uso.....	24
2.3.2 Componente TSimpleGraph para el aspecto edición.....	26
2.3.3 Diagrama de Clases.....	28
2.3.4 Modelo de Base de Datos y enlace con SIGERE.....	29
2.4 Implementación del Sistema.....	32
2.5 Prueba y Configuración del Módulo.....	34
Capítulo 3. Manual de Usuario.....	37
3.1 La construcción de un Monolineal.....	37
3.2 El manejo del Editor Gráfico.....	39
3.2.1 Lista de Instalaciones del SIGERE.....	41
3.2.2 Visor de propiedades del elemento.....	43
3.2.3 Explorador del circuito.....	45
3.2.4 Validación del Monolineal.....	46
3.3 Consultar Monolineal.....	47
3.4 Otras opciones.....	48
3.5 Ayuda.....	52
Conclusiones.....	54
Recomendaciones.....	55
Referencias.....	56
Bibliografía.....	57
Anexos.....	58

## **Introducción**

La energía eléctrica es un factor determinante en el desarrollo de un país pues la misma puede transformarse en otras como la energía térmica, mecánica y luminosa las cuales ponen en funcionamiento no sólo un amplio complejo industrial, sino también una enorme gama de equipos y útiles que el hombre emplea diariamente en todas las ramas de la economía y la vida social, ya que la energía eléctrica constituye un medio fundamental en la satisfacción de necesidades sociales, vinculadas tanto al desarrollo de la actividad productiva como a la elevación del nivel y calidad de vida del pueblo.

La Unión Eléctrica Nacional (UNE) es la entidad encargada de la gestión de la energía eléctrica desde la generación por las grandes plantas generadoras, luego la transmisión y la distribución de la energía, donde el nivel de distribución es el último eslabón en la cadena productor-consumidor. Para ello, esta entidad se encuentra estructurada en cuatro niveles organizativos: Sucursal, Organización Básica Eléctrica (OBE) Municipal o Territorial, OBE Provincial y Oficina Central de la Unión.

Lo anterior nos hace pensar en la importancia de garantizar un Sistema Electroenergético eficiente apoyado en la informática, que cubra las expectativas de todos sus clientes, y como respuesta a esto se creó el Sistema de Gestión de la Unión Eléctrica Nacional (SIGE), al cual pertenecen todos los sistemas computacionales desarrollados en las OOBEE del país, afines al SIGE.

La OBE Provincial de Sancti Spíritus se encuentra desarrollando el Sistema de Gestión de Redes (SIGERE), con el propósito de mejorar radicalmente el control de las redes de transmisión y distribución. El SIGERE se encuentra estructurado por subsistemas y éstos por módulos. Uno de estos módulos encierra lo referido a monolineales.

Los monolineales constituyen una representación gráfica de las redes eléctricas, formados por símbolos y líneas asociadas a estos, lo que permite su análisis como sistema.

En el año 2001 se realizó un trabajo de diploma con el título: “Módulo para el dibujo de Monolineales”, pero por requerimientos actuales de software de programación y algunas pequeñas deficiencias en cuanto a la edición no pudo ser implantado.

Debido a esto quienes trabajan actualmente en la operación del sistema eléctrico, no cuentan con una herramienta que les permita aplicar con facilidad y homogeneidad las normas establecidas para el dibujo de los componentes de la red, empleando símbolos que deben ser confeccionados generalmente utilizando el Paint de Microsoft, exigiendo mucho tiempo y esfuerzo sin lograr aportar las opciones necesarias para asimilar las modificaciones operativas de la red. Por tal motivo la necesidad de lograr la implementación del Módulo de Monolineales que garantice una ágil actualización y sea útil para la toma de decisiones.

Teniendo como base lo expuesto con anterioridad, decidimos trazarnos los siguientes objetivos:

**Objetivo General:**

Crear las herramientas necesarias para permitir el dibujo de los componentes de un monolineal, y que a la vez ofrezca los datos esenciales de cada uno de estos, mediante su enlace con una base de datos.

**Objetivos Específicos:**

- Construir una jerarquía de clases que defina todos los componentes de una red eléctrica y organizarla de acuerdo a los tipos de circuitos.
- Implementar un área de dibujo que permita insertar, editar, mover, quitar y enlazar componentes eléctricos.
- Extraer la información necesaria de la Base de Datos del SIGERE de acuerdo a los requerimientos del sistema.
- Brindar listado de los componentes que conforman el monolineal según su tipo así como los parámetros eléctricos de los mismos.

Las preguntas fundamentales de la investigación son:

¿Como hacer un editor para el dibujo de monolineales?

¿Será posible la integración de esta aplicación con la Base de Datos del SIGERE?

## **Estructura del Trabajo:**

### Capítulo 1:

En este capítulo se brinda una breve introducción al proyecto SIGERE, donde se explica en qué consiste y los subsistemas y módulos que lo componen. Se describe el Módulo de Monolineales, aplicación a desarrollar como parte del presente trabajo de Diploma. Se presentan las herramientas afines más utilizadas en la actualidad, así como los antecedentes históricos del desarrollo de este módulo.

### Capítulo 2:

Muestra las estrategias y herramientas utilizadas en el análisis, diseño e implementación del software. Se hace un análisis de los requerimientos funcionales y no funcionales. Explica todo lo relacionado con TsimpleGraph, componente visual utilizado en la edición. Detalla el modelado del sistema y los diagramas correspondientes a cada paso del diseño. Además, describe brevemente cómo se desarrolló la fase de implementación.

### Capítulo 3:

Explica claramente cómo podemos crear un monolineal a través del uso del editor gráfico. Describe las diferentes opciones que brinda el área de dibujo, así como varias vías para cada operación. También especifica cómo consultar un monolineal que ya ha sido creado y las restricciones que presenta. Finalmente enseña la manera de acceder y trabajar con la ayuda para la solución de problemas o dudas que surjan del uso de la aplicación.

## **Capítulo 1. Representación Esquemática de Redes dentro del Sistema de Gestión de Redes.**

### **1.1 El Sistema de Gestión de Redes.**

El creciente desarrollo del sistema electroenergético ha impuesto la necesidad de la introducción de sistemas computacionales de control de la transmisión y distribución de energía eléctrica. Con el fin de cubrir esta necesidad en las OOBEE Provinciales se ha trabajado mucho para cumplir con dichas tareas. Como respuesta a ello, la OBE Provincial de Sancti Spíritus se encuentra desarrollando el SIGERE con el propósito de mejorar radicalmente el control de las redes de transmisión y distribución.

El SIGERE será parte del Sistema de Gestión de la Unión Eléctrica Nacional (SIGE) y contendrá información sobre todos los equipos, instalaciones, infraestructura y acciones que existen o se ejecutan sobre la red de Transmisión y Distribución. El Sistema deberá recoger datos técnicos, económicos y de gestión que faciliten la operación, explotación, estudios y planificación de las redes en las Empresas Eléctricas. El Sistema estará orientado al cliente permitiendo mejorar la calidad de suministro y la reducción de costos operativos.(Dirección Integrada de proyecto SIGE, 2007).

#### **1.1.1 Antecedentes y Alcance.**

Los Sistemas de Gestión evolucionan con los cambios estructurales y avances tecnológicos del dominio donde se aplican. De acuerdo a la metodología de desarrollo, esta evolución se registra en el documento “Propuesta de Nueva Visión del Sistema de Gestión de Redes”.

El SIGERE es una evolución del Sistema de Gestión de Distribución (SIGEDI) cuyo alcance inicial era a partir de las barras de 33 KiloVolts y los Despachos de Distribución. Dicha evolución se debe a las necesidades crecientes de la Unión Eléctrica, protagonista principal de la Revolución Energética impulsada por la máxima dirección del país. Esta Revolución Energética ha tenido un serio impacto en el Sistema Electroenergético Nacional (SEN), mediante la cocción con electricidad, introducción masiva de generación distribuida, aplicación de Sistemas SCADA y la rehabilitación de redes. Estructuralmente, el Sistema está concebido para ser aplicado en las Empresas Eléctricas Provinciales y sus dependencias, aunque variaciones del SIGERE pudieran desarrollarse en otras entidades que operen las redes.

En la concepción original del SIGE la Transmisión iba a ser abarcada por el Sistema de Explotación (SIE) y su operación en los Despachos Territoriales por el Sistema de Gestión de Despacho (SIGEDES). Sin embargo, hoy la mayor parte de las Subestaciones y Líneas de Transmisión siguen siendo responsabilidad de las Empresas Eléctricas, los Despachos Territoriales desaparecieron, el SIE y el SIGEDES están paralizados y por otro lado para aplicar el módulo de Control de la Red es necesario un modelo mallado de la red que puede ser aplicado tanto a la Distribución como a la Transmisión. Debido a esto, desde la versión 4.0 se ha ampliado el SIGEDI de forma que abarque también la transmisión convirtiendo el SIGEDI en un Sistema de Gestión de Redes (SIGERE) que abarca desde las centrales generadoras hasta las instalaciones de medición del cliente, donde limitará respectivamente con los Sistemas Informáticos de Generación y Comercial.(Dirección Integrada de proyecto SIGE, 2007).

### **1.1.2 Composición del SIGERE.**

Para un mejor control del desarrollo e implementación, el Sistema se divide en Subsistemas, y estos en Módulos. Esta división debe corresponder a los procesos generales que se siguen en los diferentes puestos de trabajo. La interfaz común a estos tiene que ser alfanumérica y gráfica, y esta última contendrá representaciones esquemáticas monolineales y los datos necesarios para un soporte de un Sistema de Información Geográfico (conocido por sus siglas en inglés como GIS) en los Subsistemas que lo necesiten, así como planos de detalles, croquis e incluso fotos de los elementos e instalaciones que lo ameriten.

Los subsistemas del SIGERE son:

- Subsistema de Instalaciones
- Subsistema de Explotación
- Subsistema de Operación
- Subsistema de Análisis y Estudios
- Subsistema de Planificación de Inversiones
- Subsistema de Gestión y Control
- Subsistema de Servicios

En la Figura 1.1 mostramos la composición de alto nivel del SIGERE, después se brinda una breve descripción de cada subsistema.

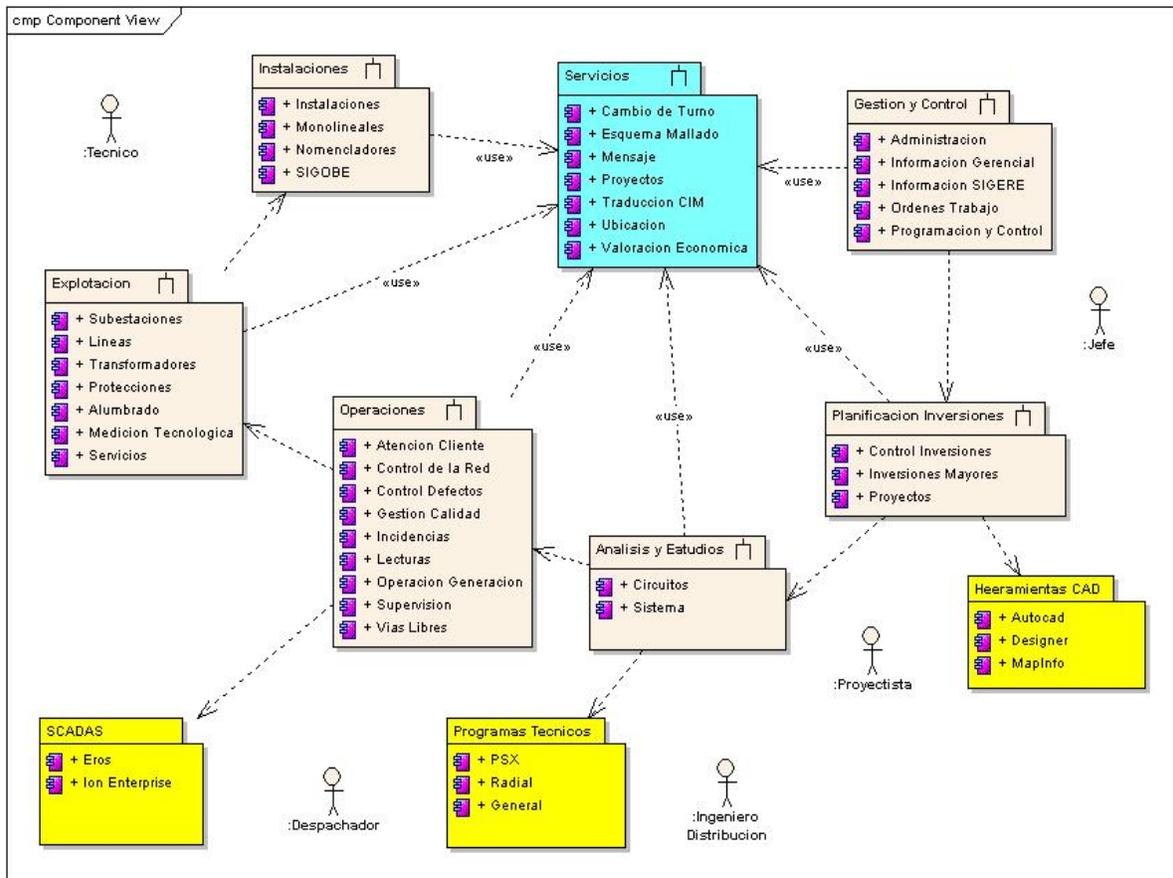


Figura 1.1 Diagrama de Componentes del SIGERE

### Subsistema de Instalaciones

El núcleo del Sistema lo constituye el Subsistema de Instalaciones. Una instalación es un conjunto de posiciones con una topología implícita a cada instalación que pueden estar ocupadas por elementos eléctricamente importantes. Estos elementos pueden ser equipos eléctricos simples o instalaciones más sencillas, y además pueden o no tener apoyos que la fijan en el espacio físico a través de un sistema de coordenadas que la referencia en el marco geográfico. Todas las instalaciones del Sistema estarán codificadas con códigos alfanuméricos de acuerdo al Procedimiento PD-2306. Este código es permanente, y por tanto, independiente de su posición en la red. Se evitan los cambios de codificación de los desconectivos previamente codificados por su connotación en la operación de la red.

Todos los equipos importantes del Sistema serán identificados de acuerdo a sus especificaciones (fabricante y país, modelo, número de serie) o por un número de empresa.

Se recogerán todos los datos nominales del equipo de acuerdo a las normas internacionales existentes. Se compone de los siguientes módulos:

- Nomencladores Básicos
- Ubicación de Instalaciones
- SIG-OBE
- Esquemas Monolineales (Este es el objeto de este trabajo y será explicado en el epígrafe 1.2)

### **Subsistema de Explotación**

El Subsistema de Explotación deberá ser la interfaz entre el Subsistema de Instalaciones y los Técnicos que lo explotan en OOBEE territoriales y los diferentes Departamentos de las OOBEE Provinciales. Debe proporcionar el acceso regulado, de acuerdo al puesto de trabajo, a la actualización de las diferentes instalaciones a través de las acciones (levantamientos, nuevas instalaciones, mantenimientos, celajes, etc.) que se realizan según los procedimientos y registros establecidos por el Manual de Distribución. Este subsistema adquiere especial importancia al crearse la Nueva Política de Mantenimiento que establece la necesidad de hacer el mantenimiento por diagnóstico y lo conforman los módulos:

- Subestaciones
- Líneas
- Protecciones.
- Transformadores de Distribución
- Alumbrado Público
- Servicios
- Medición Tecnológica

### **Subsistema de Operación**

El Subsistema de Operación incluirá todo el tratamiento Informático de las actividades propias del Despacho Provincial y otros Despachos de Distribución que se mantienen, Centros de Quejas y Operadores de Subestaciones en el manejo de las redes de distribución. Internacionalmente está altamente automatizado debido a la presencia de Sistemas SCADA, Sistemas de Aviso Integrados y simulación de la Red. Incluye los siguientes módulos:

- Gestión de Incidencias
- Atención al Cliente
- Control de Defectos
- Lecturas
- Control de la Red
- Operación de la Generación
- Vías Libres
- Supervisión
- Calidad de la Operación

### **Subsistema de Análisis y Estudios**

Este subsistema agrupa los análisis y estudios técnicos realizados por los especialistas de regímenes, distribución o desarrollo mediante el uso de herramientas externas o propias. Este intercambio deberá ser en las dos direcciones y basarse en normas como CIM, XML, etc., así como permitir acceder a la localización de los ficheros fuentes de estos programas y mejorar los reportes de varias formas, permitiendo ordenar y buscar diferentes parámetros. Permite introducir los cambios en el SIGERE producidos por los diferentes tipos de estudios de mejoras y realizar un control de las acciones de documentación de estos estudios. Está compuesto por:

- Módulo de Circuitos
- Módulo Estudio de Sistemas

### **Subsistema de Planificación de Inversiones**

El Subsistema de Planificación de Inversiones comprende las funciones centralizadas relacionadas con el proyecto y control de inversiones que se realizan sobre las redes en las Direcciones de Inversiones de las OOBEE Provinciales. Usará los Servicios de Valoración Económica y Presupuesto. Abarca los siguientes módulos:

- Módulo de Proyectos
- Módulo de Control de Inversiones
- Módulo de Control de Inversiones Mayores

### **Subsistema de Gestión y Control**

Este subsistema agrupa todos los módulos que se relacionan con el intercambio y disseminación de la información, el control de los planes, acciones e indicadores básicos que permiten a los técnicos y gerentes tomar las mejores decisiones sobre la explotación, operación y planificación de las redes, lo componen:

- Módulo de Información Gerencial
- Módulo de Programación y Control
- Módulo de Órdenes de Trabajo
- Módulo de Administración del SIGERE
- Módulo de Información del SIGERE

### **Subsistema de Servicios**

Este Subsistema agrupa la capa de servicios, que considerados como componentes independientes, pueden ser usados por diferentes módulos y ejecutados en cualquier nodo del sistema. Los servicios considerados incluyen:

- Servidor de Malla
- Servicio de Ubicación
- Servicio de Mensajes
- Cambio de Turno
- Traducción del CIM
- Presupuesto

(Dirección Integrada de proyecto SIGE, 2007).

## **1.2 Esquemas Monolineales del Subsistema de Instalaciones.**

Los monolineales constituyen una representación gráfica unifilar de las redes eléctricas, formada por líneas y símbolos asociados a los elementos que lo componen, además de la información textual correspondiente a cada tipo de instalación, lo que permite su análisis como sistema. Debido a que constituyen una representación simplificada de la red, son usados ampliamente por el personal técnico de la Empresa de Distribución, para el estudio y operación de las redes.(Sánchez Fleitas, 2000-2001).

Desde el punto de vista gráfico es básicamente un conjunto de nodos con un símbolo eléctrico determinado, conectados por líneas en forma de grafo, aunque tiene algunas particularidades que no tienen los grafos con relación a las líneas, por ejemplo que estas no tienen necesariamente que estar conectadas a un nodo, también una línea puede conectarse a otra línea por un punto cualquiera de esta, además estas pueden estar fraccionadas en varios puntos similar a una poligonal abierta.

El Subsistema de Instalaciones del SIGERE debe contener una aplicación que sea capaz de la construcción de un Monolineal, así como de varias facilidades para la edición del mismo, debe también estar interconectado dinámicamente a la información de las instalaciones, equipos y componentes eléctricos existentes hasta ahora en la Base de Datos del SIGERE. Debe igualmente brindar la información de los principales parámetros eléctricos de los elementos que lo componen.

### **1.2.1 Elaboración de los Esquemas Monolineales.**

Para lograr un sistema con la calidad necesaria, que satisfaga las necesidades de los clientes, se hace necesario llevar a cabo un estudio sobre los requisitos que debe cumplir un monolineal. Para ello es imprescindible conocer su proceso de elaboración.

El proceso de elaboración de un monolineal comienza con los técnicos del municipio, que realizan el levantamiento del circuito haciendo un recorrido por ellos, allí se recopila la información necesaria para el dibujo de un croquis. Posteriormente es dibujado por el técnico en un editor gráfico como el Paint de Windows y salvado en formato **.bmp** o **.jpg**. El dibujo pasa luego al Jefe de Despacho que chequea si los componentes básicos de la red están correctamente especificados. Se debe conocer además las necesidades de los despachadores y otros usuarios del SIGERE. (Ver Anexo 1).

Normalmente los monolineales son actualizados periódicamente ante cambios de la red que representan. Los monolineales son usados por todos los técnicos de las Empresas Eléctricas para realizar diversos análisis y estudios pero son imprescindibles para la operación del Sistema por los Despachadores. En la Figura 1.2, se muestra un monolineal de un circuito de subtransmisión.

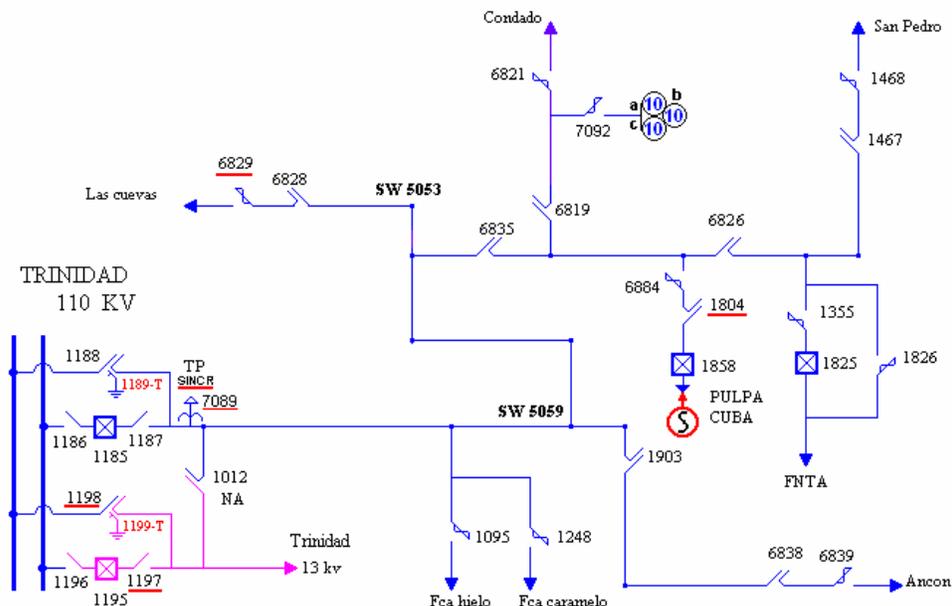


Figura 1.2 Esquema Monolineal de un circuito de subtransmisión

### 1.2.2 Características fundamentales.

Los monolineales se pueden conformar sobre diferentes tipos de redes, ya sean circuitos de distribución, subestaciones o sistemas eléctricos. También pueden ser usadas para representar partes aisladas de cualquiera de estos elementos con el objetivo de facilitar el estudio o proyecto. Este trabajo está enfocado sólo a representar monolineales de las redes de distribución.

Los circuitos de la red de distribución se dividen en cuatro tipos:

- Circuitos de Subtransmisión: Son los encargados de transmitir la energía eléctrica a distancias medias a 34.5 KiloVolts.
- Circuitos Primarios: Son los encargados de transmitir la energía eléctrica a distancias menores que la de Subtransmisión y a un nivel de 13.2 y 4.16 KiloVolts

- Circuitos Secundarios: Son los encargados de distribuir la energía a las instalaciones de los consumidores a pequeñas distancias y a niveles de voltaje que van desde 127 a 480 Voltios.
- Circuitos de Alumbrado: Son los encargados de distribuir la energía a las luminarias de alumbrado público a pequeñas distancias y a niveles de voltaje que van desde 127 a 240 Voltios.

Además de diferenciarse en sus aspectos funcionales lo hacen en sus componentes fundamentales, aunque todos ellos poseen elementos comunes como son:

- Líneas. : Son uno o más conductores de electricidad los cuales pueden estar instalados de forma aérea o soterrada, y se utilizan para la conducción de energía eléctrica.
- Postes. : Estructura en la cual se instalan componentes que conforman un circuito eléctrico.
- Bancos de transformadores. : Su función es convertir parámetros instantáneos de la energía eléctrica, es decir, voltaje y corriente.
- Desconectivos. : Instalación formada por elementos móviles y fijos que permite, al ser manipulado, aislar o desconectar uno o varios elementos de una línea eléctrica.

Podemos encontrar otros que aparecen en los tres primeros tipos de circuitos como es el caso de:

- Los Bancos de Capacitores. : dispositivo que se instala en líneas eléctricas con el objetivo de disminuir el factor de potencia, reducir la energía reactiva y las pérdidas eléctricas

- Grupos Generadores. : convierte la energía mecánica que puede ser producida por vapor, energía atómica, combustión, eólica o hidráulica en energía eléctrica.

En los circuitos de Circuitos de Subtransmisión y Circuitos Primarios encontramos las Subestaciones de Distribución. <sub>E</sub>, instalaciones donde se reduce el nivel de voltaje de 34.5 a 13.2 o 4,16 KiloVolts y cuenta con elementos capaces de protegerse a sí mismos y a las líneas eléctricas que de ellas se originan.

De forma más específica vemos en:

#### Circuitos de Subtransmisión

- Subestaciones de Transmisión. <sub>R</sub>: Instalaciones donde se reduce el nivel de voltaje de 110 KiloVolts a 34.5 KiloVolts y cuentan con elementos capaces de protegerse a sí mismos y a las líneas eléctricas que de ellas se originan.

#### Circuitos Secundarios y de Alumbrado

- Luminarias. : Equipos formados por varios elementos capaces en su conjunto de transformar la energía eléctrica en luminosa.

Para representarlos se ha establecido una simbología tomada del Sistema Único de Documentación del Proyecto.(Autores, 1985a, Autores, 1985b).

### **1.2.3 Herramientas más usadas.**

Desde los años 60 se vienen desarrollando programas para el manejo computacional de circuitos y con el paso de los años, la complejidad de estos ha ido en aumento. Actualmente existen muchas herramientas para el diseño de circuitos, pero no es el diseño el enfoque principal de estas herramientas, sino que están dirigidas fundamentalmente al proceso de simulación. Las que más se destacan son:

ORCAD: Es un software para automatizar el diseño de circuitos electrónicos. Su principal ámbito de aplicación es el diseño de circuitos impresos y la simulación de esquemáticos.(Systems, 2005).

Proteus: Entorno integrado diseñado para la realización completa de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas: diseño, simulación, depuración y construcción.(Ingeniería Eléctrica Electrónica, 2008).

Electronics Workbench o Banco de Trabajo de Electrónica: Es un programa de simulación de circuitos, que cuenta con un completo laboratorio virtual, que contiene los instrumentos más comunes utilizados en la mayoría de los laboratorios de diseño electrónico y lógico.(Jimeno, 2001).

PSpice: Aplicación para el diseño y simulación de circuitos utilizando el estándar internacional Spice, su función principal es leer de un fichero de texto que se crea mediante una serie de comandos y declaraciones, y finalmente hará la simulación.(Madrid, 2000).

See Technical: Programa para dibujar circuitos de una manera rápida, para que se puedan visualizar en papel y ser posteriormente creados.(Softonic, 2005).

#### **1.2.4 Antecedentes históricos.**

Desde que se creó el Sistema de Gestión de Distribución (SIGEDI) que posteriormente evolucionó como SIGERE, siempre se pensó en la importancia del diseño de monolineales. Además, no se podía utilizar ninguna de las herramientas existentes en la actualidad para este tipo de cosas, era necesario que fuera confeccionada expresamente para el SIGERE, debido a las especificidades que poseen nuestras redes eléctricas, además de lo imprescindible que es la integración dinámica con la Base de Datos, que contiene la información de todos los componentes e instalaciones eléctricas reales existentes.

Bajo este principio se creó el SORE (Sistema de Observabilidad de Redes), que permite mostrar la información de la red asociada a puntos calientes sobre editores gráficos, basados en un sistema de ayuda interactiva y el esquema de la red eléctrica, además de los parámetros eléctricos de cada elemento. Pero estos gráficos son imágenes fijas, y no permite realizar ningún tipo de edición; si se decidiera agregar un nuevo elemento a la red habría que crear una nueva imagen.

En el año 2001 se hizo la primera versión del Módulo de Monolineales que se diseñó y se implementó con todas la funcionalidades necesarias, pero presenta varias deficiencias en el aspecto edición. Por dicha razón esta aplicación nunca pudo ser utilizada por los usuarios finales y en estos momentos el SIGERE no cuenta con una aplicación capaz de permitir el dibujo de redes eléctricas.

## Capítulo 2: Análisis, Diseño e Implementación.

### 2.1 Estrategias y Herramientas Utilizadas.

Para lograr una implementación efectiva de este software se decidió usar el Proceso Unificado de Rational (RUP), que plantea un Ciclo de Vida del Software dividido en fases con relación al tiempo, estas son: Concepción, Elaboración, Construcción y Transición. Teniendo en cuenta este ciclo de vida podemos distribuir las disciplinas de obtención de requerimientos, análisis, diseño, implementación y prueba, por cada fase de forma tal que se garantice un desarrollo correcto del trabajo.

Según RUP el software debe ser:

- Centrado en la Arquitectura
- Iterativo e Incremental
- Guiado por Casos de Uso

Además, RUP establece el modelado basado en notación UML (Lenguaje Unificado del Modelado) y Programación Orientada a Objetos (POO).(Jacobson, 2004a, Jacobson, 2004b).

La notación UML (versión 2.0), es un lenguaje de modelado visual que se usa para especificar, visualizar, construir y documentar artefactos de un sistema de software, captura decisiones y conocimientos sobre los sistemas que se deben construir. Se usa para entender, diseñar, hojear, configurar, mantener y controlar la información de tales sistemas. Está pensado para usarse con todos los métodos de desarrollo, etapas del ciclo de vida, dominios de aplicación y medios. UML se ha convertido en un estándar para la notación en el desarrollo Orientado a Objeto.(Rumbaugh, 2000).

La Programación Orientada a Objetos, técnica utilizada para el diseño e implementación del Módulo de Monolineales, constituye una singular forma de pensar acerca de los problemas, empleando modelos que se han organizado tomando como base el mundo real, útiles para analizar requisitos, comunicarse con expertos de aplicaciones, modelar empresas, preparar documentación, diseñar programas y bases de datos.

Para comprender la POO es necesario conocer primeramente qué es un objeto y qué es una clase.

El concepto de objeto no coincide enteramente con ninguna de sus especificaciones posibles. Las cosas, los cuerpos físicos, las entidades lógicas y matemáticas, los valores, los estados psíquicos, son todos objetos especificados por medio de modos de ser particulares procedimientos de comparación, pero ninguna de estas clases de objetos poseen, una objetividad privilegiada y ninguna se presta para especificar, en un ámbito, la característica del objeto en general.

El estado de un objeto se define a partir de los valores que, en un momento dado, tiene el conjunto de los atributos que lo forman. La estructura de un objeto se define como el conjunto de todos sus atributos o propiedades. Un objeto puede contener o conocer a otro objeto. Estas relaciones también son parte de su estado.

Una clase, por otra parte, es una representación abstracta que define la estructura y comportamiento que es común a un grupo de objetos. Las clases se organizan jerárquicamente en el proceso de clasificación. Los elementos que le son comunes a dos o más clases se generalizan en una clase más abstracta. En las relaciones de generalización se les conoce como herencia.

Un programa puede ser visto como un conjunto de objetos que interactúan unos con otros.

Dos grandes objetivos para desarrollar un software utilizando el paradigma de la POO son: disminuir su costo, aumentando la productividad y disminuyendo los costos de

mantenimiento, e implementar sistemas que resistan intentos de corrupción. Aunque su mayor beneficio es que nos permite formalizar nuestro modelo de la realidad, aumentando la comprensión y mantenimiento del sistema.(Rumbaugh, 1996).

Las herramientas de desarrollo empleadas fueron:

- CaliberRM 2005 para procesar y analizar los requerimientos del sistema en general.
- Enterprise Architect 6.5 para el modelado de todos los diagramas correspondientes a las fases de análisis y diseño.
- Borland Developer Studio 2006 como herramienta para la implementación del software.
- SQL Server 2000 como gestor de Bases de Datos.
- Star Team 2005 como herramienta para el Control de la Configuración y los Defectos.

## **2.2 Análisis de Requerimientos.**

Los primeros pasos en la concepción del sistema llevaron al análisis de los requerimientos, imprescindible para lograr una clara visión del problema a resolver.

Para su elaboración se utilizó el CaliberRM 2005, pues además de ofertar las opciones básicas que brindan las demás herramientas de análisis de requerimientos, como son el autor, el estado, la prioridad, la dificultad y la versión del requerimiento, también posee otras ventajas, como que es una aplicación cliente-servidor, permite crear grupos y usuarios y asignar responsabilidades a los mismos lo que facilitará el trabajo de colaboración entre los programadores, permite crear trazas entre requerimientos y casos de uso, además de que CaliberRM pertenece a la compañía Borland que hace que acople bien con el Delphi 2006, anteriormente pertenecía a la misma compañía. La Figura 2.1 muestra una gráfica de la Interfaz Principal de la Herramienta con los requerimientos del módulo desplegados.

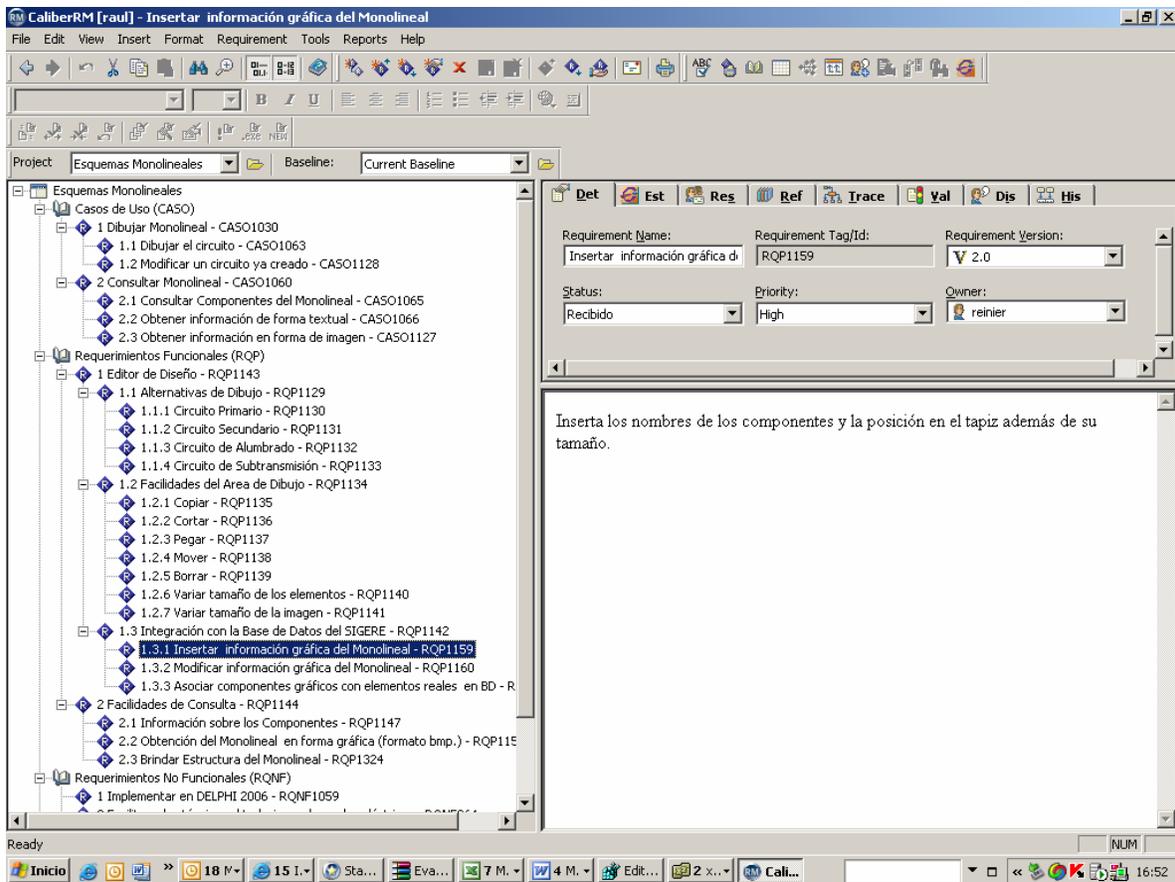


Figura 2.1 Ventana Principal del CaliberRM

Se tuvieron en cuenta dos tipos de requerimientos:

**Requerimientos Funcionales:** Ellos agrupan temáticamente las necesidades de los usuarios y lo que éstos esperan del software.

**Requerimientos No Funcionales:** Reúnen todas las características que debe cumplir el sistema y su interfaz. Además, abarcan requisitos de compatibilidad para lograr su enlace con el SIGERE.

Dentro de los funcionales están:

Crear un Editor de Diseño que comprende requisitos tales como:

- Crear Alternativas de Dibujo en cuanto al tipo de circuito
- Brindar Facilidades con el Área de Dibujo

- Integrarse con la Base de Datos del SIGERE

Crear Facilidades de Consulta que comprenden los requisitos:

- Brindar Información sobre los Componentes
- Brindar Estructura del Monolineal
- Obtención del Monolineal de forma gráfica. (formato **.bmp**)

Dentro de los no funcionales están:

- Facilitar a los técnicos el trabajo con las redes eléctricas
- Levantamiento y dibujo previo del circuito
- Utilizar SQL Server como gestor de Base de Datos
- Implementar en DELPHI 2006
- Especificaciones de Interfaz de Usuario, donde se describe cómo deben ser los principales menús, barras de herramientas y ventanas pertenecientes a dicha interfaz.

Debe destacarse que la herramienta de modelado Enterprise Architect, permite representar la jerarquía de requerimientos gráficamente en un diagrama no estandarizado de UML, los que se muestran para ambos tipos de requerimientos en los Anexos 2 y 3.

A partir del análisis de estos requerimientos se pueden identificar los casos de uso del sistema. Es importante destacar que las herramientas seleccionadas, permiten establecer una correspondencia entre los requerimientos específicos y los casos de uso mediante una relación de traza. En el caso del Caliber RM permite incluso visualizar una matriz de correspondencia, lo que permite asegurar que todos los requerimientos han sido mapeados a casos de uso, e identificar afectaciones por nuevos requerimientos o modificaciones en los mismos.

## 2.3 Modelado del Sistema.

Para la elaboración de los diagramas más importantes se utilizó el Enterprise Architect. Esta es una herramienta de modelado visual que permite crear, analizar, diseñar, modificar y manipular componentes e implementar sistemas en una forma que lo hace fácil de comunicarse, y permite mostrar gráficamente el comportamiento del sistema a través de diagramas de Casos de Uso y otros. Contrario a Rational Rose, apoya los once tipos de diagramas que incluye la versión 2.0 de UML, y como se mencionó anteriormente permite otras representaciones no estándares del UML, como los requerimientos, los defectos, modelación de negocios con SysML, el diagrama de robustez y otros. Presenta además varias opciones para la generación de código hacia diversos lenguajes y soporte base para la Arquitectura Dirigida por Modelos (MDA).

Se explicará en los subsiguientes epígrafes los diagramas más importantes del modelado del Sistema.

### 2.3.1 Diagrama de Casos de Uso.

El Módulo de Monolineales tiene dos casos de uso fundamentales:

- Crear Monolineal.
- Consultar Monolineal.

Ellos se relacionan con otros casos de uso secundarios hasta mostrar paso por paso cómo el sistema interactúa con los actores. En ambos casos de uso el actor es el técnico, que al ejecutar la aplicación el sistema registra los permisos que posee y estos serían los privilegios de este actor.

Crear Monolineal puede ser dibujar el circuito de cero pues no existe versión alguna de éste, o modificar el circuito que es a partir de una versión anterior. Incluye también crear

alimentador, insertar las instalaciones pertinentes, conectarlas a través de líneas y guardar el monolineal; si esta última acción se ejecuta es necesario que éste sea validado anteriormente. Para que un monolineal esté validado debe cumplir una serie de condiciones. Este caso de uso incluye también las funcionalidades de Consultar Monolineal.

Consultar Monolineal es un Caso de Uso en que no se contempla ninguna edición de los elementos componentes del monolineal; sólo se muestra el gráfico pero con diferentes posibilidades de visualización. En él se puede acceder a dos clases de información, la específica de cada uno de los componentes seleccionados, y un explorador de la estructura del monolineal, además de brindar la posibilidad de guardar el circuito como imagen. En esta ventana estarán desactivados los botones referentes al aspecto edición. El diagrama con todos estos casos de uso aparece a continuación en la Figura 2.2.

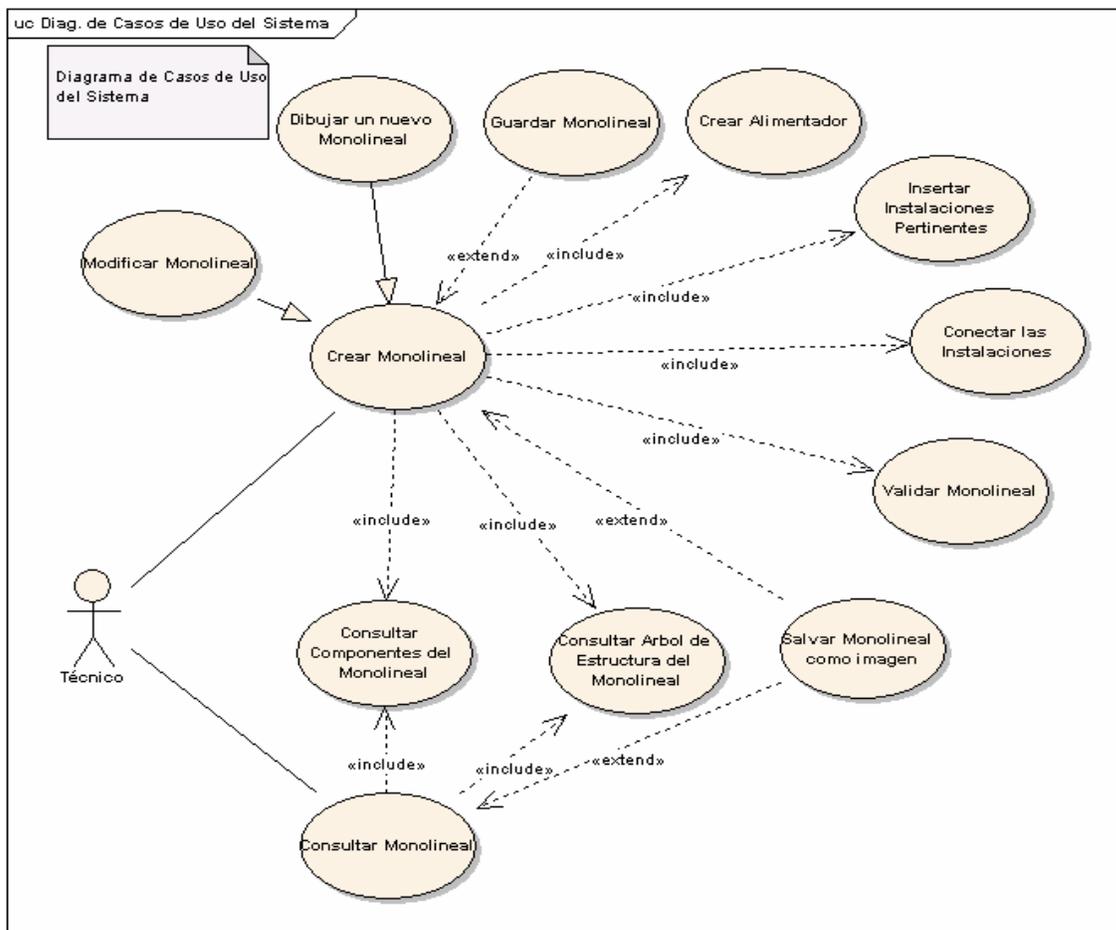


Figura 2.2 Diagrama de Casos de Uso del Sistema

Después de planteado este modelo, se hizo un análisis de cómo se podía crear una jerarquía de clases para realizar cada caso de uso, y lo más difícil e importante a la vez resultó ser la creación de un Editor Gráfico. Por tal motivo, se pensó en la búsqueda de un componente que de alguna manera facilitara el trabajo desde el punto de vista gráfico, y luego de una minuciosa revisión en Internet, se encontró el componente TSimpleGraph que finalmente fue utilizado para el dibujado del monolineal.

### **2.3.2 Componente TSimpleGraph para el aspecto edición.**

TSimpleGraph es un componente visual para Delphi con Código Abierto, especializado en la construcción de grafos. Al instalarse crea un control de tipo TSimpleGraph que al adicionarse en una forma crea un área de dibujo con las funcionalidades básicas de edición de grafos.

Internamente TSimpleGraph tiene cuatro clases fundamentales, la primera es clase TgraphObjectList, que las instancias de esta clase son la lista de todos los objetos que pueden ser insertados en el área de dibujo, dicha lista está formada por objetos de tipo TGrpahObject que son los elementos que formarán parte del grafo ya sean nodos o líneas. La clase TgraphNode, que es un TGrpahObject pero con las especificidades de un nodo, y la clase TGraphLink que es igualmente un TGrpahObject adicionándole particularidades de una línea.

En la actualidad, el control desde el punto de vista gráfico está preparado para la inserción de líneas y nodos, estos últimos tienen siete formas geométricas diferentes de dibujarse: Triángulo, Romboide, Rectángulo, Rectángulo Redondeado, Pentágono, Hexágono, y Elipse. La línea o enlace es un objeto muy flexible, ya que puede conectarse a otros objetos independientemente de que sean líneas o nodos, también permite a la línea no estar conectada a ningún objeto, además brinda la posibilidad de quebrar la línea similar a una poligonal abierta.(Khojasteh, 2007).



colocarlos se puede, a simple vista, calcular las distancias entre nodos en forma proporcional, también permite al fondo cambiar de color según el gusto del usuario. Para dibujar se utiliza el TCanvas de Delphi, por las facilidades que brinda con relación al color de los nodos y ancho de las líneas con que se pinta, también se aprovecha el hecho de que los símbolos eléctricos tienen formas muy parecidas a las figuras geométricas básicas, y Canvas tiene procedimientos implementados especializados en el dibujado de figuras geométricas. TSimpleGraph permite además opciones de cortar, copiar, pegar y seleccionar para todos los objetos que se encuentren insertados.

### **2.3.3 Diagrama de Clases.**

La arquitectura lógica del sistema es capturada en el diagrama de clases que contiene las clases y las relaciones. Un modelo es una forma ideal de delinear las abstracciones de un problema complejo filtrando los aspectos que no son esenciales.

Primeramente se descompuso el problema en conceptos u objetos individuales y se documentó en un modelo conceptual que no es más que una representación de conceptos en un dominio del problema. El modelo conceptual ofrece la ventaja de subrayar fuertemente una concentración en los conceptos del dominio, no en las entidades del software.

Después de haber creado el modelo de conceptos, algunos de estos se convertirán en clases que participarán en la realización de los casos de uso y con ayuda de este y otros artefactos se puede llegar a los diagramas de clases fundamentales del Módulo.

La clase más importante de este diagrama es la clase TDatosMonolineal, la cual contiene atributos como código, versión y descripción. A dicha clase se encuentran asociados, los nodos y las líneas, los cuales conforman el monolineal en sí.

Los nodos están representados por la clase TElectricoNode que hereda de TGraphNode, nodo por defecto del componente TSimpleGraph. De TElectricoNode heredan todos los componentes eléctricos, ya sean Bancos de Transformadores, Grupos generadores, Subestaciones, Bancos de Capacitares, etc., cada uno representado por una clase, la que redefine algunos métodos de TGraphNode como son el método de dibujado (DrawBorder), el método para definir puntos de conexión de las líneas (LinkInsert), método para crear la región rectangular perteneciente al nodo (CreateRegion) y además de un método para rotar el objeto.

Las líneas del Monolineal serán instancias de la clase TGraphlink definida ya por SimpleGraph. Aquí se hace necesario introducir el concepto de tramo y subtramo eléctrico: un subtramo es una línea que une dos nodos del cual se sabe sólo la longitud, y un tramo está formado por varios subtramos, el cual tiene un nombre y un calibre, las líneas representadas por el monolineal serán los llamados subtramos.

También se hace necesario destacar un tipo de nodo llamado TConexionNode que hereda igualmente de TElectricoNode pero no es precisamente una instalación eléctrica, sino que se utiliza cuando una línea está conectada con otra línea, y dicha conexión se hace mediante este tipo de nodo, que realmente representa la unión de dos líneas eléctricas de diferente calibre por un punto donde debería estar situado un poste. En el Anexo 4 se muestra el modelo de clases que se añadió a la jerarquía de TSimpleGraph, y en el Anexo 5 la integración de ambos modelos.

### **2.3.4 Modelo de Base de Datos y enlace con SIGERE.**

En la creación de una base de datos que respondiera a las necesidades del problema se utilizó el SQL Server 2000, que es un potente motor de bases de datos de alto rendimiento,

capaz de soportar millones de registros por tabla, además incorpora un modelo de objetos totalmente programable (SQL-DMO), con el que se puede desarrollar cualquier aplicación que manipule componentes de SQL Server.

Fue necesario crear un modelo que se adecuara a las formas normales del diseño de Bases de Datos, por tal motivo toda la información gráfica del monolineal quedó almacenada en cuatro tablas. La primera se nombra MonolinealV, la que almacena el código, la versión, el tipo de circuito y otras particularidades. La tabla NodoV, que recoge toda la información gráfica del nodo, además del color, la posición y el código. La tabla LineaV que contiene fundamentalmente los campos nodofuente, nododestino, color y ancho de la línea. Por último fue necesario crear una tabla PuntosLineaV, ya que puede darse el caso de que las líneas estén quebradas en varios puntos y no sea una recta continua sino que esté formada por varias rectas. Esto pasa mucho en el dibujo de un circuito, debido a que a menudo por problemas de espacio y de no querer cruzar líneas que no están conectadas se hace necesario fraccionarlas. Esta tabla recoge las coordenadas bidimensionales del punto.

Para el análisis de las relaciones entre las tablas antes mencionadas es posible auxiliarse del diagrama siguiente (Figura 2.4), que usa el perfil de estereotipos de bases de datos de UML.

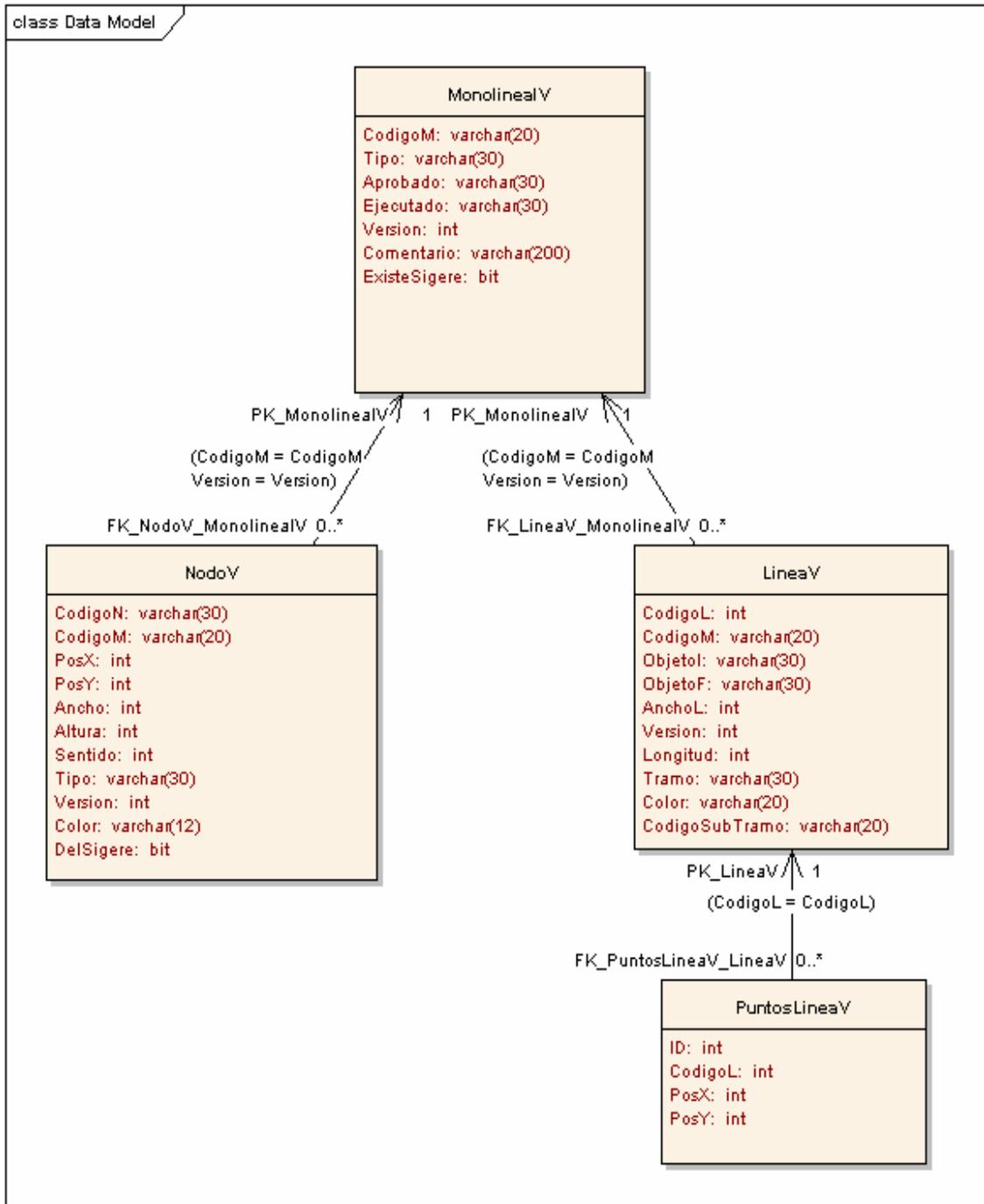


Figura 2.4 Diagrama de Base de Datos para salvar el Monolineal

Estas tablas son incorporadas a la Base de Datos del SIGERE, que contiene además, información de todos los Circuitos y Elementos Eléctricos que se encuentran actualmente instalados en diversos lugares de la provincia a que corresponda la Base de Datos. Dicha información va a ser consultada por el Módulo de Monolineales si el actor desea dibujar un

monolineal del SIGERE, en cuyo caso cada vez que se inserte un elemento, aparecerán en un panel los parámetros eléctricos del mismo.

## 2.4 Implementación del Sistema.

Para la implementación del sistema se usó Borland Developer Studio 2006, este es un IDE que cuenta con una interfaz bastante informativa, con una gran cantidad de paletas alrededor del Editor de Código, también brinda un ambiente de programación en Delphi para win32 y otro grupo de facilidades como desarrollar la metodología orientada a objetos y el acceso a las bases de datos del SQL Server.

La Forma Principal, que se muestra en la figura a continuación (Figura 2.5) para el caso del circuito SJ22, está constituida por el Menú Principal, dos barras de herramientas y el resto los conforman el Explorador del Circuito, el Visor de Propiedades, la Lista de Instalaciones del SIGERE y el Editor Gráfico. Este último es el componente más importante y sobre el que se representa la red eléctrica.

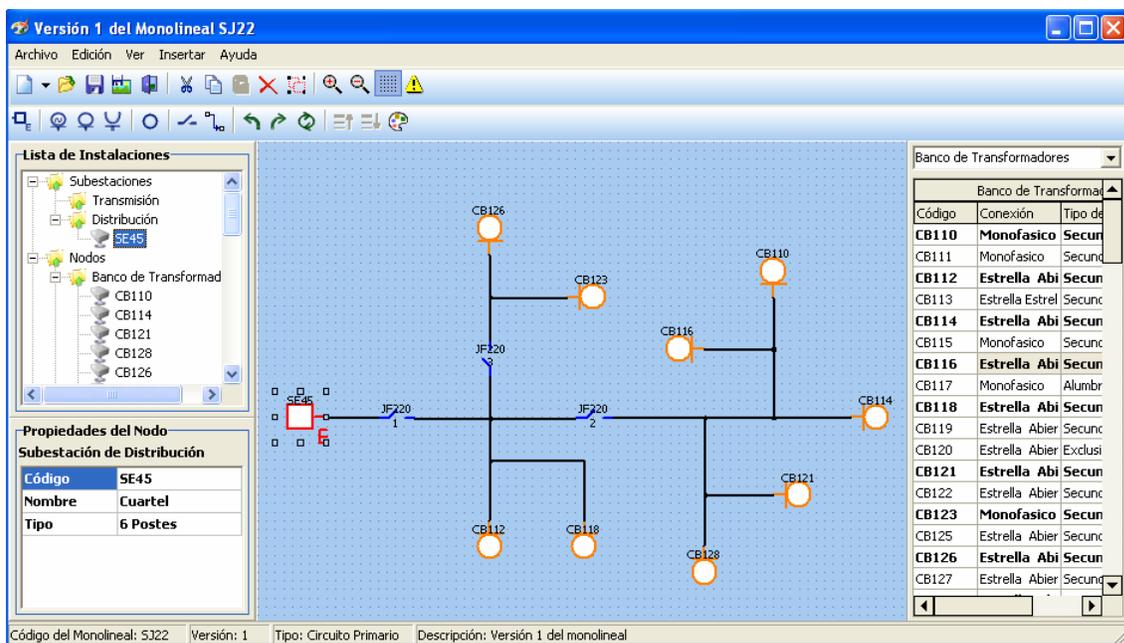


Figura 2.5 Ventana Principal del Módulo de Monolineales

El Editor Gráfico es un control de tipo TSimpleGraph, fue necesario añadirle varios procedimientos con el objetivo de adaptarlo a un editor de monolineales, entre los cuales se tienen métodos para:

- Obtener un listado de de cada tipo de elemento.
- Asignar los códigos adecuados a las instalaciones.
- Interactuar con el Explorador del Circuito.
- Que dado un código devuelva el objeto correspondiente.
- Validar el Monolineal.
- Adicionar las propiedades al objeto.

TSimpleGraph tiene al igual que los demás controles de Delphi propiedades, métodos y eventos. Los eventos fueron muy bien aprovechados para interactuar con los demás componentes de la Forma. Es por eso que se usa el evento OnObjectInsert para obtener las propiedades de elemento insertado si este pertenece al SIGERE, de lo contrario se le asignará un código generado por un procedimiento auxiliar, además en este evento se manda a actualizar el Explorador del Circuito y la Lista de Instalaciones del SIGERE. En el evento OnObjectSelect se manda a expandir el Explorador del Circuito para mostrar el nodo seleccionado, también se activará el Visor de Propiedades que visualizará las características fundamentales del elemento. Para poder lograr una correcta conexión de una línea con otra se utiliza el evento OnObjectHook, en el que se inserta un TConexiónNode que se encargará de unir ambas líneas. También fueron utilizados los eventos OnObjectChange, OnObjectRemove, OnObjectClic, ObjectPopupMenu y PopupMenu.

En la organización de las acciones a ejecutar por el menú, las barras de herramientas y los menús contextuales, se utilizó el TActionList, este control organiza las acciones por categorías. Las acciones programarán los métodos OnExecute y OnUpDate fundamentalmente. Cuando se agrega un botón o una opción de menú se le asocia la acción correspondiente, así varios botones pueden compartir los mismos procedimientos y comportarse de la misma manera.

La conexión entre el ambiente de programación y la base de datos se concibió mediante una TADOConnection, igualmente las consultas se hicieron utilizando TADOQuery, fundamentalmente se crearon para acceder a las instalaciones del SIGERE y para guardar el monolineal. Estas consultas se programaron en el módulo y no en el SQL, es una estrategia del SIGERE que cada módulo tenga implementadas las consultas dentro del él para una mayor comprensión e independencia. Todas las consultas, tablas y componentes de acceso a la base de datos pertenecen a un mismo fichero **.pas**, lo que ayuda a entender mejor el trabajo.

En el Anexo 6 se muestra la ventana de implementación donde se programó el Módulo de Monolineales

## **2.5 Prueba y Configuración del Módulo.**

Uno de los aspectos más novedosos que se relaciona en el trabajo de diploma es trabajar en un ambiente real de producción de software, en particular el mecanismo de gestión de la configuración, para el que se usó el Star Team 2005. Este es un sistema de Control de Configuración que incluye igualmente el Control de Defectos. Esto permite tener un control de la historia de los diferentes artefactos del software, así como quién hizo, cuándo se cambió y qué se cambió en cada uno de los mismos. La Figura 2.6 refleja algunas de las units que componen el proyecto con los cambios históricos realizados a una de ellas.

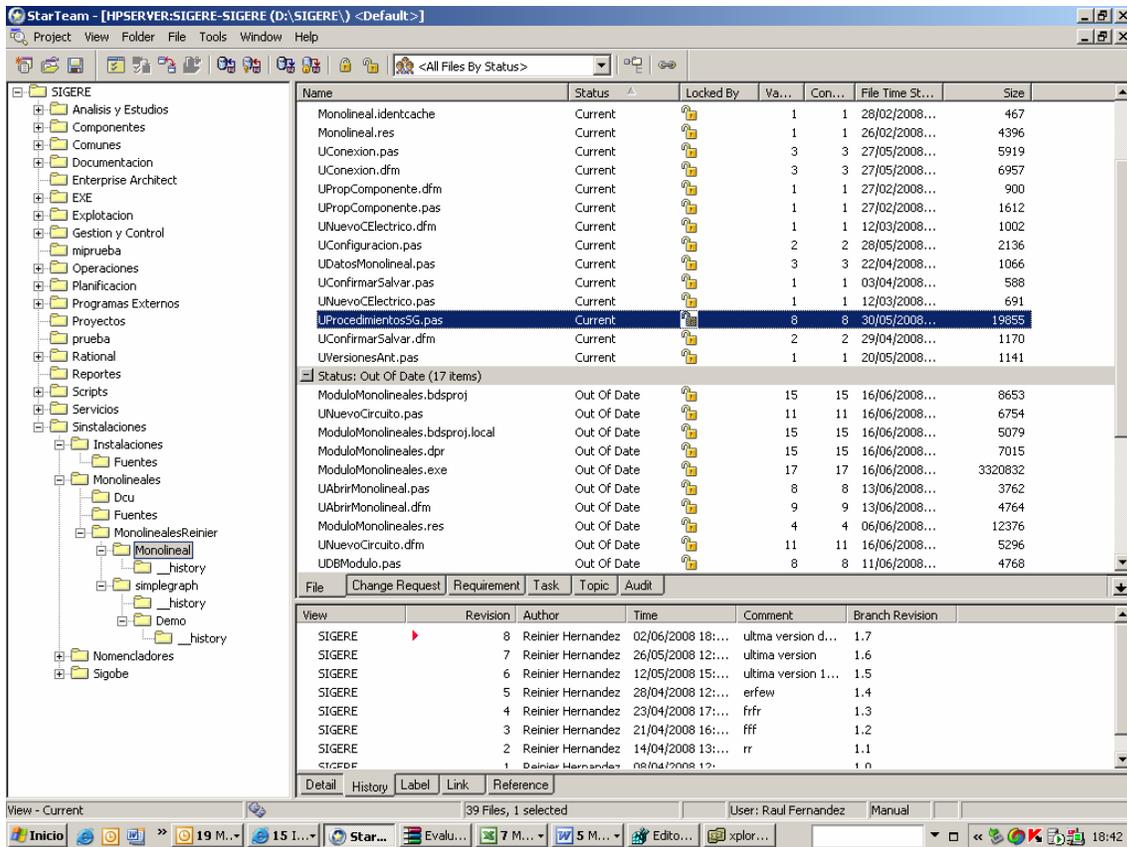


Figura 2.6 Ventana Principal de Star Team 2005

Esta misma herramienta tiene un control de las revisiones de los ejecutables y los defectos de las pruebas realizadas al software. Aunque el mismo aún no ha sido aplicado en la producción, ya ha tenido varias pruebas internas a medida que se implementaban los casos de usos. Esto permite en algunos casos aclarar los requerimientos y en otros detectar los defectos. Esto ha propiciado depurar y perfeccionar la aplicación, lo que ha llevado una buena parte del tiempo empleado en el mismo. Entre los aspectos depurados se pueden citar:

- La necesidad de perfeccionar el listado de instalaciones y el panel de propiedades. Esto no había sido identificado correctamente en los requerimientos iniciales.
- El comportamiento de la línea con múltiples puntos de inflexión.
- El dibujo de diversos tipos de elementos eléctricos con diferentes funcionalidades de conexión a ellos.

- Mantener la integralidad de la topología de la red cuando cambian de posición los elementos eléctricos.
- Identificar qué elementos se pueden aplicar a cada circuito y qué propiedades hay que reflejar para cada uno de ellos.

Esto refleja una de las cualidades del RUP, el desarrollo iterativo e incremental del software permite que en cada una de las fases del desarrollo se revise cada una de las disciplinas.

## Capítulo 3. Manual de Usuario.

### 3.1 La construcción de un Monolineal.

La interfaz del sistema trata de ser lo más amigable posible, brindándole al usuario el máximo de las posibilidades. Al ejecutar la aplicación se abre la ventana principal del Módulo de Monolineales, la cual entre otras acciones permite dibujar un monolineal.

El usuario puede seleccionar el tipo de circuito de la red de distribución que desea dibujar:

- Circuito Primario
- Circuito Secundario
- Circuito de Subtransmisión
- Circuito de Alumbrado

Para acceder a dichas opciones se puede seleccionar en el Menú **Archivo** → **Crear**

**Monolineal**, o en la barra de herramientas el botón nuevo  el cual tiene una lista desplegable para seleccionar el tipo de circuito. Si se oprime el botón sin desplegar la lista, se creará el tipo de circuito que aparezca chequeado por defecto, este cambiará si se selecciona otro de la lista.

Al hacer la selección aparece la siguiente ventana (Figura 3.1):

**Crear Monolineal**

Nuevo Monolineal  
 Crear Sobre Monolineal Existente

A partir de SIGERE  
 Código:

Código	Versión	Comentario
SJ1	1	Versión 1 del monolineal
SJ10	1	Versión 1 del monolineal
SJ10	2	Versión 2 del Monolineal

**Datos del Monolineal**  
 Versión:   
 Comentario:

Figura 3.1 Ventana Crear Monolineal

La ventana Crear Monolineal muestra en la sección izquierda superior un cuadro con los códigos de todos los circuitos del tipo seleccionado que existen actualmente en el SIGERE de los que no hay ni siquiera una versión, y en la sección izquierda inferior aparecen los circuitos del tipo seleccionado de los que ya existe alguna versión.

Igualmente en la parte superior se especifica si se desea crear a partir de una versión anterior o crear la primera versión de uno que puede ser un código del SIGERE o no. Para el segundo caso el usuario especificaría un código cualquiera.

Cuando se seleccione el circuito, el usuario puede añadir una descripción de este en la parte derecha de la ventana, la versión del mismo se actualizará automáticamente.



Un caso particular de un elemento sería la línea eléctrica, que al elegirla para insertar se debe especificar los nodos de origen y destino arrastrando con el mouse de un lugar a otro hasta que el puntero tome la forma , posteriormente se suelta el mouse y la conexión se realizará satisfactoriamente.

Los objetos dibujados cuando están seleccionados pueden ser manipulados mediante varias opciones de edición, las que se especifican a continuación:

- Cortar  **Edición → Cortar, (Ctrl+X)**
- Copiar  **Edición → Copiar, (Ctrl+C)**
- Pegar  **Edición → Pegar, (Ctrl+V)**
- Eliminar  **Edición → Borrar, (Del)**
- Seleccionar Todo  **Edición → Seleccionar Todo, (Ctrl+A)**
- Color 

Las instalaciones eléctricas se pueden rotar hacia tres direcciones diferentes a partir de la que se encuentra en ese momento, mediante los botones rotar  de la barra de herramientas.

Las líneas pueden cambiar su grosor, el sistema aceptará cuatro anchos de línea diferentes: fina(1), predeterminada(2), gruesa(3), muy gruesa(4). Los botones  de la barra de herramientas y menú contextual de línea se encargaran de disminuir y aumentar el ancho de estas.

Se brinda además la posibilidad de fraccionar una línea con la opción  Fraccionar Línea que aparece al dar clic secundario sobre esta, dicha acción creará un punto de quebrado de la línea, la que estará formada a partir de ese momento por dos rectas. Igualmente una línea

fraccionada se puede hacer recta nuevamente, la opción  Eliminar Punto en la Línea | permite ejecutar dicha operación.

El menú con todas estas opciones también se muestra cuando se pulsa clic derecho sobre un objeto.

Para seleccionar un objeto que esté dibujado se hace clic sobre éste, si se desea seleccionar un grupo de objetos de un área determinada, se arrastra el mouse con el botón izquierdo apretado, y al soltarlo todos los objetos pertenecientes al cuadrilátero formado quedarán seleccionados. También si se deja la tecla **shift** presionada, todos los elementos a los que se les dé clic quedarán seleccionados.

Para mover una instalación de una posición a otra, selecciónela dando un clic sobre esta, y con el botón izquierdo presionado arrástrelo hasta el lugar que usted desee.

Las líneas se pueden mover al igual que una instalación si no están conectadas, pero si lo están, para moverlas habría que desconectarlas, seleccionándola y posicionando el Mouse sobre el extremo por el que se quiere mover y cuando el puntero tome la forma  , se da clic y arrastramos la línea hasta ejecutar la traslación.

### **3.2.1 Lista de Instalaciones del SIGERE.**

La lista de instalaciones del SIGERE está ubicada en la sección derecha de la ventana principal (Figura 3.3), es adicionada cuando se está creando un monolineal que ya existe físicamente en un área determinada. Ésta accede a una Base de Datos que tiene almacenados los códigos de los componentes eléctricos que conforman el Monolineal, así como las características específicas de cada uno.

Subestación de Distribución		
Código	Nombre	Tipo
SE3	Guayos	6 Postes
SE30	Nieves 4 kV	4 Postes
SE43	Neiva	4 Postes
SE45	Cuartel	6 Postes
SE109	CPA	2 Postes
SE62	Las Minas	4 Postes
SE73	Los Pinos	6 Postes
SE88	Refinería	6 Postes
SE130	Nieves460	4 Postes
SE150	CAI R. Abad	6 Postes
SE170	Bombeo Tuinucu	3 Postes
SE188	Refinería 2	4 Postes
SE2	Cabaiguán	6 Postes
SE21	Jíquima	4 Postes

Figura 3.3 Lista de Instalaciones del SIGERE

Esta lista es una componente que está compuesta por varias tablas, cada una refleja un tipo de instalación eléctrica, para visualizarlas basta con escoger la instalación en el control ubicado sobre la tabla o acceder a todas las opciones de inserción de nodos que se explicaron anteriormente ubicadas en el menú, barra de herramientas y en el área de dibujo, según el nodo que se escoja esa será la tabla a mostrar.

Para insertar elementos eléctricos del SIGERE se hace clic sobre éste en la tabla y posteriormente clic en el editor. Inmediatamente que esto suceda se pondrá en negrita el elemento escogido en la tabla, esto se hace para darle la información al usuario de que ya fue agregado e igualmente facilitará el trabajo con el editor.

En la Lista de Instalaciones del SIGERE también aparece una tabla para los tramos, de los que formarán parte las líneas o subtramos del monolineal, para adicionarle un grupo de líneas a un tramo determinado, basta con seleccionarlasy hacer doble clic sobre el tramo deseado en la tabla, la longitud de cada subtramo se calculará automáticamente a partir de la del tramo.

### 3.2.2 Visor de propiedades del elemento.

El componente que muestra las propiedades de los elementos que están insertados en el área de dibujo está ubicado en la parte inferior izquierda de la ventana principal (Figura 3.4).

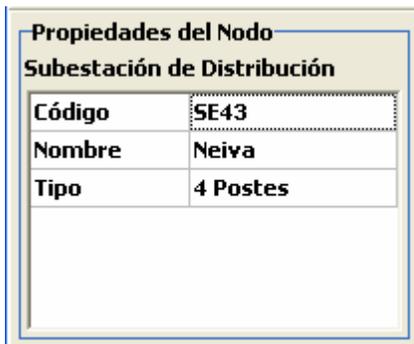


Figura 3.4 Visor de Propiedades de la Instalación

Se activará cuando se seleccione un objeto en el editor y si es una instalación del SIGERE mostrará sus propiedades más importantes; de no ser así, únicamente mostrará su código que fue generado automáticamente cuando se insertó y las demás propiedades aparecerán en blanco.

A continuación se muestran estas características por elemento:

#### Subestación de Distribución:

- Código
- Nombre
- Esquema por alta

#### Subestación de Transmisión:

- Código

- Nombre
- Tipo de Subestación

Grupo Generador:

- Código
- Emplazamiento
- Tipo de Generación

Banco de Transformadores:

- Código
- Conexión
- Tipo de Salida

Banco de Capacitores:

- Código
- Capacidad
- Tipo de Control

Poste:

- Código
- Altura
- Material

Luminaria:

- Código
- Tipo de Luminaria
- Potencia

Desconectivo:

- Código

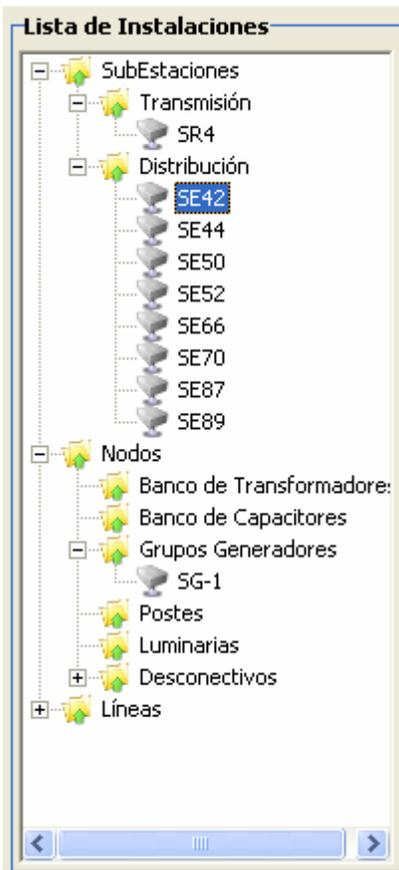
- Seccionalizador

#### Línea o Subtramo:

- Código
- Longitud
- Tramo

### 3.2.3 Explorador del circuito.

El usuario puede utilizar el explorador del circuito para que le sea más fácil la selección y la ubicación de los elementos en el área de dibujo (Figura 3.5). Está situado en el extremo superior izquierdo de la ventana principal.



### Figura 3.5 Explorador del Circuito

Tiene forma de árbol para una mejor organización; está dividido en Subestaciones, Nodos y Líneas; dentro de los dos primeros los tipos de instalaciones correspondientes, y dentro los elementos que serán dibujados, como ramas y eslabón final del árbol.

Para seleccionar un elemento en el editor a partir del explorador se da doble clic sobre este. Igualmente cuando se selecciona un objeto en el editor, el árbol se expandirá y mostrará el objeto seleccionado.

### **3.2.4 Validación del Monolineal.**

Con el objetivo de crear monolineales con una estructura topológica aceptable y no permitir guardar versiones de estos que no cumplan con requerimientos propios de un circuito, se creó el término de Validación de Monolineal.

A continuación se exponen los requisitos para efectuar una validación correcta:

- El monolineal debe tener un punto de alimentación.
- No deben existir líneas que no estén conectadas por ambos extremos.
- No deben existir instalaciones que no estén conectadas.
- No deben existir códigos repetidos del mismo tipo de elemento.

Para el primero de los requisitos se debe mencionar que un alimentador es la instalación eléctrica de donde proviene la corriente en un monolineal y este varía de acuerdo al tipo de circuito. El alimentador de un Circuito de Subtransmisión es una Subestación de Transmisión, el de un Circuito Primario es una Subestación de Distribución, y para los circuitos Secundarios y de Alumbrado el alimentador es un Banco de Transformadores.

Para Validar un Monolineal que haya sido creado, basta con hacer clic en el botón  de la barra de herramientas y posteriormente saldrá un mensaje informando el tipo de error detectado y en caso de no tener errores el mensaje será “Monolineal Correcto”. Téngase en cuenta que el sistema no lo dejará salvar un monolineal erróneo y si se escoge la opción guardar (botón  y en el menú **Archivo→ Guardar**) se mostrará un mensaje donde se manda a efectuar la validación.

### 3.3 Consultar Monolineal.

El Módulo de Monolineales está concebido para ejecutar el dibujo de la redes de distribución, pero era igualmente necesario crear una funcionalidad que le permita a algunos usuarios según sus privilegios, ver una especie de imagen del circuito, pero además poder explorarlo mediante algún componente auxiliar y ver las propiedades de cada elemento. Por dicha razón se crea una Ventana de Consulta.

Para abrir un Monolineal en modo de consulta se accede activando la opción del menú principal **Archivo→ Abrir Monolineal**, o en la barra de herramientas el botón abrir . Inmediatamente aparecerá una ventana con la lista de todos los monolineales que han sido creados (Figura 3.6), para una selección más precisa esta lista se puede reducir filtrándola por tipo de circuito y por código del monolineal para saber qué versión abrir el usuario puede auxiliarse del comentario.



Figura 3.6 Ventana Abrir Monolineal

Después de escogido el monolineal este se mostrará en pantalla y adicionalmente en la parte izquierda se activarán el Explorador del Circuito y el Visor de Propiedades, los cuales fueron explicados anteriormente.

En la Ventana de Consulta no se permite ningún tipo de modificación, estas funcionalidades quedan bloqueadas, además se inhabilitan en el menú las opciones de edición e inserción, así mismo pasa con la barra de herramientas y el menú contextual del editor gráfico. Sólo será posible seleccionar los componentes para ver sus propiedades y explorar el circuito mediante el árbol de estructura del monolineal.

### 3.4 Otras opciones.

#### Opciones de Configuración:

Con el fin de darle al usuario la posibilidad de que modifique el editor gráfico a su gusto y preferencia, se creó el Configurador General de la aplicación.

Se puede acceder a éste mediante la opción del menú **Archivo**→ **Opciones de Configuración**, luego aparecerá la siguiente ventana (Figura 3.7):

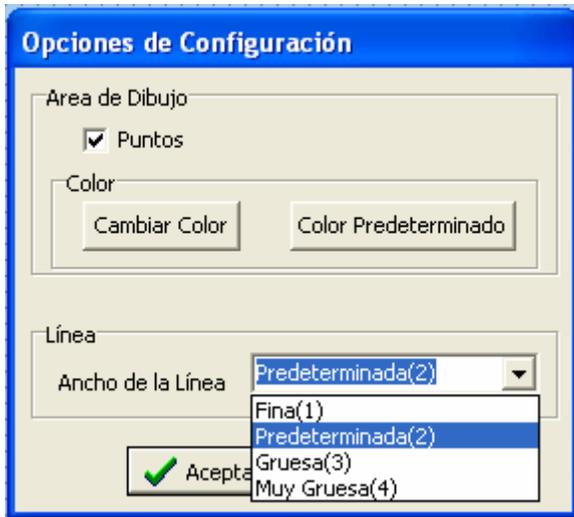


Figura 3.7 Configurador General de la Aplicación

En la parte superior se puede especificar si se quiere la presencia o no de los puntos en cuadrículado, los que ayudan a simple vista a colocar los objetos en posiciones adecuadas y a distancias proporcionales, esta opción también aparece en el botón  de la barra de herramientas y en el menú **Ver**→**Puntos en Cuadrículado**.

Debajo le sigue lo correspondiente al color de fondo del área de dibujo que puede ser cambiado a conveniencia del usuario; si deseara volver a usar el color por defecto puede hacer clic en el botón color predeterminado.

Por último la opción referente al ancho de la línea que por defecto es Predeterminada(2) pero puede cambiarse reduciendo o aumentando su grosor.

#### Salvar Imagen:

Otra opción muy valiosa para el usuario es el hecho de contar con imágenes de las versiones de un monolineal. Este módulo permite crear ficheros **.bmp** de los circuitos dibujados. Para ejecutar esta acción, diríjase al menú **Archivo**→**Salvar Imagen** y se abrirá

una ventana de diálogo para especificar el nombre y el directorio donde se va a salvar la imagen del monolineal (Figura 3.8).

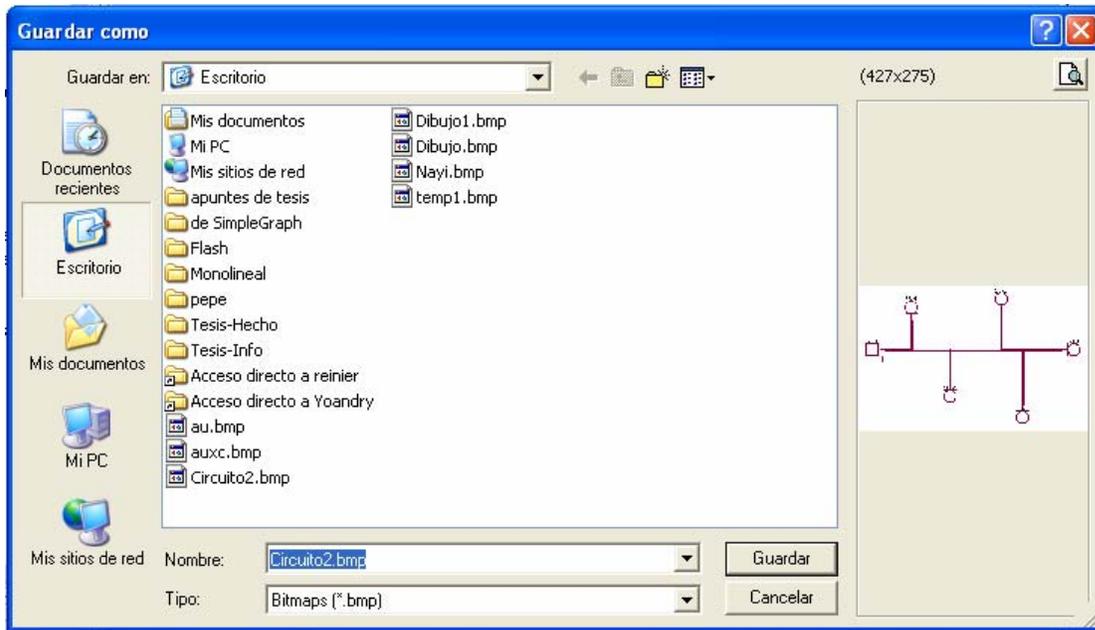


Figura 3.8 Ventana Salvar Imagen

#### Mostrar Versiones Anteriores:

La lista de todas las versiones que se hicieron del monolineal que se está creando o consultando se pueden visualizar en el menú **Ver→Mostrar Versiones Anteriores**. Esto es muy útil, ya que según la descripción que se hizo de cada versión, se sabrá lo peculiar de la que se está creando y en qué hacer más hincapié para lograr una versión aceptable (Figura 3.9).

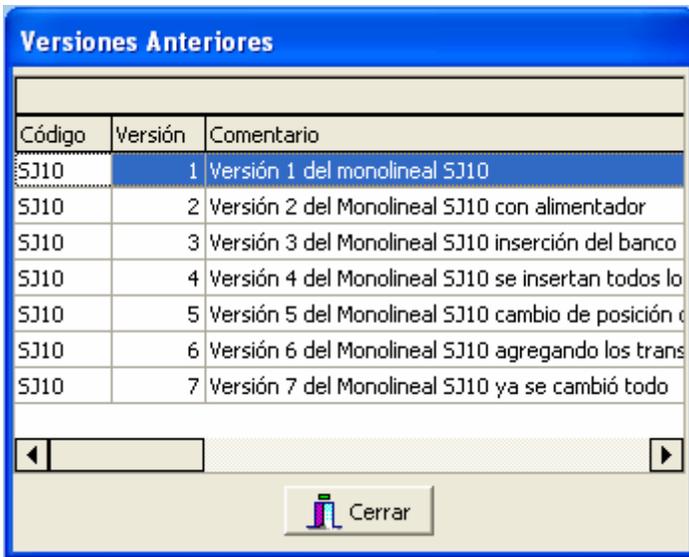


Figura 3.9 Ventana de Versiones Anteriores

#### Acercar y alejar imagen:

Para acercar y alejar el área de dibujo, muy importante cuando el monolineal es muy grande y no cabe en el espacio reservado para el editor, se hace con los botones  de la barra de herramientas o en el menú **Ver→Imagen**.

#### Mostrar y ocultar componentes auxiliares:

Para facilitarle al usuario mayor espacio en el editor gráfico se pueden mostrar y ocultar indistintamente la Lista de Instalaciones del SIGERE, el Explorador del Circuito y el Visor de Propiedades.

Estas opciones del menú permiten la ejecución de lo planteado:

- **Ver→Lista del SIGERE**
- **Ver→Lista de Instalaciones**
- **Ver→Propiedades de la Instalación**

### Barra de Estado:

La Barra de Estado (Figura 3.10) muestra las características del monolineal que se encuentra abierto, ya sea en modo de consulta o modo de edición, ésta contendrá el código, la versión y la descripción del monolineal.

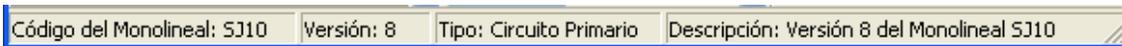
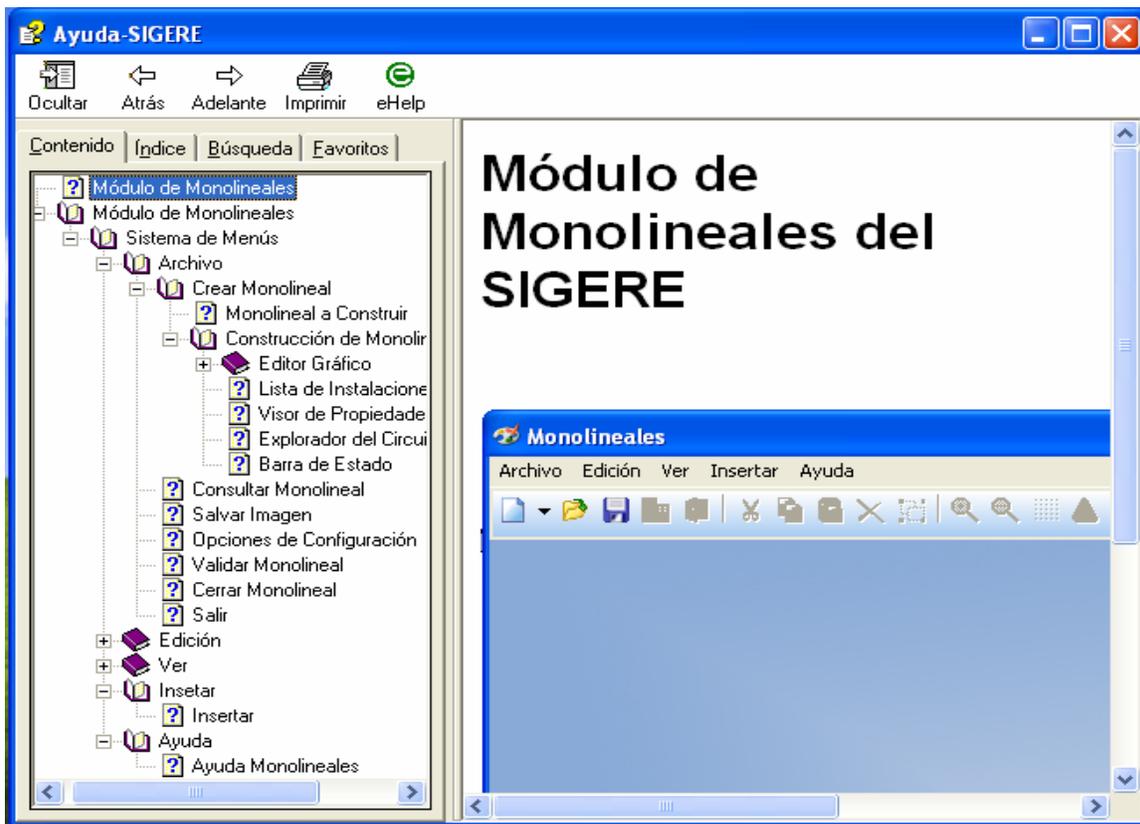


Figura 3.10 Barra de Estado de la Aplicación

## 3.5 Ayuda.

En el menú **Ayuda**→**Contenido** se puede navegar por una especie de manual de usuario para aprender a trabajar con el Módulo de Monolineales (Figura 3.11).



3.11 Ayuda del Módulo de Monolineales

El explorador que aparece en la sección izquierda de la ventana se encuentra organizado por temas y tópicos, a estos últimos se le da doble clic, y en el panel derecho se describe claramente la ventana correspondiente a dicho tópico.

## Conclusiones

- Se realizó una amplia recopilación de los elementos e informaciones necesarios para representar monolineales de los circuitos de la red de distribución.
- Se diseñó un sistema que define todos los componentes de una red eléctrica y la organiza teniendo en cuenta los tipos de circuitos.
- Se implementó un editor gráfico que posee las opciones de edición necesarias para la construcción de un monolineal.
- El sistema posee un enlace con la base de datos del SIGERE, lo que permite acceder a la información de los circuitos contenidos en la misma.
- Se logró crear un explorador que contiene todos los componentes del monolineal, organizados por tipo y un panel que muestra sus propiedades.
- El uso de esta aplicación facilita las operaciones y el mantenimiento de las partes de las líneas eléctricas, garantizando un mejor control de éstas.

## Recomendaciones

- Brindar la posibilidad de calcular las secciones, que no son más que las zonas del monolineal limitadas por desconectivos.
- Tener en cuenta en la implementación de la próxima versión del Módulo de Monolineales la incorporación de las zonas calientes y la representación de varios circuitos de forma unificada.
- Profundizar en la posibilidad de hacer el dibujo de los monolineales de forma automática, a partir de la información de las bases de datos del SIGERE, partiendo del análisis del orden establecido por los tramos.
- Sería muy útil si se le añadiera al editor gráfico la posibilidad de cargar una imagen del circuito de fondo, así resultaría más fácil efectuar el dibujo.

## Referencias

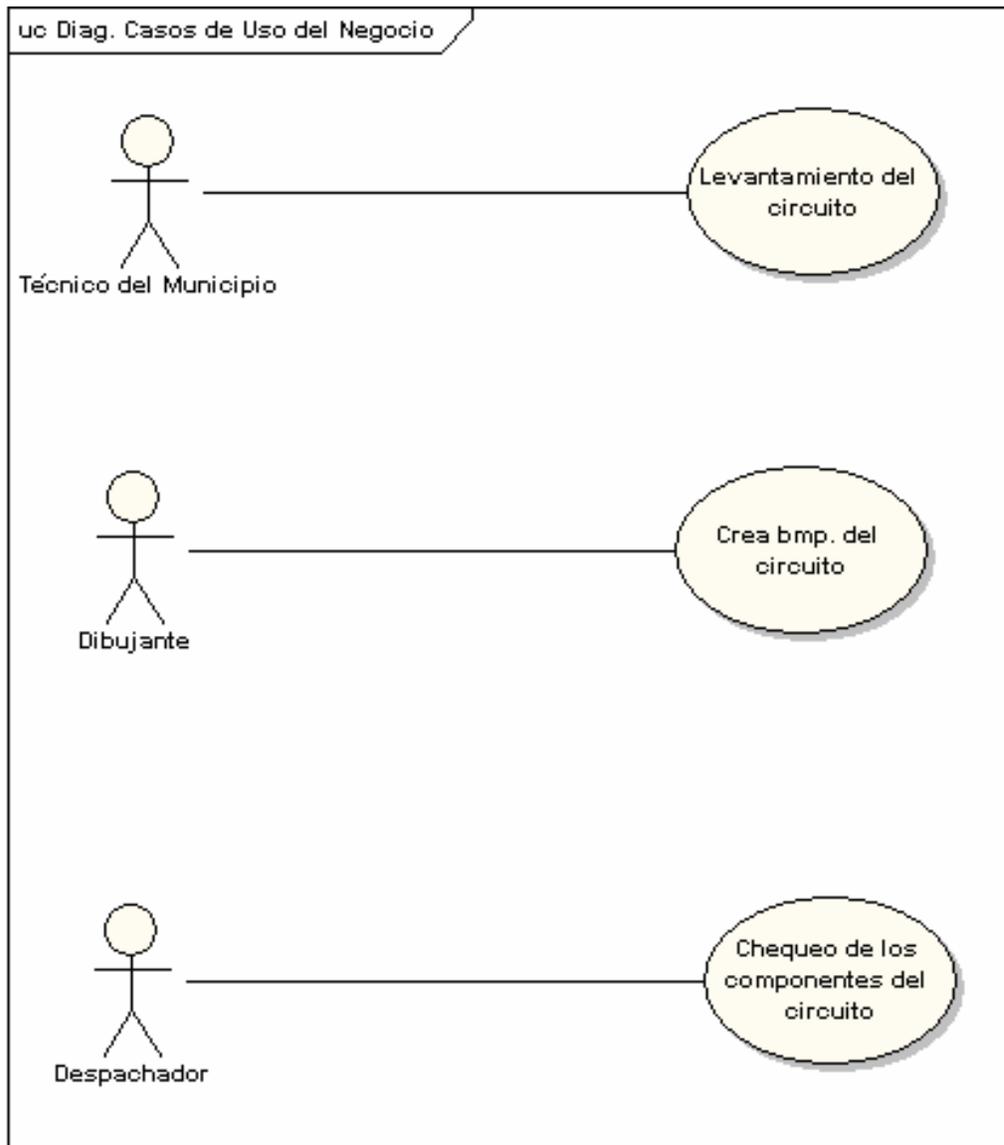
- AUTORES, C. D. (1985a) *Sistema único de documentación del proyecto. Normas para las especialidades eléctricas y electrónicas. ,Parte I*, Editorial Pueblo y Educación.
- AUTORES, C. D. (1985b) *Sistema único de documentación del proyecto. Normas para las especialidades eléctricas y electrónicas. ,Parte II*, Editorial Pueblo y Educación.
- DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO SIGE, U. E. (2007) *Visión del Sistema Integral de Gestión de Redes (SIGERE). Versión 6.0.*
- INGENIERÍA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA, S. A. (2008) Proteus.[www.ieeproteus.com](http://www.ieeproteus.com).
- JACOBSON, I. (2004a) *El Proceso Unificado de Desarrollo de Software. ,Parte I*, Editorial Félix Varela.
- JACOBSON, I. (2004b) *El Proceso Unificado de Desarrollo de Software. ,Parte II*, Editorial Félix Varela.
- JIMENO, T. (2001) *Manual de Electronic Workbench.*
- KHOJASTEH, K. R. (2007) SimpleGraph.[www.delphiarea.com](http://www.delphiarea.com).
- MADRID, U. P. C. (2000) *Guía Rápida de PSpice. Versión 9.1.*
- RUMBAUGH, J. (1996) *Modelado y diseño orientado a objetos. Metodología OMT.*, Prentice Hall.
- RUMBAUGH, J. (2000) *Lenguaje Unificado de Modelado. Manual de Referencia.*, Prentice Hall.
- SÁNCHEZ FLEITAS, N. (2000-2001) *Módulo para el Dibujo de Monolineales. .* Universidad Central "Martha Abreu" de Las Villas.
- SOFTONIC (2005) See Technical 3.01 A.[www.see-technical.com/espanol/homees.htm](http://www.see-technical.com/espanol/homees.htm).
- SYSTEMS, C. D. (2005) OrCAD PCB Design Tools.[www.cadence.com/products/orcad/index.aspx](http://www.cadence.com/products/orcad/index.aspx).

## Bibliografía

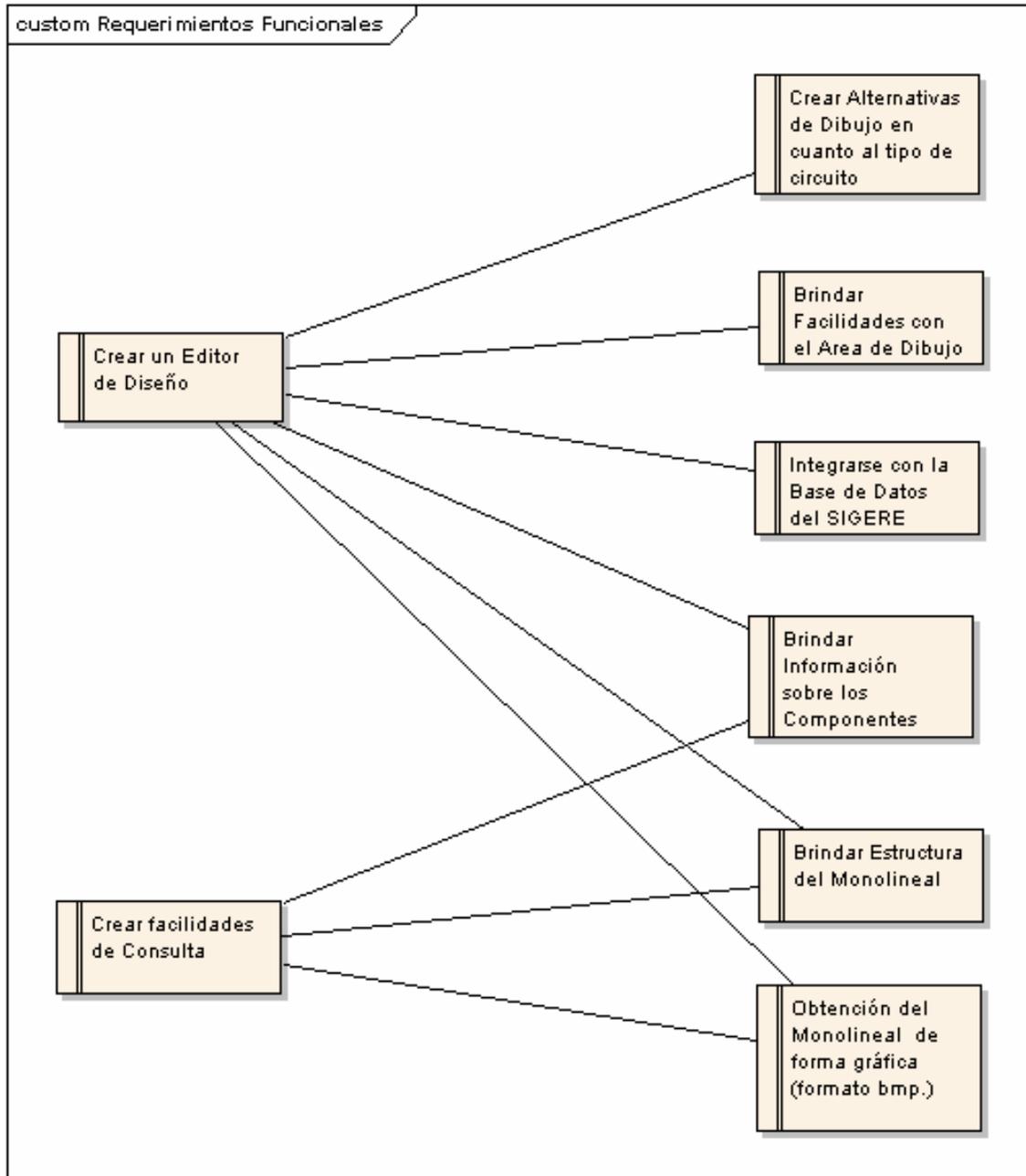
- ELÉCTRICA, U. (1997) Procedimiento de Operación del Sistema Electroenergético Nacional.
- FERNÁNDEZ, R. (2007) Propuesta de Nueva Visión del Sistema de Gestión de Redes.
- HLADNI, I. (2006) *Inside Delphi 2006.*, Wordware Publishing, Inc.
- KRUCHTEN, P. K. A. P. (2003) The Rational Unified Process Made Easy.
- LIZANO VALERO, N. (1995 ) Sistema para la representación de subestaciones electroenergéticas., UCLV Martha Abreu
- MENESES, B. (2003) Funciones específicas del despachador Territorial del SEN." en Procedimientos de Operación Unión Eléctrica.
- MORATALLA, J. (2001) Bases de Datos con SQL Server 2000. Transact SQL.
- NAVATHE, R. E. Y. S. (2000) *Fundamentals of Database Systems.*, Addison-Wesley.
- ROUCK, W. (1997) Freeware Component Review: The Delphi VCL Extensions (RX) Library.
- SYSTEMS, S. (2008) EA's Revision History Version 6.5.[www.sparxsystems.com.au/products/ea/6.5/history.html](http://www.sparxsystems.com.au/products/ea/6.5/history.html).

## Anexos

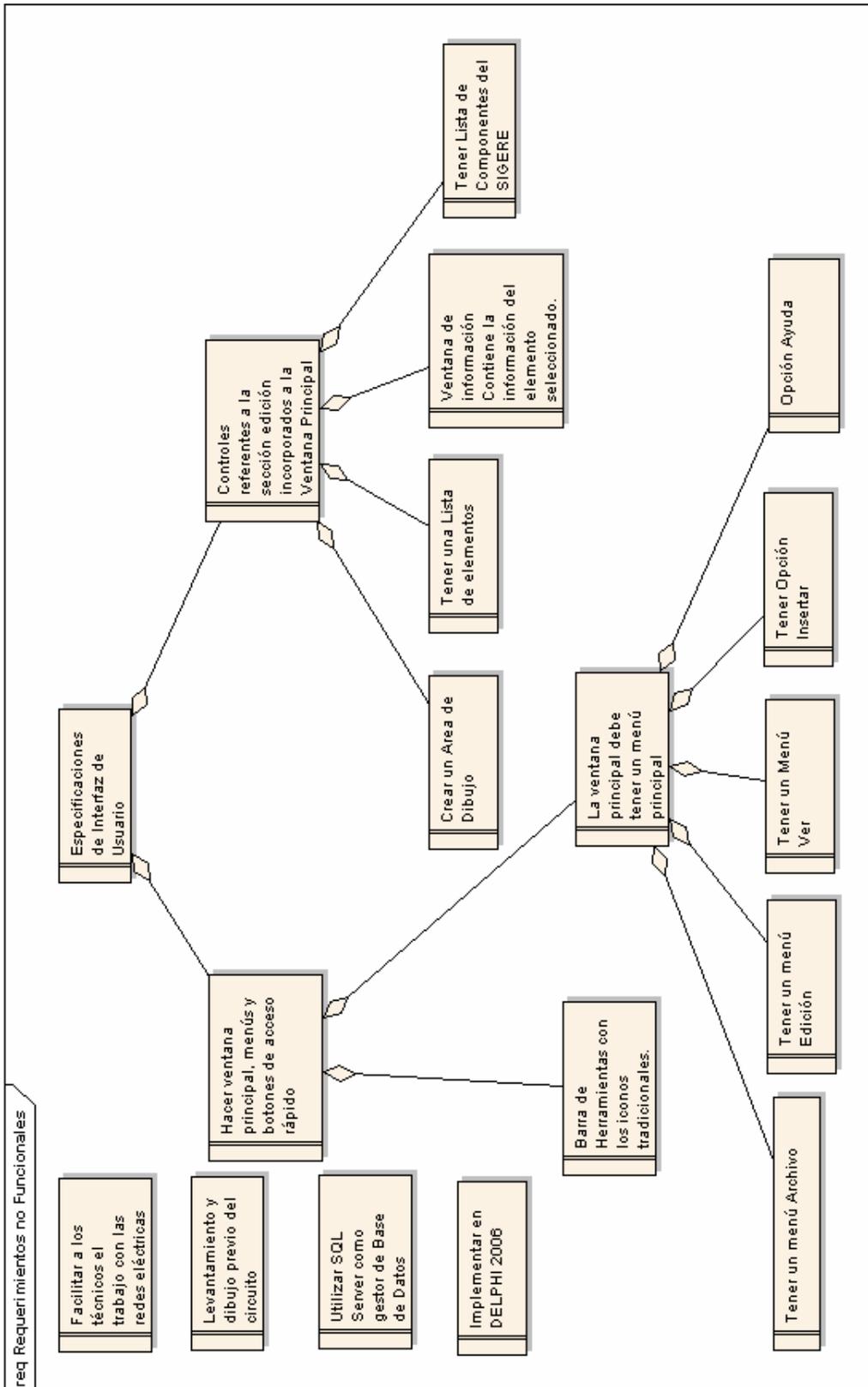
### Anexo 1: Diagrama del Proceso del Negocio



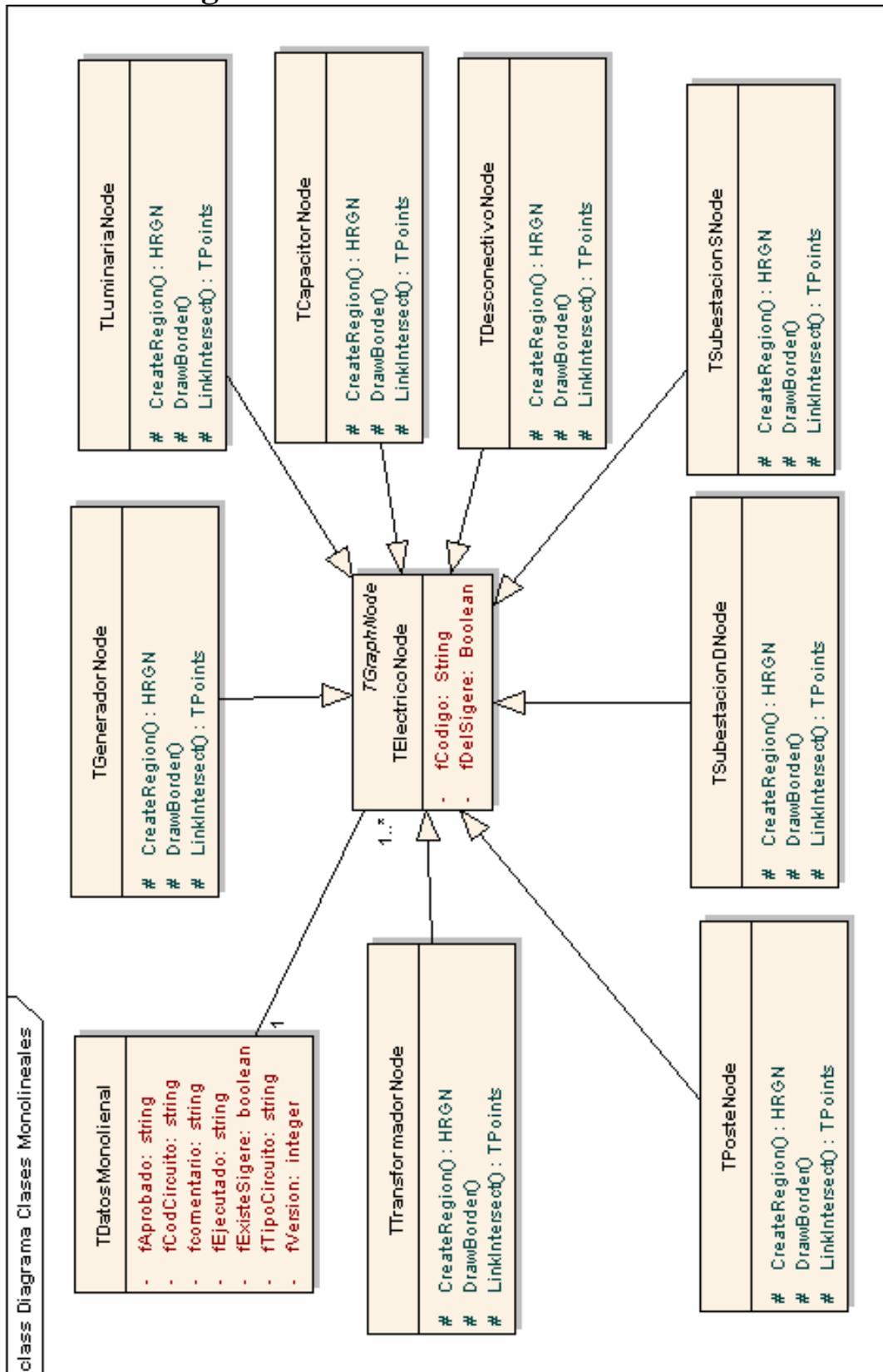
## Anexo 2: Requerimientos Funcionales



### Anexo 3: Requerimientos no Funcionales



## Anexo 4: Diagrama de Clases de Monolineales





## Anexo 6. Ventana de Implementación

